Les inondations remarquables en France

Inventaire 2011 pour la directive Inondation

Michel Lang, Denis Cœur, coordinateurs

éditions Quæ

Les inondations remarquables en France

Inventaire 2011 pour la directive Inondation

Michel Lang, Denis Cœur, coordinateurs

Éditions Quæ

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex, France
www.quae.com

© Éditions Quæ, 2014 ISBN 978-2-7592-2261-2

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6e.

Remerciements

Cet ouvrage a pu voir le jour grâce au soutien et à l'intervention d'un certain nombre de personnes, tant pour la mise à disposition des données et leur traitement, que pour la rédaction et les relectures du texte principal.
– Données sur la météorologie : Jean-Michel Soubeyroux, Michèle Blanchard, Annick Auffray, Valérie Jacq (DCLIM Météo-France, Toulouse).
– Données sur les inondations anciennes : la collecte de l'information menée en 2011, dans le cadre de la mise en œuvre de la directive Inondation, a bénéficié, pour l'accès aux sources, du soutien des services des DDT (M) et D(r)eal, ainsi que des SPC, des Archives nationales, des laboratoires Geode de l'université de Toulouse (François Gazelle, Jean-Marc Antoine) et Gester de l'université de Montpellier (Freddy Vinet), du BRGM Orléans (Charlotte Vinchon) et de la délégation nationale RTM à Grenoble (Olivier Marco).
– Cartes de localisation des inondations : Cécile Saint-Marc, Paule-Annick Davoine, Marlène Villanova-Oliver (labo LIG, université de Grenoble).
– Cartes thématiques : Martin Boudou (doctorant Irstea, Lyon).
– Relecture : correspondants Dreal pour la directive Inondation.

À tous, nous adressons nos vifs remerciements.

L'édition de cet ouvrage a reçu le soutien financier du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

Table des matières

Préface 8

Introduction 9
La connaissance des inondations passées : une information nécessaire 9
La directive Inondation et l'information sur les événements d'inondation 11
L'enquête historique partie prenante de l'évaluation des risques 12
L'enquête réalisée dans le cadre de l'EPRI 2011 13
Un panorama des inondations remarquables survenues en France au cours du siècle dernier 15
Le parti pris éditorial 16
Des phénomènes naturels d'une grande variété 17
Impacts sur le territoire : un jeu d'échelles 22
Vers une mémoire collective partagée des inondations ? 30
La BDHI : un outil pour capitaliser et diffuser les informations sur les inondations 31
Une démarche partenariale ouverte au public 32
Références 34

1. District Adour-Garonne 35
Les inondations à l'échelle du district Adour-Garonne 36
Géographie 36
Typologie des inondations 37
Inondations remarquables 39
Les inondations à l'échelle des unités de présentation 45
Unité bassin de l'Adour 45
Unité bassin de la Charente 55
Unité bassin de la Dordogne 60
Unité bassin de la Garonne 68
Unité littoral atlantique (côtiers sud-ouest) 79
Unité bassin du Lot 84
Unité bassin du Tarn 91
Références 100

2. District Artois-Picardie 104
Les inondations à l'échelle du district Artois-Picardie 105
Géographie 105
Typologie des inondations 107
Inondations remarquables 109

Les inondations à l'échelle des unités de présentation 113
Unité Aa-Yser-Audomarois 113
Unité Canche-Authie-Boulonnais 124
Unité Lys-Deûle-Marque 131
Unité bassin de la Sambre 136
Unité Scarpe-Escaut-Sensée 142
Unité bassin de la Somme 148
Références 154

3. District Loire-Bretagne 160
Les inondations à l'échelle du district Loire-Bretagne 161
Géographie 161
Typologie des inondations 163
Inondations remarquables 165
Les inondations à l'échelle des unités de présentation 171
Unité Allier et Loire amont 171
Unité basse Loire 177
Unité côtiers bretons 183
Unité côtiers vendéens 192
Unité Loire moyenne 198
Références 205

4. District Rhin-Meuse 207
Les inondations à l'échelle du district Rhin-Meuse 208
Géographie 208
Typologie des inondations 209
Inondations remarquables 211
Les inondations à l'échelle des unités de présentation 216
Unité affluents alsaciens du Rhin 216
Unité axe du Rhin 228
Unité Meuse 236
Unité Moselle-Sarre 242
Références 252

5. Districts Rhône-Méditerranée et Corse 255
Les inondations à l'échelle des districts Rhône-Méditerranée et Corse 256
Géographie 256
Typologie des inondations 258
Inondations remarquables 259
Les inondations à l'échelle des unités de présentation 270
Unité Ardèche-Gard 270
Unité axe du Rhône 278
District Corse 291
Unité côtiers ouest 299
Unité Doubs 306

Unité Durance 320
Unité haut Rhône 331
Unité Isère 339
Unité littoral Provence-Alpes-Côte-d'Azur 348
Unité Rhône moyen 356
Unité Saône 364
Références 373

6. District Seine-Normandie 381
Les inondations à l'échelle du district Seine-Normandie 382
Géographie 382
Typologie des inondations 383
Inondations remarquables 385
Les inondations à l'échelle des unités de présentation 390
Unité Bocage normand 390
Unité rivières d'Île-de-France 397
Unité Seine amont 408
Unité Seine aval 418
Unité vallées d'Oise 429
Unité vallées de Marne 439
Références 452

7. Départements d'outre-mer 457
Spécificités des DOM en matière d'inondation 458
Contexte physique et typologie des inondations 458
Cyclones et inondations 458
Enjeux exposés aux inondations 461
Inondations remarquables retenues pour les DOM 461
Les inondations dans le district de la Guadeloupe 461
Géographie 461
Typologie des inondations 465
Inondations remarquables 465
Les inondations dans le district de la Guyane 471
Géographie 471
Typologie des inondations 473
Inondations remarquables 474
Les inondations dans le district de la Martinique 479
Géographie 479
Typologie des inondations 481
Inondations remarquables 481
Les inondations dans le district de Mayotte 488
Géographie 488
Typologie des inondations 489
Inondations remarquables 490

Les inondations dans le district de La Réunion 494
Géographie 494
Typologie des inondations 497
Inondations remarquables 497
Références 503

Abréviations 506

Glossaire 508

Contributions à la rédaction de l'ouvrage 510

Liste des auteurs 512

Préface

L'actualité nous rappelle souvent la gravité des événements d'inondation, et la nécessité de se prémunir contre les dommages humains et matériels qu'ils engendrent. Dans ce contexte, le ministère du Développement durable français, en partenariat avec les autres pays européens, a contribué à l'adoption en 2007 de la directive européenne inondation, traduite en France dans la loi Grenelle II en 2010 et 2011.

L'objectif de cette directive est de réduire les conséquences négatives des inondations sur les personnes et les biens. Aussi, la première étape de sa mise en œuvre, en 2011, a été une évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) réalisée à l'échelle nationale, en métropole et en outre-mer. Il a donc fallu mobiliser les connaissances historiques disponibles sur les inondations, en se limitant aux événements les plus marquants.

Ce recueil des inondations remarquables en résulte. Il donne une bonne vision des événements passés répartis par grands bassins hydrographiques – ou districts. L'ouvrage offre ainsi une présentation méthodique et illustrée de la géographie de chaque grand bassin, de ses enjeux humains et matériels, et des types d'inondations auxquels il est soumis. Il décrit ensuite les événements marquants, tant à l'échelle de ces districts qu'à celle de chaque sous-bassin – ou unité de présentation (UP). Ces descriptions, très complètes, couvrent les aspects de la genèse météorologique, de l'hydrologie, de l'étendue des zones inondées, puis des impacts humains et matériels.

En parallèle à la rédaction de ces synthèses historiques, les connaissances mobilisées ont donné lieu, à l'échelle nationale, à la réalisation d'une base de données historiques sur les inondations (BDHI), afin de capitaliser ces informations et de les mettre à jour avec les événements futurs. La BDHI sera prochainement ouverte au grand public.

Cet ouvrage pourra aider tous les acteurs de la prévention des risques à avoir une meilleure connaissance des aléas et des enjeux, donc de la vulnérabilité des territoires. Ils seront en mesure de mieux anticiper des événements similaires, mettant ainsi en application la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation établie par l'État en concertation avec les collectivités et les parties prenantes.

Partant, cet inventaire leur sera utile pour réaliser les diagnostics nécessaires aux actions de prévention des inondations à mener.

Plus largement, sa lecture permettra au grand public de développer une culture du risque inondation, en cultivant le souvenir des événements passés pour mieux se préparer à ceux du futur.

Marc Jacquet
Chef de service des risques naturels et hydrauliques
Direction générale de la prévention des risques
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Introduction

La connaissance des inondations passées : une information nécessaire

Face au retour régulier des inondations, tirer les leçons des événements passés apparaît comme une évidence. La prise en compte effective de l'information historique dans les démarches et outils de prévention soulève toutefois de multiples questions théoriques et pratiques.

En matière d'aménagement du territoire, de réalisation d'ouvrages de protection, ou encore d'organisation des secours, l'approche empirique consistant à ne baser la prévention du risque inondation que sur la plus forte crue du passé n'est pas sans poser problème. Elle conduit à réévaluer systématiquement à la hausse l'aléa de référence à chaque nouvelle occurrence d'inondation importante et introduit une hétérogénéité entre les sites avec des chroniques disponibles et les sites sans information. Il est préférable de considérer non pas une seule occurrence mais l'ensemble de la chronologie, ou du moins les événements les plus remarquables. C'est ce qui permet d'estimer une valeur d'inondation associée à une période de retour donnée (crue décennale, centennale, millénale) ou à sa probabilité annuelle de dépassement (respectivement 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}). L'un des enjeux méthodologiques est alors de disposer de chronologies suffisamment fournies ou de pouvoir identifier les événements les plus exceptionnels au cours d'une période.

Pour les plans de prévention des risques d'inondation (PPRI), l'aléa de référence est celui qui correspond à la plus forte crue connue, ou l'aléa centennal si celui-ci est plus fort. Ce choix soulève plusieurs questions : sur quelle base de connaissance doit-on travailler ? Jusqu'où faut-il remonter dans le temps ? La crue ancienne et ses conséquences sont-elles toujours représentatives du risque actuel ?

Si la collecte des données est aujourd'hui facilitée par Internet, elle ne dispense pas d'un rigoureux travail de critique et de validation des informations, au contraire. Cela vaut d'une manière générale pour toutes les sources documentaires historiques tirées de publications ou d'archives. Plusieurs relevés ou comptes rendus contradictoires d'un même événement peuvent être disponibles, et surtout, l'information peut être difficilement exploitable si on ne peut réinterpréter l'événement dans le contexte actuel. On rappellera que les cotes d'eau atteintes lors d'une inondation passée sont fortement liées aux conditions d'écoulement du moment. Si le lit mineur a fait l'objet d'importantes évolutions morphologiques ou de travaux d'endiguement, ou si l'occupation du lit majeur a été fortement modifiée, il est tout à fait possible localement que le classement des plus forts débits de crue diffère de celui des cotes de crue. De même l'impact d'une inondation passée pourra être significativement différent de celui qu'aurait la crue aujourd'hui si les enjeux et la vulnérabilité ont bien évolué.

On relèvera une difficulté supplémentaire liée à la prise en compte des effets du changement climatique. Les membres du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) sont unanimes : « Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, la couverture de neige et de glace a diminué, le niveau des mers s'est élevé et les concentrations des gaz à effet de serre ont augmenté. » (Giec, 2013). Or les manifestations de ce changement, si elles sont manifestes sur les températures, sont beaucoup plus difficiles à mettre en évidence pour les crues. La position de la France au croisement de plusieurs influences climatiques, l'absence de tendance claire à ce jour sur une évolution généralisée en France des extrêmes de pluie (Soubeyroux *et al.*, 2012) et de crue (Giuntoli *et al.*, 2012), et l'insuffisance des modèles climatiques à représenter correctement les valeurs extrêmes, font qu'aujourd'hui aucune correction n'est pratiquée par rapport à l'impact du changement climatique. Ce domaine fait l'objet de recherches actives pour, le cas échéant, faire évoluer les pratiques d'estimation des pluies et crues extrêmes. L'information sur le climat passé reste incontournable, que ce soit pour progresser dans la compréhension de la variabilité climatique naturelle ou pour tester et alimenter les modèles de simulation des évolutions futures.

L'information historique peut participer également au développement de la conscience et de la culture du risque auprès des populations. La sensibilisation des nouveaux habitants au retour de phénomènes naturels rares se heurte régulièrement à l'incrédulité ou tout simplement au manque de références. Le rappel de l'histoire locale des événements passés – leur étendue, leur impact, la manière dont ils ont été gérés – donne une réalité concrète et humaine à des informations souvent assez techniques. D'une manière plus générale, l'histoire de l'aménagement et de l'occupation du territoire permet, parallèlement à la description des phénomènes naturels, de rappeler l'évolution des enjeux, des mentalités et des représentations.

D'un point de vue réglementaire, la loi du 30 juillet 2003 sur la prévention des risques naturels et industriels prévoit que, dans les communes où un plan de prévention des risques naturels (PPRN) est prescrit ou approuvé, le maire doit réaliser au moins une fois tous les deux ans une information à la population sur ces risques. Cela peut être l'occasion de rappeler les événements passés décrits dans le rapport de présentation du PPRN. Désormais, le maire a aussi l'obligation, avec l'assistance des services de l'État compétents, de procéder à un inventaire des repères de crue existants sur sa commune et à la pose de nouveaux repères pour des crues historiques ou des crues récentes. Outre l'enquête de terrain et l'appel à la mémoire des anciens, ce travail demande également des recherches documentaires et historiques particulières. Ce souci de transmettre l'information sur les événements passés se retrouve maintenant dans l'obligation faite au vendeur ou bailleur de tout bien immobilier situé dans une zone couverte par un PPRN d'informer l'acquéreur ou le locataire de tout sinistre ayant fait l'objet d'une indemnisation des assurances au titre des catastrophes naturelles.

D'un point de vue scientifique et réglementaire comme d'un point de vue pratique, l'information sur les inondations passées apparaît donc essentielle pour la

connaissance et la prévention du risque. Dès lors, la question de la disponibilité de cette information se pose.

Un certain nombre de ressources, documentaires ou administratives, permettent déjà d'avoir accès à des données en nombre. L'ouvrage de Maurice Champion, *Les inondations en France du VI^e siècle à nos jours* (édité entre 1858 et 1864, réédité en 2000), constitue une somme irremplaçable. Il ne concerne toutefois que la période antérieure à 1863. Outre sa mise à jour, ces contenus mériteraient également d'être enrichis par les apports de la recherche historique, hydrométéorologique et géographique.

Plus récemment, Météo-France a ouvert un portail Internet qui met gratuitement à disposition du public des informations sur les événements extrêmes de précipitations en France métropolitaine (http://pluiesextremes.meteo.fr/). Plus de 2 500 cartes rendent compte des épisodes pluvieux les plus intenses depuis 1958, et des mises à jour annuelles, réalisées chaque printemps, permettent d'y intégrer les événements pluvieux de l'année précédente. On accède également aux fiches descriptives de plus de 270 événements marquants, dont le plus ancien remonte à 1766. Les réanalyses mondiales du climat passé (à maille fine depuis 1948, et plus large depuis 1871) permettent par ailleurs de resituer le contexte climatologique d'un événement passé.

D'autres sources délivrent localement, mais de façon dispersée à l'échelle du territoire, des informations sur les inondations antérieures. Entrent dans cette catégorie en particulier les rapports de présentation des PPRI, les atlas de zones inondables, les études spécifiques (prévision des crues, aménagements hydrauliques), les études et bases de données réalisées sur les repères de crue, etc. Nombre de travaux et publications à caractère scientifique émanant des universités et des équipes de recherche (géographes, historiens, hydrologues, etc.) constituent de véritables monographies sur le sujet.

Face à la diversité et au nombre de ces sources d'information, l'enjeu est double aujourd'hui : arriver à les rapprocher afin de constituer un corpus d'informations valides et homogènes, tout en assurant en même temps leur diffusion auprès du public. Le tableau des inondations remarquables présenté dans cet ouvrage se veut une première contribution à cet objectif. Il s'inscrit également dans une démarche innovante, initiée à cette occasion par la direction générale de la Prévention des risques (DGPR) du ministère de l'Écologie, autour de la mise en place d'une base de données historiques nationale sur les inondations (BDHI).

La directive Inondation et l'information sur les événements d'inondation

La directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (DI), transcrite en droit français par la loi du 12 juillet 2010 (Grenelle II) et le décret du 2 mars 2011 (article R.566 du code de l'environnement), vise à réduire les conséquences négatives des inondations sur la population, l'activité économique et le patrimoine environnemental ou culturel. Elle prévoit un calendrier de travail en trois étapes, avec un cycle de révision tous les six ans.

Le premier cycle 2009-2015 comporte trois échéances :
– fin 2011, la réalisation, au niveau de chaque district hydrographique, d'une évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), accompagnée de la sélection de territoires à risque important (TRI) ;
– fin 2013, la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation au sein de chaque TRI ;
– fin 2015, la mise au point de plans de gestion des risques d'inondation (PGRI) à l'échelle des districts, déclinés en « stratégies locales » sur chaque TRI.

Dans ce contexte, la DGPR a sollicité Irstea pour réaliser, au niveau de chaque district, un travail de collecte et de synthèse des données historiques sur les inondations les plus remarquables, en partenariat avec le bureau d'étude Acthys-Diffusion pour le volet historique et le laboratoire d'informatique de Grenoble (LIG/Steamer) pour la constitution de la base BDHI.

L'enquête historique partie prenante de l'évaluation des risques

La DI met en avant de manière explicite la nécessité de prendre désormais en compte l'information sur les « inondations survenues dans le passé » (Art. 4 de la DI retranscrit dans l'article R.566-1 du code de l'environnement). Cela concerne à la fois la description de l'aléa à partir des relevés historiques, mais aussi et surtout les enjeux. Sans évoquer précisément les informations relatives à la genèse hydrométéorologique du phénomène, le texte les englobe dans « la description des inondations significatives survenues dans le passé ». Pour ce qui est des enjeux, le texte les regroupe sous l'appellation « impacts négatifs significatifs » en quatre grands ensembles :
– la santé humaine (morts, blessés) ;
– les biens et activités économiques (immobilier, infrastructures, réseaux, ouvrages, activités) ;
– l'environnement (pollutions, risques industriels, conséquences sur le milieu naturel) ;
– le patrimoine culturel (bâtiments, collections, paysages).

D'un point de vue pratique, cela sous-entend que, au regard de l'ensemble de ces informations, on soit en capacité de réaliser un choix parmi une famille d'événements, et de repérer les plus « significatifs », d'où l'intérêt de pouvoir s'appuyer sur des chroniques et des descriptions validées par une méthodologie et une expertise adaptées. Cela renvoie à des questions de fond auxquelles la recherche n'a pas forcément encore apporté de réponse. À quelle échelle temporelle faut-il établir ces chroniques d'événements ? Un siècle, trois siècles, davantage ? La DI ne le précise pas. Elle insiste en revanche sur le fait que ces inondations passées puissent à nouveau se produire à l'avenir. Comme les phénomènes extrêmes sont aussi les plus rares, leur identification demande de pouvoir ouvrir le plus largement possible la fenêtre chronologique d'analyse. Sans oublier cependant que les phénomènes de moindre importance, dont le retour à l'échelle de quelques décennies ou siècles est plus fréquent, peuvent au final s'avérer tout aussi dommageables pour la société. Il y a là un travail de comparaison à mener qui n'est pas sans poser de multiples problèmes méthodologiques. Selon les périodes de l'histoire et la nature des sociétés, la notion « d'impacts négatifs significatifs » va recouvrir des réalités socio-économiques différentes, sans parler des capacités de résilience des systèmes. Sur quelles bases peut-on

alors comparer les impacts d'une période à l'autre ? Dans tous les cas, ce retour sur les événements passés et la constitution de chroniques ne peut se faire sans un important travail d'enquête documentaire.

L'enquête réalisée dans le cadre de l'EPRI 2011

La collecte réalisée au cours du premier semestre 2011 par Irstea et Acthys-Diffusion est à l'origine des synthèses présentées dans cet ouvrage. Au regard des observations précédentes, elles doivent être considérées comme une première étape dans la constitution d'un corpus d'événements de référence. Nous avons bien conscience des limites du travail réalisé. Ainsi, même s'ils ont été retenus afin d'illustrer au mieux la diversité des phénomènes sur chacun des districts, les événements présentés ne sont pas mis en perspective avec d'autres comparables au sein d'une chronique détaillée.

Le découpage géographique

La DI s'appuie sur un découpage du territoire français en 14 districts, neuf pour la métropole, cinq pour les départements d'outre-mer (DOM). Il reprend le périmètre des grands bassins hydrographiques, éventuellement redécoupés pour les bassins transfrontaliers : Adour-Garonne, Corse, Escaut-Somme-Côtiers et Sambre (pour Artois-Picardie), Loire-Bretagne, Meuse et Rhin (pour Rhin-Meuse), Rhône-Méditerranée, Seine-Normandie. Chaque district est à son tour divisé en unités de présentation (UP), soit 38 au total pour l'ensemble du territoire français. Ce découpage correspond en général aux sous-bassins, zones littorales ou axes fluviaux remarquables. Leur nombre varie entre 3 et 10 selon l'importance des districts. Parfois, district et unité de présentation sont confondus. C'est le cas pour la Corse, la Meuse, la Sambre et les cinq DOM (Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, Réunion).

La collecte des données

Pour des raisons pratiques liées à l'agenda général de la DI, il a été convenu que l'enquête documentaire 2011 serait centrée sur la documentation conservée dans les services de l'État (Dreal, DDT, SPC, services de la Navigation), plus quelques études de référence, comme l'ouvrage de Maurice Champion, les travaux de Maurice Pardé et quelques bases de données régionales. De fait, la chronologie événementielle contemporaine a été privilégiée, ce qui n'empêche pas de disposer, à travers certains documents, d'informations sur des inondations plus anciennes des XVIII^e^ ou XIX^e^ siècles.

Le travail de collecte a été réalisé par sept chargés d'étude recrutés à cette fin sur l'année 2011, chacun responsable d'un bassin (Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée et Corse, Seine-Normandie) ou de l'ensemble des cinq DOM. Ils ont travaillé en étroite collaboration avec les services de l'État concernés, chaque Dreal de bassin étant chargée de coordonner la rédaction de la note EPRI.

Un questionnaire préalable a été adressé en janvier 2011 aux différents services concernés en vue de préparer le recensement des inondations remarquables, des documents associés et des bases de données régionales. Une réunion de travail s'est

ensuite tenue dans chaque Dreal de bassin pour, d'une part, arrêter une première liste de cours d'eau et de sites à enjeux et, d'autre part, définir les modalités pratiques de récupération des données. D'avril à juillet 2011, les sept chargés d'étude ont sélectionné et numérisé les documents disponibles dans les services. Ensuite, pour chaque événement, ils ont extrait et synthétisé les informations selon deux grands axes.

La météorologie et l'hydrologie :
– une description générale des phénomènes ;
– leur localisation géographique (nom de la localité concernée et éventuellement la position des zones touchées, leur étendue, la longueur du cours d'eau ou de la zone côtière concernée) ;
– le type d'inondation (débordement de cours d'eau, ruissellement, remontée de nappe phréatique, submersion marine, rupture d'ouvrages différents des ouvrages de défense, autres) ;
– les dates de début et de fin de l'événement, et/ou sa durée ;
– les périodes de retour des phénomènes (pluies ou débits) ;

Les impacts et conséquences de l'inondation sur :
– la santé humaine et la société, avec notamment le nombre de décès, de blessés, de personnes disparues ou de personnes évacuées ; les conséquences quant à la pollution, l'interruption de la fourniture d'eau potable ; les services publics mis hors d'usage, comme les écoles, maisons de retraite, hôpitaux, la sécurité civile (préfecture, mairie, pompiers, gendarmerie…) ;
– l'activité économique, c'est-à-dire les dommages à l'habitat (nombre de logements inondés) ; aux infrastructures et réseaux (routes, voies ferrées, aéroports, centrales électriques…) ; à l'activité agricole (élevage, cultures, forêts, extraction minière, pêche) ; à l'activité économique hors agricole (usines, construction, services, commerces…) ;
– l'environnement, à savoir la pollution de l'eau ou de l'air, les dommages au sol, à la faune et à la flore, la biodiversité ; les sources de pollution potentielles en liaison avec l'inondation d'installations classées Seveso ou de stations d'épuration… ;
– le patrimoine culturel, soit ce qui relève des dommages aux monuments historiques, musées, sites archéologiques, lieux de culte…

Il était initialement prévu de scanner l'ensemble des documents disponibles dans les services, puis de saisir dans une base de données spécifique les informations génériques de chaque inondation (lieu, date, type d'inondation, classe de l'événement, intensité et dommages), afin d'identifier les événements les plus remarquables. Devant l'ampleur de la tâche et compte tenu d'un calendrier de collecte très contraint (six mois), le mode opératoire a été modifié. Après une première analyse des documents de synthèse disponibles sur les inondations du passé (cf. volet historique des PPRI, AZI, RIC des services de prévision des crues, études référence…) et des échanges avec les Dreal, cinq à dix événements majeurs ont été sélectionnés par UP.

Différents critères ont présidé à ce choix : le type d'événement, ses caractéristiques hydrométéorologiques (intensité ou extension spatiale), ses conséquences socio-économiques, mais également le fait qu'il constituait ou non un phénomène référence dans les documents officiels (PPRI, AZI…), ou qu'il était le dernier événement majeur en mémoire. La recherche d'informations s'est alors uniquement portée sur la liste des inondations sélectionnées.

En complément de cette enquête, une investigation parallèle a été menée dans le fonds « Inondations » des Archives nationales (études de référence de la sous-série F[14]). Des échanges se sont également opérés avec des équipes universitaires ayant travaillé sur la thématique des inondations historiques, en particulier les laboratoires Géode à Toulouse et Gester à Montpellier. Le recensement des inondations en zone de montagne a aussi exploité les bases de données des services RTM (http://rtm-onf.ifn.fr), qui rassemblent, pour les 11 départements alpins et pyrénéens concernés, des informations sur plus de 30 000 événements passés : affaissement, avalanche, chute de blocs, crue torrentielle, glissement de terrain, inondation, ravinement, tassement. L'identification des submersions marines a pu être complétée par l'apport de bases de données existantes, et par un travail spécifique du BRGM en 2011 sur la base tsunami (http://www.tsunamis.fr). Cette recherche a mis en évidence 33 événements sur la période 1694-1940, initialement retenus comme faux tsunamis et décrits comme « raz-de-marée » dans la littérature, mais correspondant en fait à des submersions liées à des tempêtes et/ou des épisodes de fortes pluies.

De par leur histoire et la violence des phénomènes, la disponibilité d'informations sur les inondations dans les DOM est bien différente de celle de la métropole. Le réseau systématique d'observation hydrologique y est souvent récent : à partir de 1967 pour la Martinique, de 1982 pour La Réunion et de 1996 pour la mesure pluviométrique à Mayotte (quelques années avant pour la mesure des débits). En Guyane, le réseau a démarré en 1954 pour les plus anciennes stations de mesures limnimétriques. Par ailleurs, les travaux de synthèses (BRGM en Guyane, travaux universitaires dans les Antilles et à La Réunion) qui présentent un historique des inondations ne datent que d'une dizaine d'années. Ainsi, la plupart des inondations recensées dans les DOM sont contemporaines à la seconde moitié du XX^{e} siècle.

Au final, les éléments ainsi collectés ont servi à l'écriture d'une synthèse pour chacun des épisodes retenus, synthèse ensuite intégrée, pour chaque district, dans la partie « évaluation des conséquences des inondations » du rapport EPRI (http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-premiere-evaluation). Celui-ci rappelle le cadre de la directive Inondation et les objectifs de la phase d'évaluation, et il donne une présentation générale du district hydrographique (géographie, types d'inondation, nature des enjeux, politique de gestion du risque). Dans la partie évaluation, outre la description des inondations marquantes du passé, le rapport présente également les impacts potentiels des futures inondations à l'échelle du district, puis de chaque unité de présentation.

Un panorama des inondations remarquables survenues en France au cours du siècle dernier

Dresser une synthèse des inondations à l'échelle séculaire est évidemment une gageure même en ne retenant que les épisodes remarquables. D'abord en raison du contexte méthodologique rappelé précédemment, ensuite parce que l'on ne dispose pas aujourd'hui de grille de lecture qui nous permette d'associer et de comparer selon des critères objectifs les données à différentes échelles de temps et d'espace. Ce rapprochement n'est aujourd'hui réalisable que pour certaines catégories d'informations

et pour des périodes relativement récentes. Les sciences de la nature et de l'ingénieur (météorologie, hydrologie) ont de ce point de vue une très large avance sur les sciences humaines et sociales. Le présent ouvrage dresse donc un panorama qui ne demande qu'à être enrichi et complété, notamment sur le plan chronologique. Les trois quarts environ des événements présentés concernent en effet le dernier siècle écoulé.

Le parti pris éditorial

Les synthèses rédigées dans le cadre de l'EPRI 2011 ont été reprises et complétées sur un certain nombre d'aspects. L'ouvrage est ainsi organisé selon un découpage géographique en six chapitres sur la métropole **(fig. Intro-1)** : Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée et Corse, Seine-Normandie ; et un septième chapitre regroupant les cinq départements d'outre-mer (Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, La Réunion). Chaque chapitre présente les caractéristiques géographiques générales du district : enjeux exposés aux inondations, topographie et occupation du sol, typologie des inondations. Une première carte resitue le district au sein du territoire national, identifie chaque unité de présentation et positionne les principaux cours d'eau et grandes villes. Un tableau chronologique recense la liste des inondations décrites dans chacune des unités de présentation qui composent le district. Une série de quelques inondations remarquables illustre ensuite la typologie des inondations rencontrées associée à une seconde carte décrivant schématiquement l'extension spatiale des différents épisodes. Ceux-ci apparaissent sous la forme d'une date et d'un logo représentant le type de régime.

La description par unité de présentation est plus détaillée : le lecteur trouvera un descriptif de l'organisation du réseau hydrographique, la typologie des inondations propres à l'unité et une carte schématique donnant approximativement les limites des cinq à dix inondations remarquables retenues, ainsi que les principaux cours d'eau et secteurs à enjeux mentionnés dans le texte. Chaque inondation fait l'objet d'une présentation limitée à une ou deux pages. Elle reprend les éléments rassemblés dans les synthèses EPRI 2011 : genèse de l'événement, description de l'aléa et conséquences de l'inondation. Un travail d'uniformisation de la présentation des districts a été entrepris en 2012 et 2013. Un tableau synthétique résume les traits caractéristiques de l'inondation. La liste des références bibliographiques utilisées pour ces descriptions figure en fin de chapitre.

Au total, on trouvera (tab. 1) la description sommaire de 43 événements référence d'inondation illustrant la typologie rencontrée sur chaque district, et 278 descriptifs d'inondation pour les différentes UP. Compte tenu du fait qu'une même inondation peut être décrite à l'échelle d'un ou plusieurs districts, et sur plusieurs unités de présentation, le nombre total d'événements présentés dans l'ouvrage est de 176. La sélection couvre une période de plus de 200 ans, de 1770 à 2011, mais avec une répartition très inégale des phénomènes : 14 événements avant 1850, 36 avant 1900, 59 avant 1950, 84 avant 1980 et plus de la moitié des événements après 1980. Cela ne signifie évidemment pas que le nombre d'inondations remarquables est en voie d'augmentation. Pour les raisons méthodologiques rappelées plus haut, la période contemporaine a été privilégiée dans le recensement des données. Les événements

récents sont par ailleurs plus faciles à interpréter dans les conditions actuelles d'enjeux et de vulnérabilité. Pour autant, les quelques événements plus anciens retenus n'en constituent pas moins une référence, car ils sont souvent de très forte intensité. Leur retour pourrait aujourd'hui avoir des conséquences bien plus graves qu'à l'époque de leur survenue, du fait de l'augmentation significative des enjeux exposés aux inondations au cours des dernières décennies.

Tableau 1. Répartition du nombre de descriptifs d'événements par district et unité de présentation

District	Descriptif sommaire (niveau district)	Descriptif détaillé (niveau UP)	Nombre d'événements décrits
Adour-Garonne	6	43	35
Artois-Picardie	6	34	26
Loire-Bretagne	8	34	26
Rhin-Meuse	8	30	19
Rhône-Méditerranée et Corse	11	70	55
Seine-Normandie	4	44	30
DOM	-	23	22
TOTAL	43	278	213

Cette sélection d'événements ne demande qu'à être enrichie. On pourra trouver dans chacun des rapports EPRI 2011 disponibles sur le site du ministère de l'Écologie un tableau en annexe qui récapitule la liste des sites pour lesquels un événement a été recensé au cours de l'enquête 2011. Le nombre de sites varie de 100 à 1 000 selon la taille du district et le mode de recensement, parfois limité aux événements importants, parfois étendu aux événements plus faibles. La chronique générale couvre quinze siècles (période 528-2011), mais les informations restent très succinctes pour les épisodes les plus anciens. Il est difficile à ce stade d'évaluer précisément le nombre d'inondations complémentaires que cette chronique permettrait de retenir effectivement. Un travail de recoupement est nécessaire pour identifier les informations se rattachant à un même événement. Il doit en plus être accompagné d'une analyse du contexte afin de pouvoir mieux interpréter l'environnement de chaque épisode.

Des phénomènes naturels d'une grande variété

On observe en France une grande diversité des types d'inondation, aussi bien en termes de mécanisme physique à l'origine de la submersion que de genèse hydrométéorologique. La typologie des régimes de crue permet d'affiner encore ce classement.

Genèse hydrométéorologique des inondations

La genèse hydrométéorologique des inondations est intéressante à décrire dans la mesure où une certaine typologie se dégage, qu'il s'agisse de dynamique de crue ou de période préférentielle d'occurrence dans l'année. La métropole française est touchée

pour une grande part par des perturbations ouest d'origine océanique (50 %), puis par des remontées d'air chaud du Sud (40 %), et de façon plus réduite (10 %) par des perturbations issues de l'est. Les perturbations d'origine océanique se produisent principalement d'octobre à mars, et pour certaines d'avril à juillet, et septembre. Les intensités de précipitation restent modérées, mais les cumuls sont souvent importants sur plusieurs semaines à plusieurs mois, et avec une large extension spatiale. Elles occasionnent des crues lentes, qui peuvent être aggravées en cas de fonte nivale. Les perturbations d'origine méditerranéenne se produisent sur une période plus courte, principalement de mi-septembre à mi-janvier, à l'exception de la crue du Tarn de mars 1930, de la crue des affluents du Rhin de mai 1970, et de la crue de l'Argens et de la Nartuby en juin 2010. Elles sont caractérisées par de très fortes précipitations à l'origine de crues brèves et violentes. Les perturbations issues de l'est ont lieu notamment au printemps et en été, avec cumul possible de précipitations et de fonte nivale. Il y a enfin les orages, qui se produisent sur l'ensemble de la métropole, principalement de mai à août, et également en septembre-octobre. Les intensités de pluie sont courtes mais élevées, avec une extension spatiale modérée. Le contexte hydrologique dans lequel se produisent ces événements pluvieux peut induire un renforcement très important des écoulements, en cas d'humidité forte des sols limitant la capacité d'infiltration, de présence de neige ou sol gelé favorisant le ruissellement, ou de fonte nivale sur un manteau neigeux de densité faible (en début de saison) ou déjà très humidifié (fonte printanière).

Les départements d'outre-mer (DOM) ont une climatologie spécifique en lien avec leur localisation géographique, avec des alizés de secteur est à nord-est. L'activité cyclonique est un trait marquant des DOM (de façon marginale pour la Guyane) et couvre habituellement la période de juin à octobre aux Antilles et de novembre à avril dans l'hémisphère sud (Mayotte, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, La Réunion, Wallis et Futuna). Les cyclones sont à l'origine de vents violents, de précipitations exceptionnelles, de crues rapides et de surcotes marines. Des dépressions tropicales peuvent également produire de fortes intensités de précipitation.

Typologie des submersions

Les inondations sont le plus souvent issues d'un débordement de cours d'eau. Lorsque le débit transitant dans la rivière excède la capacité d'écoulement du lit mineur, les berges sont submergées. Il s'agit d'un phénomène naturel qui revient régulièrement. En effet, la géométrie du lit mineur résulte d'un ajustement morphologique du cours d'eau. Si à l'inverse, la section du lit mineur est insuffisante, celle-ci va être augmentée en période de crue du fait de fortes vitesses d'écoulement et de l'érosion des berges et du fond du lit. Si elle est trop importante, un lit intermédiaire va se créer au milieu d'un lit plus large. Les géomorphologues donnent une période de retour approximative de 0,5 à 2 ans pour la débitance du lit mineur (Amoros et Petts, 1993 ; Navratil *et al.*, 2006). Les cours d'eau ayant fait l'objet de nombreux aménagements depuis des siècles, la fréquence de débordement peut être bien plus faible lorsque des digues existent, notamment dans la traversée des villes ou sur des tronçons bien plus larges (cf. levées de la Loire). La

submersion est alors plus brutale, avec un effet de seuil au-delà du niveau le plus bas des digues. Celles-ci peuvent alors rompre, lorsque le déversement au-dessus de leur crête induit une érosion directe du talus, ou lorsqu'une circulation interne dans l'ouvrage (renard hydraulique) conduit à sa déstabilisation. C'est le second type de submersion recensé par la DI, par rupture d'ouvrage de protection, avec la propagation brutale d'une vague. Outre la rupture de digues de tronçons aménagés de cours d'eau, on peut également citer le cas de rupture de digues de canaux de navigation et la rupture de barrages. Ces inondations surviennent heureusement plus rarement que celles liées au simple débordement de cours d'eau, mais leurs conséquences sont généralement assez graves, du fait de la violence des écoulements et de l'effet de surprise.

Au-delà des limites strictes du réseau hydrographique, d'autres submersions sont possibles : par remontée de la nappe alluviale à distance variable de la rivière, par ruissellement en versant lorsque l'intensité des précipitations excède la capacité d'infiltration du sol, par ruissellement en zone urbanisée lorsque la capacité du réseau d'évacuation des eaux pluviales est dépassée, ou par débordement lacustre. La bordure maritime peut être touchée par des submersions lors de surcotes marines : la submersion peut être intermittente du fait de l'effet des vagues ou continue quand le niveau de la mer excède la crête des cordons dunaires ou des ouvrages de protection. Comme pour les cours d'eau, des inondations brutales sont possibles en cas de rupture d'ouvrage de protection maritime ou de cordon dunaire. Il reste enfin le cas de submersions associées au blocage temporaire d'un volume d'eau, libéré brutalement en cas de rupture. Il s'agit de la rupture d'embâcles constitués par accumulation de blocs solides ou de débris végétaux en amont d'un pont ou d'un ouvrage hydraulique, de la rupture d'un barrage naturel constitué par obstruction du lit de la rivière suite à un éboulement ou à un glissement de terrain, et de la rupture de poche d'eau glaciaire. Ces submersions sont violentes et sont généralement associées à un fort transport solide.

Typologie des régimes de crue

On peut enfin s'intéresser au régime des crues du bassin sur lequel s'est produite l'inondation. Un découpage en 22 hydroécorégions (HER) a été proposé par Wasson *et al.* (2002) pour définir une typologie des écosystèmes aquatiques sur des bases géographiques, à partir d'informations sur la géologie, le relief et le climat.

Ce découpage, développé pour la mise en œuvre de la directive-cadre européenne sur l'eau (DCE), a donné de bons résultats pour l'estimation régionale du débit décennal de crue en France (Cipriani *et al.*, 2012). Il s'avère plus performant qu'un voisinage glissant consistant à regrouper – dans un rayon de 50 km – toutes les informations des bassins voisins du site cible. La carte simplifiée en 14 régions **(fig. Intro-2)**, pour les besoins du projet de recherche Extraflo sur les crues extrêmes, illustre ce découpage. On retrouve les régions soumises à influence océanique (1 à 4), les massifs montagneux : Vosges (5), Massif central (6 et 7), Jura et Alpes (8 à 10), Pyrénées (11), et les régions sous influence méditerranéenne (12 à 14).

Le tableau 2 donne la correspondance entre ce découpage simplifié en 14 régions et celui des 22 hydroécorégions.

Tableau 2. Découpage simplifié d'après les hydroécorégions

Région	HER (Wasson *et al.*, 2002)
Océanique	« Tables calcaires » (HER 9), « Dépôts argilo-sableux » (HER)
Océanique ouest	« Armoricain » (HER 12)
Océanique sud-ouest	« Landes » (HER 13), « Coteaux aquitains » (HER 14)
Océanique est et continentale	« Côtes calcaires est » (HER 14), « Ardennes » (HER 22)
Vosges et Alsace	« Vosges » (HER 4), « Alsace » (HER 18)
Massif central nord	« Massif central nord » (HER 21), « Dépressions sédimentaires » (HER 17)
Massif central sud	« Massif central sud » (HER 3)
Jura et Alpes du Nord	« Jura et Préalpes du Nord » (HER 5), « Plaine Saône » (HER 15)
Alpes internes	« Alpes internes » (HER 2)
Alpes du Sud	« Préalpes du Sud » (HER 7)
Pyrénées	« Pyrénées » (HER 1)
Cévennes et Causses	« Cévennes » (HER 8), « Grands causses » (HER19)
Méditerranéenne	« Méditerranéen » (HER 6)
Corse	« Corse » (HER 16)

Un événement d'inondation pourra être repéré comme singulier par rapport au type d'inondation de sa région d'appartenance, ou par rapport aux inondations usuelles du bassin. Il s'agit par exemple d'une inondation qui se produit à une date « anormale » par rapport à la climatologie de la région, ou avec une origine climatique habituellement localisée sur d'autres régions, ou enfin d'une crue dont la contribution des sous-bassins est bien différente de celle rencontrée couramment.

Certains bassins versants présentent un type particulier d'inondation. Il s'agit, à une échelle spatiale plus fine :
– des bassins karstiques, avec un effet de seuil lorsqu'une partie du réseau souterrain se met en charge ;
– des bassins fortement influencés par leur nappe phréatique, avec des inondations lentes qui peuvent perdurer bien au-delà de la période stricte des intempéries ;
– des bassins de montagne, avec au printemps puis en été une composante d'écoulement importante liée à la fonte nivale puis glaciaire, et lors de pluies intenses des écoulements chargés en matériaux solides (matières en suspension, charriage, voire laves torrentielles) ;
– des bassins volcaniques de la Guadeloupe, la Martinique ou La Réunion, soumis sur leur partie haute, exposée au vent, à de forts abats pluviométriques, et propices à des crues rapides avec un fort transport solide, voire même des phénomènes de laves torrentielles ou de coulée boueuse d'origine volcanique (lahar), en présence de matériaux fins mobilisables en versant ;
– des bassins aval côtiers, ou qui se jettent dans un grand affluent, et dont l'écoulement peut être singulièrement réduit en cas de surcote marine ou de crue sur l'affluent principal.

Les grands bassins versants du Rhône, de la Loire et de la Garonne présentent une typologie complexe d'inondations, liée à une combinatoire sur la contribution des sous-bassins qui peut varier suivant la période de l'année ou en fonction de la succession de plusieurs épisodes météorologiques (perturbations océaniques et méditerranéennes), et dont l'enchaînement peut conduire à une aggravation des inondations du fait de la concomitance de crues entre affluents.

Quelques valeurs remarquables d'intensité de pluie et de crue

La compilation des cumuls pluviométriques mentionnés dans les 278 descriptifs d'inondation conduit à distinguer quatre familles d'événements **(fig. Intro-3)** :
– les perturbations d'origine océanique (simple ou suivie d'un flux méditerranéen) ou continentale, avec des cumuls journaliers de 50 à 200 mm, et des cumuls sur 5 à 20 jours entre 100 et 400 mm ;
– les épisodes convectifs infrajournaliers, avec des cumuls sur 1 à 12 heures compris entre 50 et 200 mm pour les orages, et entre 100 et 400 mm pour les averses tropicales et les épisodes méditerranéens ;
– les épisodes intenses sur 1 à 5 jours, avec des cumuls entre 200 et 2 000 mm pour les averses tropicales, les épisodes méditerranéens et les cyclones (hors Réunion) ;
– les cyclones à La Réunion, avec des cumuls record sur 12 heures à 15 jours, compris entre 1 000 et 6 000 mm.

Les cumuls pluviométriques des crues remarquables d'origine océanique sont bien inférieurs à ceux des autres familles, mais ils font généralement suite à une période pluvieuse antérieure de 1 à 7 mois, avec en moyenne 200 mm par mois. Les cumuls des crues d'orage sont du même ordre de grandeur, mais sur des durées de quelques heures, avec par conséquent des intensités de pluie bien plus fortes. Les cumuls observés lors des averses tropicales et des épisodes méditerranéens sont très élevés, avec une série de records pluviométriques : 792 mm en 21 heures à Joyeuse (crue de l'Ardèche du 9 octobre 1827), 687 mm en 21 heures à Anduze (crue des gardons du 8 et 9 septembre 2002), 950 mm en 24 heures à Valleraugue (crue du Tarn du 28 et 29 septembre 1900), 1 000 mm en 24 heures et 1 930 mm en 5 jours à Saint-Laurent-de-Cerdans (crue du Tech du 16 au 21 octobre 1940). Pour ces trois premières familles, il s'agit des valeurs record de précipitations qui ont occasionné des inondations remarquables. Des valeurs de pluviométrie plus fortes ont pu être observées, mais en l'absence d'impact significatif, l'événement n'a pas été retenu comme remarquable : il s'agit de perturbations météorologiques qui se sont produites sur un secteur sans enjeu, ou lorsque les conditions hydriques initiales du sol étaient favorables, avec une forte interception du volume précipité par le bassin. On pourra se référer aux données des réseaux d'observation météorologique pour obtenir les records de pluie sur la métropole.

La dernière famille, sur l'île de La Réunion, constitue un cas à part, avec des cumuls exceptionnels de précipitation lors du passage de cyclones. Les reliefs du piton des Neiges (3 071 m d'altitude) et du piton de la Fournaise (2 632 m) contribuent à renforcer les quantités précipitées, avec les records mondiaux de pluies observées de 12 heures à 15 jours : 1 144 et 1 825 mm en 12 et 24 heures

(cyclone Denise, 1966), 2 467 mm en 48 heures (cyclone non-nommé du 8 au 10 avril 1958), de 3 929 à 5 512 mm entre 72 heures et 9 jours (cyclone Gamède, 2007), et de 5 678 à 6 083 mm entre 10 et 15 jours (cyclone Hyacinthe, 1980). Des valeurs plus fortes sont certainement possibles dans d'autres parties montagneuses du monde, mais elles n'ont pas été relevées en l'absence de réseau de mesure adapté.

La compilation des valeurs record de débit a été réalisée en utilisant le découpage de la métropole en 14 régions. Pour s'affranchir des effets d'échelle, les débits ne sont pas exprimés directement en m^3/s, mais en débit spécifique (débit Q rapporté à la surface S du bassin versant exprimée en km^2) et en débit pseudo-spécifique ($Q/S^{0.8}$: cf. formulation classique utilisée pour estimer le débit des crues, avec l'expression $Q = a\,S^{0.8}$). Les plages de valeur record peuvent être présentées suivant quatre groupes de bassins versants **(fig. Intro-4)** :

– les bassins exposés principalement à des perturbations d'origine océanique, avec des débits pseudo-spécifiques variant de 0,1 à 3 $m^3.s^{-1}.km^{-1,6}$;

– les bassins montagneux du Massif central nord, Jura et Alpes (nord et interne) exposés principalement à des perturbations d'origine océanique, avec des débits pseudo-spécifiques variant de 1 à 4 $m^3.s^{-1}.km^{-1,6}$;

– les bassins exposés principalement à des perturbations d'origine méditerranéenne, avec des débits pseudo-spécifiques variant de 1 à 8 $m^3.s^{-1}.km^{-1,6}$;

– les bassins des DOM, avec des débits pseudo-spécifiques variant de 1 à 13 $m^3.s^{-1}.km^{-1,6}$ sur la Guyane, et de 9 à 30 $m^3.s^{-1}.km^{-1,6}$ sur la Guadeloupe, Martinique et La Réunion.

Quelques valeurs remarquables de débit de crue, qui excédent les plages mentionnées en termes de débit pseudo-spécifique, sont indiquées dans le tableau 3. Il s'agit de débits estimés au droit de stations hydrométriques, avec une forte extrapolation de la courbe de tarage, ou de débits reconstitués par analyse hydraulique. Notons qu'aucune valeur de débit de crue de taille inférieure à 100 km^2 ne figure dans les descriptifs d'événements remarquables de bassins méditerranéens. Il est clair que le seuil de 10 $m^3.s^{-1}.km^{-1,6}$ est souvent dépassé pour de tels bassins.

Impacts sur le territoire : un jeu d'échelles

Faire un bilan des impacts de l'ensemble des événements à l'échelle du territoire français n'est bien sûr pas possible. En revanche quelques chiffres-clés peuvent nous donner un ordre de grandeur des conséquences, tant en termes de pertes humaines que de dégâts matériels ; sachant encore une fois que ces données doivent être considérées avec circonspection, notamment pour les périodes antérieures à 1900. Tous les événements remarquables ne sont pas recensés et la comptabilité des pertes liées aux inondations reste aujourd'hui une question méthodologique non résolue par la recherche. Une autre façon d'aborder ce panorama est de travailler à partir de l'emprise spatiale des phénomènes qui, même si elle n'est pas corrélée avec le niveau de gravité, offre une première clé d'analyse.

Tableau 3. Valeurs remarquables de débit de crue

Région hydrologique	Cours d'eau	Lieu (département)	Date	Débit (m^3/s)	Superficie (km^2)	Précipitations
Océanique	Clignon	Épaux-Bézu (02)	6-9 juil. 2000	28	13	240 mm en 3 j
Océanique sud-ouest	Garonne	Toulouse (31)	24 juin 1875	8 000	9 989	190 mm en 6 j
Corse	Solenzara	Corse (20)	31 oct. au 1er nov. 1993	1 600	106	900 mm en 36 heures
Pyrénées	Nivelle	Saint-Pée-sur-Nivelle (64)	26 août 1983	658	138	172 mm en 20 h 30
Méditerranéenne	Réart	Mas Palegry (66)	26-27 sept. 1992	1 100	137	324 mm en 24 heures
Méditerranéenne	Tech	Amélie-les-Bains (66)	16- 20 oct. 1940	3 000	376	1 000 mm en 24 heures, 1 930 mm en 5 j
Cévennes et Causses	Ardèche	Vallon-Pont-d'Arc (07)	22 sept. 1890	7 550	2 023	971 mm en 5 j
Cévennes et Causses	Eyrieux	Confluence avec le Rhône (07 et 26)	10 sept. 1857	4 500	850	145 mm à Aubenas dans la nuit
Guadeloupe	Galion	Pont du Galion (971)	Ouragan Marilyn, 14-15 sept. 1995	196	10,5	552 mm en 2 j
La Réunion	Rivière Langevin	Passerelle (974)	Cyclone Firinga, 28 janv. 1989	900	55	1 227 mm en 24 heures
La Réunion	Rivière du Mât	Saint-Benoît (974)	Cyclone Hyacinthe, 18-27 janv. 1980	2 500	159	1 170 mm en 12 heures, 6 083 mm en 15 j

Impacts des inondations remarquables : quelques chiffres

Le travail d'enquête a identifié, sur les deux derniers siècles, sept événements ayant fait plus de 100 victimes (tab. 4). Sans surprise, il s'agit d'inondation à caractère violent, du fait de cyclones, de ruptures brutales de barrage ou poche glaciaire, de crues méditerranéennes. Ces événements sont relativement anciens, cela suggère que les progrès réalisés en matière de gestion de crise (prévision-alerte-évacuation) et de génie civil (habitations, barrages) ont, depuis, permis de réduire les conséquences de tels événements catastrophiques. Si on élargit l'analyse à l'ensemble des 176 inondations remarquables décrites dans cet ouvrage, on constate que les événements ayant provoqué le plus de victimes en nombre cumulé sont d'abord liés à des cyclones (1 350 morts, dont 1 200 lors du cyclone de 1928 à la Guadeloupe)

et à des crues méditerranéennes (1 135 morts), puis à des crues de type océanique (739 morts dont 500 lors de la crue de juin 1875 sur le bassin de la Garonne) et à des orages (223 morts dont 82 lors de la lave torrentielle du torrent de Goncelin en Isère, le 14 juin 1827). Les événements plus récents de septembre 1992 sur l'Ouvèze (41 morts), de novembre 1999 sur l'Aude (35 morts) et de la tempête Xynthia en février 2010 (53 morts), nous rappellent que la vigilance reste de mise vis-à-vis des phénomènes rapides de submersion, avec des effets de seuil à bien analyser lorsque les ouvrages de protection sont submergés.

Tableau 4. Inondations catastrophiques avec plus de 100 morts identifiés au cours de l'enquête

Événement catastrophique	Nombre de morts
Cyclone de septembre 1928 en Guadeloupe	1 200
Crue de juin 1875 sur le bassin de la Garonne	500
Rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959	423
Crue du Tarn et de la Garonne en mars 1930	210
Rupture d'une poche glaciaire à Saint-Gervais en juillet 1892	175
Cyclone de janvier 1948 à La Réunion	165
Lave torrentielle sur l'Orb et le Vernazobres en septembre 1875	125

Si l'on extrait les 28 épisodes les plus remarquables depuis 1875, à partir d'une grille de lecture combinant trois familles de critères liés à l'extension spatiale, l'intensité et la gravité de l'inondation (Boudou *et al.*, 2013), on note la forte prédominance du district Rhône-Méditerranée, puis celle des districts Adour-Garonne et Loire-Bretagne **(fig. Intro-5)**.

Les secteurs des DOM, de Rhône-Méditerranée et Corse, et d'Adour-Garonne sont les plus exposés à la mortalité par inondation (tab. 5), en lien avec la typologie des inondations (cyclones et crues méditerranéennes). Vient ensuite le district Loire-Bretagne, avec sur la partie amont des crues de type méditerranéen et sur la partie aval des inondations brutales par rupture de digue. Les districts Rhin-Meuse, Seine-Normandie et Artois-Picardie sont assez peu impactés, du fait de l'importance du régime océanique.

Quant au bilan financier global des événements recensés, il est à ce jour impossible, et cela pour plusieurs raisons. Tout d'abord, rappelons que même si elle est relativement fournie, la liste des événements identifiés ne constitue qu'une infime partie de la chronique réelle des phénomènes. Si l'on envisage, par exemple, de comparer les coûts d'une période à l'autre, d'une région à l'autre, il faudrait également pouvoir mieux prendre en compte les événements de moindre importance dont la répétition plus fréquente pourrait occasionner autant, sinon plus, de pertes qu'un événement majeur. Pour les raisons rappelées plus haut, la liste des inondations retenues n'est pas non plus statistiquement représentative de la chronique générale, tant à l'échelon local qu'à l'échelon régional. Des questions techniques se posent aussi, comme la prise en compte de l'évolution de la valeur réelle de la monnaie au long de la période.

Tableau 5. Répartition par district du nombre cumulé de morts par inondation identifiés au cours de l'enquête

District	Population (millions d'habitants)	Superficie (milliers de km²)	Nombre d'UP	Nombre d'événements remarquables	Nombre de morts
Adour-Garonne	7	118	7	35	844
Artois-Picardie	4,5	20	6	26	0
Loire-Bretagne	12	157	5	26	155
Rhin-Meuse	4	31	4	18	23
Rhône-Méditerranée et Corse	15	129	11	55	1 154
Seine-Normandie	20	90	6	30	19
DOM	2	90	5	23	1 466

Il est difficile également de savoir, à partir seulement d'un ou deux documents synthétiques, sur quelles bases les montants rapportés ont finalement été établis. Est-ce à partir d'une estimation des pertes ou à partir du coût de reconstruction ? Il faut savoir que cette dernière est rarement identique à l'état initial. De même, que comptabilise-t-on effectivement sous le terme de pertes ? Ou comment estime-t-on les erreurs liées aux doublons ? Tous registres confondus, la comptabilité historique des pertes dues aux inondations reste à ce jour un enjeu méthodologique important pour les périodes anciennes, sachant qu'elle n'est pas non plus sans difficultés pour les événements récents.

Ces réserves faites, on recense (tab. 6) huit événements depuis 1910 pour lesquels les estimations de dommage dépassent le milliard d'euros (valeur 2011). Ils sont tous assez récents, sauf la crue de la Seine en 1910 et la crue sur le Gard en 1958. Cela traduit assez bien l'augmentation importante des enjeux et de la vulnérabilité en zone inondable des dernières décennies. Les crues lentes comme les crues rapides sont susceptibles de générer des dommages très importants. Rappelons ici l'estimation faite sur le retour d'une crue type 1910, dans l'état actuel d'urbanisation du lit majeur de la Seine en région Île-de-France : les dommages sont évalués de 8 à 12 milliards d'euros, suivant la prise en compte ou pas de l'effet des lacs-réservoirs en amont, qui n'existaient pas en 1910 (Rizzoli, 1997).

Typologie des impacts suivant l'extension spatiale des inondations

D'une manière plus générale, aucune partie du territoire, DOM y compris, n'a été épargnée par le retour d'inondations remarquables au cours de la période. Zones de montagne, zones littorales, petites et grandes villes, bourgs de campagne, espaces agricoles, zones industrielles, grandes et petites infrastructures hydrauliques, réseaux secondaires ou réseaux principaux de communication, bâtiments privés, bâtiments publics : à un moment ou à un autre, toutes les catégories de biens et de services situées en zone inondable ont été affectées.

Tableau 6. Événements catastrophiques d'inondation avec plus de 1 milliard de dommages (valeur euro 2011), depuis 1910

Événement catastrophique	Dommages (milliard d'euros)
Crue de l'Aude en novembre 1999	3,5
Tempête Xynthia en février 2010	2,5
Crue de la Seine en janvier 1910	1,6
Crue des gardons et de la Cèze en septembre 2002	1,4
Crue des gardons et de la Cèze en septembre-octobre 1958	1,4
Crue du Rhône en décembre 2003	1,1
Crue de l'Argens et de la Nartuby en juin 2010	1,0
Crues en Bretagne de l'hiver 2000-2001	1,0

Pour dresser, non pas un panorama général de ces impacts – ce qui n'aurait pas beaucoup de sens, compte tenu des réserves faites précédemment –, mais plutôt une première typologie des événements et de leurs conséquences, nous nous sommes appuyés sur un classement des événements en fonction de leur emprise spatiale. Le premier niveau correspond à l'échelle locale : les espaces concernés couvrent quelques communes, entre une ou deux et jusqu'à une dizaine, selon les phénomènes. Le second niveau correspond aux événements dont la couverture et les impacts se font sentir à une échelle infra-régionale : le périmètre peut s'étendre à une ou plusieurs UP. Le troisième niveau s'entend pour les événements de niveau régional ayant affecté gravement la plus grande partie du district ou s'étant développé à une échelle comparable sur plusieurs districts limitrophes. Le quatrième et dernier niveau est une extension du niveau précédent à une échelle suprarégionale, voire nationale. Il s'agit d'épisodes ayant impacté fortement au moins trois ou quatre districts, avec d'éventuelles extensions en dehors du territoire national.

Des inondations localisées mais très destructrices

On retrouve dans cette première catégorie principalement des phénomènes générés par des épisodes orageux, mais pas uniquement. Tous les districts sont concernés avec des pertes matérielles souvent notables tant en ce qui concerne les infrastructures et bâtiments publics que les biens privés. Les pertes humaines sont courantes, de quelques individus, le plus souvent, à plusieurs dizaines de personnes lors des épisodes les plus dramatiques.

C'est le cas des crues torrentielles, particulièrement violentes et dévastatrices en zone de montagne. La base de données des services RTM (http://rtm-onf.ifn.fr/) en recense plus de 10 000 du VII^e^ siècle à nos jours, dont près de 150 avec des victimes. Seules quelques-unes ont été retenues dans la phase de synthèse de l'EPRI. L'événement d'octobre 1897 sur l'Ariège, par exemple, impacte très fortement toutes les infrastructures fluviales. La plupart des ponts, moulins et digues de la région de Pamiers sont emportés. À l'échelle du territoire français de tels débordements sont relativement fréquents, comme en juin 2007 à Cassagnes-Bégonhès dans le bassin du Tarn. En quelques minutes, les places de ce village se sont retrouvées sous d'importantes hauteurs d'eau emportant bus et véhicules.

Du fait de leur violence et de leur rapidité, ces épisodes localisés sont aussi parmi ceux qui ont causé le plus grand nombre de victimes. Pour ne citer que les plus marquants, on rappellera les épisodes dramatiques survenus en juillet 1987 au Grand-Bornand en Haute-Savoie (23 morts) et en septembre 1992 à Vaison-la-Romaine dans le Vaucluse (41 morts). D'autres jalonnent le dernier siècle et demi écoulé, comme l'épisode orageux de décembre 1888 sur les communes corses de Tavignano et Restonica, qui est à l'origine d'une douzaine de décès. En Loire-Bretagne, l'événement le plus dramatique survient en août 1837 à Saint-Étienne. Tout le centre-ville est alors submergé et, outre de très importants dégâts matériels, on dénombre une vingtaine de morts. Les régions plus au nord ne sont pas épargnées par de tels drames. Dans la région de Saint-Brieuc, l'orage de juillet 1973 génère une crue et des coulées boueuses qui provoquent deux décès. En juin 1997, près de Rouen, les écoulements boueux et les conditions météorologiques associées à l'orage tuent encore quatre personnes. Les deux événements localisés les plus meurtriers repérés au cours de la période ne sont toutefois pas d'origine météorologique. Il s'agit des événements catastrophiques cités plus haut, à savoir la rupture du barrage de Malpasset en décembre 1959 dans la vallée du Reyran, survenue pendant une importante crue de l'Argens qui fit 423 victimes dans la plaine de Fréjus, et la crue torrentielle consécutive à la débâcle glaciaire de Tête-Rousse en juillet 1892, qui provoqua la mort de 175 personnes sur la commune de Saint-Gervais en Haute-Savoie.

Une place particulière doit être faite aux cyclones. À plusieurs reprises dans le passé, ils sont à l'origine de pertes humaines et matérielles très élevées. En 1928 en Guadeloupe, la marée de tempête associée à la houle cyclonique fait plus de 1 200 morts et des dégâts matériels gigantesques. À La Réunion, le cyclone de janvier 1948 cause le décès de 165 personnes, la plupart emportées par le raz-de-marée ou les ravines en crue. En août 1996, des précipitations très localisées frappent l'île de Cayenne, avec le passage de l'ouragan Édouard, centré à 1 400 km au nord de la Guyane. Ici encore, plus d'une centaine de foyers et sept entreprises sont durement affectées.

Il existe des phénomènes localisés à caractère moins violent, mais dont les impacts matériels ont parfois été notables. Ce fut le cas par exemple en Alsace dans les vallées de la Zorn et de la Sauer suite à l'épisode de mai 1970, ou encore le long de la Moselle amont en octobre 2006. À cette occasion, les hauteurs d'eau ont dépassé le mètre dans les rues de Rambervillers. La ligne de chemin de fer de Nancy à Épinal a été interrompue et plusieurs entreprises se sont retrouvées au chômage technique.

Les événements infrarégionaux

Cette catégorie présente des événements d'ampleur moyenne géographiquement (échelle d'une ou plusieurs UP), mais aux conséquences matérielles cumulées souvent importantes, associées ou non à des pertes humaines. Toutes les catégories de territoire – urbains, ruraux – sont touchées. C'est le cas lors de l'épisode cévenol de septembre 1980 sur les hauts bassins de la Loire et de l'Allier (8 décès), à l'origine de dégradations matérielles conséquentes tant auprès des particuliers (54 MF) que des entreprises (222 MF). Plus au nord, l'épisode de janvier 1841 sur la Somme a d'abord affecté les espaces agricoles, puis, passant par-dessus les digues, les lieux habités entre Longpré et Abbeville. En Basse-Normandie, la brièveté de la montée

des eaux de l'Orne est, en décembre 1925 et janvier 1926, à l'origine d'importantes pertes chez les riverains et commerçants de Caen et de sa région. Avec les phénomènes généralisés de coulées de boue, on retrouve en Alsace, mais à une autre échelle, des configurations assez voisines de celles des phénomènes torrentiels ponctuels. C'est le cas par exemple lors des épisodes de mai-juin 2008 qui touchent l'ensemble des petits bassins versants alsaciens. La rapidité et la violence des écoulements entraînent des dégâts aussi bien à la voirie qu'aux équipements hydrauliques, sans compter les pertes infligées aux particuliers, notamment sur les véhicules automobiles. Quant aux crues de mai 1983 sur le Doubs, elles frappent à la fois le centre de Besançon et sa région. La préfecture est inondée, l'hôpital évacué et de nombreuses usines et entreprises sinistrées, tandis que sur la basse vallée la lente vidange des zones inondables porte fortement préjudice aux agriculteurs. Enfin, malgré leur spécificité, certains phénomènes de submersion marine peuvent être rangés dans cette catégorie. C'est le cas des événements de mars 1937 en Bretagne et Vendée qui, outre le décès d'une personne, occasionnent de nombreuses ruptures de digues à la mer.

Parmi les événements infrarégionaux, les crues cévenoles des piémonts ouest-méditerranéens constituent sans doute les épisodes les plus marquants, tant par leur violence que par l'ampleur des impacts. Des montagnes de l'Ardèche aux Pyrénées orientales, les épisodes remarquables sont relativement nombreux au cours de la période, même s'ils restent encore assez mal documentés. À chaque fois les pertes humaines sont importantes : 12 morts en septembre 1857, 125 en septembre 1875, une cinquantaine en septembre 1890, 50 lors du grand *aiguat* d'octobre 1940, 36 en septembre-octobre 1958, et 24 en septembre 2002. Et encore, cette comptabilité n'est pas exhaustive ! Sur le plan matériel, les crues extrêmes du XIX^e^ siècle ont durement impacté les aménagements issus de la première révolution industrielle qui dépendaient largement de l'énergie hydraulique (moulins, usines, filatures). Ce constat vaut aussi pour les réseaux de voies de communication et de drainage dont le développement avait accompagné celui des territoires depuis les années 1830. À chaque fois, ils ont été gravement touchés et leur rétablissement a nécessité d'importants investissements. Outre les infrastructures hydrauliques, souvent détruites ou sévèrement endommagées (digues, ponts, seuils), les débordements et ruissellements ont aussi durement affecté les zones habitées et les espaces agricoles, inondant maisons et commerces – parfois sous plusieurs mètres d'eau –, et ravageant champs et plantations d'arbres fruitiers. Selon les circonstances, ces épisodes ont pris un caractère urbain marqué, comme en octobre 1940 sur le Tech où près de 60 immeubles sont détruits à Arles-sur-Tech et Amélie-les-Bains, ou lors de l'inondation de Nîmes en octobre 1988, avec quelque 2 000 logements et 6 000 voitures sinistrés.

Les événements régionaux et suprarégionaux

Au sommet du classement apparaissent les phénomènes de grande ampleur qui touchent simultanément et de manière importante un ou plusieurs districts. Leur nombre est relativement restreint à l'échelle de la période couverte, entre deux et cinq par district en fonction des critères retenus.

Sur le district Adour-Garonne deux événements régionaux ressortent tout particulièrement : la crue de juin 1875 sur les bassins de la Garonne et de l'Adour, et celle de mars 1930 sur ceux du Tarn et de la Garonne. Le premier est à ce jour le phénomène

hydrométéorologique le plus meurtrier du territoire métropolitain, avec plus de 500 décès au total et des pertes matérielles colossales dans toutes les villes riveraines du fleuve, particulièrement à Toulouse (usines, commerces, maisons détruites). Le bilan est également catastrophique sur les hauts versants, où l'on dénombre 81 décès sur la commune de Verdun (Ariège). Outre les importants travaux de reconstruction (infrastructures, bâtiments), l'événement a donné lieu à une large mobilisation nationale tant sur le plan de la solidarité que des outils de prévention (développement des services d'annonce des crues). L'épisode de mars 1930 sur le Tarn est tout aussi exceptionnel : 210 victimes dont 120 dans la seule ville de Moissac. Plus de 3 000 maisons sont détruites et des centaines d'usines endommagées. La venue du président Gaston Doumergue consacrera l'événement à l'échelon national. Sur le bassin Loire-Bretagne ce niveau de destruction se retrouve, en gravité comme en étendue, avec les deux épisodes d'octobre 1846 et d'octobre 1866. Dans les bilans, les impacts aux infrastructures – digues (brèches, ruptures des levées), ponts, routes, voies ferrées – ressortent en premier lieu, suivis par les impacts aux habitations. Les sites touchés se chiffrent par centaines, les territoires inondés en milliers d'hectares, avec un lourd tribut payé à la fois par les espaces urbains et les territoires agricoles. Sur le district Rhin-Meuse, l'épisode de décembre 1947-janvier 1948 atteint des niveaux de dégradation comparables (ouvrages hydrauliques, voies ferrées, routes), alors que le nombre de décès reste limité, cinq au total. Là aussi, les villes sont fortement impactées, comme à Nancy où l'on compte près de 18 000 sinistrés et 2 000 immeubles endommagés. C'est le cas également sur le bassin du Rhône lors de l'inondation de novembre 1840. Toutes les villes du val de Saône et de la vallée du Rhône sont sévèrement touchées. À Lyon même, plusieurs ponts sont détruits, des centaines de maisons et immeubles s'effondrent, et toutes les infrastructures urbaines sont durement affectées. Cette mise en danger des villes, qui peut aller jusqu'à la destruction physique, est l'un des traits caractéristiques des phénomènes de très grande ampleur.

Les événements suprarégionaux intègrent les critères précédents en les étendant encore dans l'espace mais aussi en les combinant de manière différenciée selon la nature des territoires et des phénomènes naturels. Ces aspects demanderaient bien sûr à être précisés. Plusieurs épisodes entrent dans cette dernière catégorie. L'un des plus remarquables, tous registres confondus, est sans conteste celui survenu fin mai-début juin 1856 sur les bassins du Rhône et de la Loire, et de manière plus atténuée sur ceux de la Seine et de la Garonne. Les niveaux de destruction sont comparables voire supérieurs aux événements régionaux évoqués ci-dessus, mais concernent un très vaste territoire couvrant au moins la moitié de l'espace métropolitain. Infrastructures, zones d'activités, territoires agricoles sont très gravement impactés. Plusieurs milliers de sites sont concernés à des degrés divers, et surtout plusieurs dizaines de villes le long du Rhône (Lyon une nouvelle fois très gravement), le long de la Loire, et un certain nombre d'autres sur différents sous-bassins. L'événement donnera lieu à une mobilisation sans précédent des autorités : secours, premier retour d'expérience à l'échelle nationale ; travaux de défense au passage des villes ; première loi générale pour la lutte contre les inondations en mai 1858.

L'événement de janvier 1910, dont on connaît surtout l'épisode exceptionnel à Paris, a en fait touché l'ensemble du bassin de la Seine et, avec la même intensité, le nord du

bassin du Rhône ainsi que le bassin Rhin-Meuse. C'est l'une des crues référence sur le Doubs à Besançon et à Dole. Les pertes sont une nouvelle fois considérables tant chez les particuliers, les commerçants et les industriels que sur les infrastructures. L'impact aux entreprises constitue un des traits communs avec Paris. Fortement marquées par la première révolution industrielle qui avait contribué et contribuait encore à leur prospérité, ces cités ont été touchées au cœur, comme par défi aux forces du progrès.

D'autres cas pourraient venir compléter ces épisodes régionaux ou suprarégionaux : février 1784 et ses débâcles de glace sur la partie nord de la France ; les conséquences hydrauliques des tempêtes et submersion marines de février 1990, de décembre 1999 (tempêtes Lothar et Martin) et de février 2010 (Xynthia) ; la succession de crues océaniques pendant l'hiver 1993-1994 et de février à avril 2001.

Vers une mémoire collective partagée des inondations ?

Le travail sur les inondations du passé engagé dans le cadre de l'EPRI 2011 a montré qu'il était possible, avec des moyens et un temps limités, de constituer un premier corpus d'événements référence à l'échelle du territoire national. Il a par ailleurs mis en lumière les limites de la démarche. La description des épisodes retenus reste en effet très partielle, tant en ce qui concerne l'aléa que les impacts. La comparaison entre événements est délicate et la question de la description de l'aléa référence reste posée. En outre, beaucoup de données sont entachées d'incertitude par manque d'informations complémentaires. Or, ces informations existent en nombre pour la période contemporaine et généralement pour le dernier siècle. En revanche, elles sont disséminées sur de multiples sites et pas ou peu référencées. De la même manière, la question de la prise en compte rapide des nouveaux événements reste d'actualité.

Se pose également la question de la connaissance des inondations plus anciennes. Nous savons que l'augmentation importante du montant annuel des dommages liés aux inondations au cours des trente dernières années est à mettre en relation avec l'accroissement des enjeux exposés qui a aggravé le risque. Le retour d'événements suprarégionaux comme la crue de 1856 ou de 1910 aurait aujourd'hui des conséquences dramatiques. Il est essentiel de pouvoir « rejouer » ce type d'événement ancien dans le contexte actuel, pour à la fois en mesurer les impacts potentiels et prendre les dispositions nécessaires. La connaissance des inondations remarquables antérieures au XX^{e} siècle est donc essentielle. Pour cela, comme pour les données plus récentes, un travail de collecte spécifique doit être engagé à plus long terme dans les différents fonds d'archives et bibliothèques.

Quelles que soient les sources d'information et la manière dont on va les rassembler, la question de leur maîtrise quantitative et qualitative, de leur agrégation aussi, est un enjeu réel. D'autres questions apparaissent également importantes, comme celle de la traçabilité des données, de leur représentation spatiale ou encore de la prise en compte de sources documentaires non écrites, par exemple les enregistrements audio ou vidéo. Sur un autre plan, la collection des données relatives à la description des phénomènes naturels et de leurs impacts devrait être complétée par une histoire de l'aménagement et de l'évolution des enjeux sur les territoires concernés. On ne peut comprendre et tirer les leçons de l'un, sans comprendre l'autre.

Dans ce contexte, et parallèlement à la mise en œuvre de la directive Inondation, le ministère de l'Écologie a décidé de créer une base de données historiques nationale sur les inondations (BDHI) adossée à une démarche de collecte élargie de l'information. Elle concerne à la fois les inondations passées, des plus récentes aux plus anciennes, et les événements à venir. L'objectif étant de constituer à terme une mémoire référence à l'échelle du pays, un espace à la fois de capitalisation, de validation et de diffusion de l'information sur les inondations.

L'ambition d'un tel projet ne peut néanmoins se réduire à la seule mise au point d'un outil, aussi performant soit-il sur le plan technique. C'est la raison pour laquelle il s'accompagne d'une démarche qui vise à rapprocher, à l'échelon régional comme à l'échelon local, un large éventail de partenaires sur la thématique de la mémoire et de l'histoire des inondations.

La BDHI : un outil pour capitaliser et diffuser les informations sur les inondations

La DGPR a confié à Irstea la maîtrise d'œuvre de la base de données historiques nationale sur les inondations (BDHI) et de la démarche qui l'accompagne en lien avec des informaticiens du laboratoire d'informatique de Grenoble (LIG/Steamer) et un historien (Acthys-Diffusion). Le modèle de données de la base a été construit autour de deux objets de référence principaux (fig. Intro-6) :

– la fiche *Document*, qui contient des informations sur une ou plusieurs inondations, et dont la version numérique du document source peut être téléchargée. Des métadonnées permettent d'accéder rapidement à la fiche *Document* via une requête sur l'auteur, le titre, la date, certaines caractéristiques techniques des contenus ou la nature du document lui-même. Les informations sur les inondations sont renseignées ici à un niveau global (nombre d'inondations, période couverte, zone géographique). Elles le sont ensuite de manière spécifique dans une série de notes *Inondation*. Chacune de ces notes détaille les informations disponibles sur l'inondation, organisées en rubriques : localisation géographique (via un découpage hydrographique ou administratif), date et durée, type d'inondation, aléa (météorologie, hydrologie, submersion marine, périmètre inondé), impacts (santé, environnement, patrimoine culturel, économie et infrastructures). On réalise autant de notes *Inondation* qu'il y a d'événements décrits dans le document ;

– la fiche *Synthèse inondation,* qui regroupe dans un seul texte l'ensemble des informations disponibles sur une inondation pour un secteur géographique donné. Elle est établie à partir des différentes notes *Inondation* disponibles dans la base, issues de différentes sources documentaires. Une interface de recherche multicritère permet à l'opérateur de sélectionner rapidement les notes *Inondation* pertinentes pour décrire l'événement cible pour lequel il souhaite établir une synthèse. Celle-ci est alors obtenue par croisement et recoupement des différentes sources, avec des facilités lui permettant de concaténer champ par champ les informations des différentes fiches sélectionnées.

L'intérêt est de pouvoir regrouper à terme dans une même base l'ensemble des sources documentaires relatives à la description des inondations, alors qu'aujourd'hui celles-ci sont éclatées dans de multiples lieux de conservation. La BDHI permet en outre

d'accéder à des synthèses traitant à la fois les aspects hydrométéorologiques et les conséquences des inondations pour la société. À tout moment, la base peut être enrichie à partir de nouvelles données factuelles avec un système de mises à jour croisant les informations disponibles. La notion d'échelle spatiale est incontournable pour appréhender les inondations à différents niveaux (local, régional, suprarégional et national), que ce soit dans le recoupement des informations issues de différentes sources ou dans la phase de synthèse pour agréger les descripteurs de l'aléa et des conséquences de l'inondation. Un travail est en cours pour définir puis réaliser des fonctionnalités avancées de requêtage spatio-temporel et de représentation géographique.

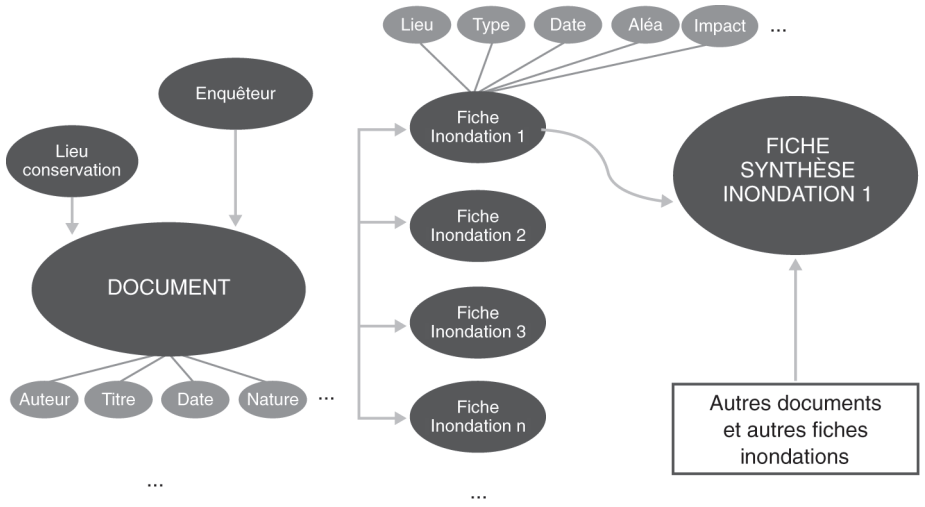


Figure Intro-6. Schéma de données simplifié de la base BDHI

La base a été mise en ligne fin 2014 : http://bdhi.fr. Elle contient une partie des données collectées pendant l'EPRI 2011, qui sont progressivement en voie d'intégration. L'alimentation de la base en nouvelles inondations est pour l'instant limitée aux services de l'État en charge de la prévention du risque d'inondation. À terme, elle sera élargie à l'ensemble des acteurs susceptibles de disposer d'informations sur les inondations dans le cadre d'une démarche partenariale à construire.

Une démarche partenariale ouverte au public

Le travail d'enquête réalisé auprès des services de l'État dans le cadre de l'EPRI et sur quelques territoires pilotes entre 2011 et 2013 a montré qu'un grand nombre d'informations existaient déjà sous une forme plus ou moins structurée, rassemblées à diverses occasions (travaux universitaires, études techniques et documents réglementaires type PPRI, expositions, travaux d'érudits, bases de données locales, etc.). Un certain nombre d'acteurs détiennent ainsi, à la fois des informations et une compétence au regard de la thématique.

La BDHI offre la possibilité technique d'agréger et de mettre en cohérence ces informations. Elle peut constituer une interface entre les différentes initiatives locales et

régionales. L'un des objectifs des années à venir est d'inscrire durablement la démarche de capitalisation au niveau de chaque district hydrographique. Elle va suivre pour cela le calendrier de la directive Inondation, qui prévoit d'ici fin 2015 l'établissement de plans de gestion du risque inondation (PGRI), déclinés en « stratégies locales » au niveau de chaque TRI. La réalisation de collectes élargies des données historiques et la mise en place de dispositifs de retour d'expérience pour les nouveaux événements devraient être intégrées aux futurs programmes locaux de prévention.

Concrètement, cela devrait se traduire sur chaque district par la mise en place de partenariats spécifiques entre les services de l'État en charge de la politique de prévention des inondations (DDT, SPC, RTM, SDIS), les acteurs territoriaux (EPTB, communautés de communes, syndicats de rivières), les sociétés savantes et les érudits locaux, les archives départementales. Parmi les acteurs socioculturels, ces deux derniers apparaissent particulièrement bien placés pour contribuer à l'enracinement territorial de la BDHI. À terme, un dispositif local de validation des informations pourrait être constitué avec un groupe chargé de suivre les travaux réalisés à l'échelon adapté (départemental, régional ou du bassin versant) et d'organiser la validation des données entrées dans la base.

En même temps, la BDHI a également vocation à être ouverte à un large public, via le portail Géorisques du ministère de l'Écologie. On peut aussi imaginer inscrire l'accès de la BDHI à l'intérieur de sites Internet locaux plus largement dédiés au volet histoire et mémoire des inondations d'un bassin, ce qui permettrait à la fois de mieux valoriser la démarche de capitalisation et d'offrir une interface d'échange et de communication plus conviviale entre les multiples partenaires du projet. À terme, l'idée est aussi de permettre à tous ceux qui le souhaitent de contribuer à l'enrichissement de la BDHI. On l'imagine naturellement pour les nouveaux événements (collecte de photos, vidéos, etc.), mais cela vaut aussi pour les plus anciens. Des dispositifs de contrôle et de validation de l'information devront bien entendu accompagner la démarche. L'accès direct à une information régulièrement mise à jour et complétée, associé à la diffusion de monographies événementielles, contribuera, nous l'espérons, au développement d'une culture des inondations et de l'aménagement du territoire.

Puisse cet ouvrage contribuer à la conforter.

Avertissement au lecteur : l'ouvrage comporte des illustrations en noir et blanc placées au milieu du texte et des illustrations en couleur regroupées dans deux cahiers hors texte. Le premier de ces cahiers rassemble toutes les cartes de situation, le second, toutes les autres figures. Le renvoi à toutes les figures en couleur est signalé entre parenthèses en caractères gras ; par exemple, p. 47 : **(fig. 1-7)**.

Références

Amoros C. et Petts G.-E., 1993. *Hydrosystèmes fluviaux,* éditions Masson, Paris, 300 p.

Boudou M., Cœur D., Lang M., Vinet F, 2013. Grille de lecture pour la caractérisation d'événements remarquables d'inondation en France : exemple d'application pour la crue de mars 1930. *In: Dynamiques environnementales, politiques publiques et pratiques locales : quelles interactions ?, 4-7 juin, Toulouse.*

Champion M., 1858-1864. *Les inondations en France du VI^e siècle à nos jours…,* vol. 1 à 6., V. Dalmont & Dunod, Paris, (réédition Cemagref, 2000).

Cipriani T., Toilliez T., Sauquet E., 2012. Estimation régionale des débits décennaux et durées caractéristiques de crue en France. *La Houille Blanche, 4 et* 5, 5-13.

Giuntoli I., Renard B., Lang M., 2012. Floods in France. *In: Changes in Flood risk in Europe*, (Z. Kundzewicz, ed.), IAHS Special Publication 10*,* Wallingford, 199-211.

Giec, 2013 : résumé à l'intention des décideurs. *Changements climatiques 2013. Les éléments scientifiques.* Contribution du Groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. (Stocker T.-F. *et al.*, eds.), Cambridge University Press, Cambridge et New York, 34p.

Navratil O., Albert M.-B, Hérouin E., Grésillon J.-M, 2006. Determination of bankfull discharge magnitude and frequency : comparison of methods on 16 gravel-bed river reaches. *Earth Surf. Process. Landforms,* 31(11), 1345-1363.

Rizzoli J.-L., 1997. Le risque de crue en région parisienne : démarche et projets de l'Institution. *La Houille Blanche*, 8, 71-76.

Soubeyroux J.-M., Fantin R., Veysseire J.-M., Borchi F., Garavaglia F., Arnaud P., 2012. Comparaison des méthodes locales d'estimation des pluies extrêmes en France en contexte de changement climatique*. In : Actes du 25^e colloque de l'AIC - Les climats régionaux : observation et modélisation*, 5-8 septembre 2012, Grenoble, [en ligne], 715-720, http://www.climato.be/aic/colloques/actes/grenoble2012_actes.pdf (consulté le 18 août 2014).

Wasson J.-G., Chandesris A., Pella H. & Blanc L., 2002. Typology and reference conditions for surface water bodies in France: the Hydro-EcoRegion approach. *Tema Nord,* 566, 37-41.

1
District Adour-Garonne

Inondation de 1963 sur le bassin de la Garonne.
Source : Ville de Toulouse, Archives municipales, cote 53Fi, photographie André Cros

Caroline Merle
Émilie Bignon
Raphaël Blanchard
Antoine Bard

Les inondations à l'échelle du district Adour-Garonne

Géographie

Le district Adour-Garonne **(fig. 1-1)** couvre une superficie de 118 000 km². Avec 120 000 km de cours d'eau, permanents ou non, d'une longueur supérieure à 1 km, la densité est proche de 1 km de cours d'eau par km² de surface. Dans le cadre de l'évaluation préliminaire des risques d'inondation, ce district a été subdivisé en sept unités de présentation (UP) :
– « bassin de l'Adour » (17 000 km²) ;
– « bassin de la Charente » (10 000 km²) ;
– « bassin de la Dordogne » (24 000 km²) ;
– « bassin de la Garonne » (57 000 km²) (Lot et Tarn compris) ;
– « littoral atlantique » (côtiers sud-ouest) (10 500 km²) ;
– « bassin du Lot » (11 500 km²) ;
– « bassin du Tarn » (16 000 km²).

Description des enjeux

Un dixième de la population nationale (7 000 000 habitants) occupe le district alors qu'il s'étend sur un cinquième du territoire métropolitain (115 000 km²). On recense deux grandes métropoles de plus de 700 000 habitants, Toulouse et Bordeaux, trois agglomérations de plus de 100 000 habitants, Pau, Bayonne et Angoulême, ainsi que trente autres villes de plus de 20 000 habitants. Une grande partie de la population se regroupe dans un maillage dispersé mais régulier d'agglomérations de taille plus réduite, le reste (30 %) vit en habitat épars.

Les populations se sont installées dans les plaines inondables et l'accroissement de l'urbanisation dans les trente dernières années n'a fait que renforcer le phénomène. Les enjeux à signaler sont de trois types :
– des enjeux particulièrement exposés dans les zones de crue les plus fréquentes – les enjeux liés à la sécurité des personnes y sont plutôt ponctuels – ;
– des enjeux dans les lits majeurs des cours d'eau soumis à des crues rapides. La difficulté, dans ce cas, est la rapidité de déclenchement de l'alerte, la fiabilité de la prévision des crues et le temps de réaction des secours à mettre en place pour des secteurs habités qui vont rapidement se retrouver noyés ou isolés. Tous les bassins amont de la Garonne, du Tarn, du Lot, de l'Adour et de la Dordogne sont concernés ;
– des enjeux dans les plaines inondables plus vastes. La difficulté réside alors dans l'importance des enjeux quand il s'agit d'agglomérations comme Toulouse, Montauban, Bordeaux, Agen ou Angoulême, ou dans des zones fortement touristiques proches du littoral.

Topographie et occupation du sol

Le district Adour-Garonne se présente comme une grande cuvette formée par le Bassin aquitain, lui-même drainé par de grandes vallées fluviales : l'Adour, la Garonne, le Tarn, le Lot, la Dordogne et la Charente. Cet ensemble est bordé par deux chaînes montagneuses : les Pyrénées et le Massif central, dotées d'un réseau dense de cours d'eau. Le régime des écoulements est contrasté, avec des crues et des inondations

parfois importantes et violentes, et des étiages estivaux ou de début d'automne régulièrement marqués. Dans la partie centrale du bassin, une pluviométrie limitée avec des températures élevées en été entraîne un fort déficit hydrique naturel pour les cultures et pour l'alimentation des rivières et des nappes.

Un parc important d'aménagements hydrauliques variés joue un rôle notable dans la ressource en eau du bassin et sa gestion : barrages-réservoirs, petites retenues collinaires, canaux, etc. Tous les usages de l'eau sont concernés. Le district est par ailleurs riche en eaux souterraines : nappes alluviales, sources karstiques et nappes captives profondes. Ces deux dernières sont majoritairement utilisées pour la production d'eau potable. Le district Adour-Garonne a une vocation agricole affirmée (cultures et élevages), caractérisée par une forte demande en eau pour les besoins de l'irrigation, qui représente 40 % des surfaces irriguées françaises pour 13 % de la surface agricole utile du bassin. Cette agriculture est à la base d'une industrie agroalimentaire diversifiée et de qualité. Le territoire d'Adour-Garonne est peu industrialisé. Le tissu industriel traditionnel (chimie lourde, industrie du cuir, du textile et du papier, métallurgie…), bien que par endroits en déclin, voisine avec des industries de pointe comme l'électronique et l'aéronautique. On notera également l'importance de la production hydroénergétique dans le Massif central et les Pyrénées, équivalente à celle de six tranches nucléaires. Les richesses piscicoles du district font l'objet d'une forte valorisation par la pêche professionnelle en eau douce et en zone maritime, ainsi que par les nombreux pêcheurs de loisir. Le littoral atlantique abrite de nombreuses exploitations conchylicoles (bassins de Marennes-Oléron et d'Arcachon) qui représentent 40 % de la production française de coquillages. La variété des paysages du district et de son patrimoine aquatique, ainsi que sa frange océanique et le thermalisme (premier bassin français) attirent plus de trois millions de touristes et estivants par an. Cette activité touristique est une composante forte du développement économique local, notamment par le biais des loisirs liés à l'eau tant sur les lacs, les rivières et les canaux, que sur le littoral : sports nautiques, tourisme fluvial, écotourisme, etc.

Typologie des inondations

Les inondations du district Adour-Garonne sont avant tout le fait des débordements de cours d'eau. Les événements peuvent être à dynamique lente dans les plaines, principalement en Charente avec influence des surcotes marines, mais aussi rapide (torrentielle), voire éclair, dans les zones montagneuses à fort relief et sous influence méditerranéenne.

Typologie hydroclimatique

D'un point de vue hydroclimatique on regroupe les phénomènes en trois types principaux.

Les crues océaniques pyrénéennes

Maurice Pardé les décrit comme les plus considérables et les plus originales du bassin. Ce sont principalement des crues de printemps (entre mai et juillet), mais elles peuvent se produire en toute saison. Elles sont provoquées par des averses amenées par des vents du nord et du nord-ouest lors de dépressions océaniques (averses de

front froid, intenses et suffisamment prolongées). Ces dernières atteignent leur paroxysme sur les pentes de la montagne Noire (Tarn, Haute-Garonne, Hérault, Aude) et sur les versants français des Pyrénées.

Ce type de crue s'observe sur les rivières pyrénéennes et, selon l'extension du phénomène, sur le Grand Hers et les rivières de Lannemezan. Le Tarn, sous l'influence de l'Agout, en subit également les effets. Ainsi, les crues de la Garonne atteignent souvent leur plein développement entre la confluence du Tarn et la mer. La ville d'Agen est la première exposée à ces phénomènes. On citera pour exemple, tant par leur emprise territoriale que par leur intensité et l'importance des dommages associés, les inondations de juin 1875, mars 1935, février 1952, juillet 1977 et juin 2000.

Les crues océaniques classiques
Le district Adour-Garonne subit également des crues de type océanique classique. Apportées par les vents d'ouest à sud-ouest, les précipitations ont une très grande ampleur et nourrissent l'ensemble du chevelu fluvial régional. On soulignera le rôle essentiel joué par les affluents descendant du Massif central. Événements hivernaux et parfois de printemps, les crues qui en découlent affectent à la fois les bassins de l'Adour, de la Dordogne, de la Charente, du Tarn et du Lot. On les retrouve naturellement sur la partie aval du bassin de la Garonne, après la confluence du Tarn. Mais elles prennent réellement de l'ampleur avec les apports du Lot. Les villes de Tonneins, Marmande, La Réole, Barsac craignent particulièrement ces crues. Parmi les événements passés les plus remarquables on citera ceux de mars 1783, mars 1927, décembre 1981 ou encore mai 2007.

Les crues méditerranéennes
Elles affectent avant tout la partie orientale du district Adour-Garonne, à savoir les bassins du Tarn, de l'Aveyron, du Lot et parfois de l'Ariège. De type cévenol, ces précipitations orageuses d'origine méditerranéenne ont lieu de préférence en automne. Elles peuvent être également de type languedocien avec des crues d'hiver et d'automne caractérisées par de forts apports du Tarn en aval des Causses. Le type cévenol-languedocien est marqué par une extension plus importante du régime d'averse. Les montées des niveaux d'eau sont rapides, qualifiées parfois d'éclair, associées à des décrues tout aussi brusques.

En général, ces phénomènes provoquent des dommages très importants. Leur soudaineté est une des raisons pour lesquelles ils sont si meurtriers, la prévision et l'alerte restant difficiles. Le district Adour-Garonne a connu nombre d'événements de ce type : 1763, mars 1930, octobre 1960, septembre 1993, novembre 1999 et décembre 2003. La crue de mars 1930 a établi une hauteur inégalée en Europe : 22 mètres au-dessus de l'étiage sur le Tarn au pont de Saint-Sulpice.

Autres types d'inondation

Quatre autres types d'inondation sont également à considérer.

Les inondations torrentielles
Les crues torrentielles ou crues « éclair » ont un temps de montée très court, quelques heures à peine. Elles se produisent sur de petits bassins versants à l'occa-

sion d'orages localisés, là où la pente et l'imperméabilisation favorisent le ruissellement. Elles sont dangereuses, à la fois par leur soudaineté et par la vitesse du courant et des matériaux charriés. De petits ruisseaux peuvent se transformer en torrents puissants dévastant tout sur leur passage. Ces phénomènes concernent avant tout les secteurs montagneux du district Adour-Garonne : la Garonne pyrénéenne ; les Nestes et les cours d'eau du Lannemezan ; les Boraldes et le Célé, sur le Lot amont ; les gaves, les coteaux molassiques, les coteaux basques, l'Ossau, sur l'Adour amont ; le Tarn amont ; la Loue, le Couchou, l'Isle et la Corrèze, sur la Dordogne.

Les inondations par ruissellement

Elles se produisent en milieu urbain ou rural dans un contexte de saturation hydrique des sols. Ce fut le cas par exemple sur le Tarn amont en mars 1930, sur la Dordogne en juin 2007 (sous-bassin de la Loue) ou en mai 2008 (amont du bassin de l'Isle).

Les inondations par submersion marine

Une série d'influences maritimes peut provoquer l'inondation des zones littorales : surcote marine, action des vagues, rupture de défenses contre la mer. Elles sont généralement associées à des tempêtes (basses pressions atmosphériques), dans un régime océanique, avec des facteurs aggravants liés à la conjonction de surcotes marines, de fortes marées et d'éventuelles crues fluviales associées.

Les inondations par remontée de nappe

Les phénomènes de remontée de nappe sont exceptionnels sur le district Adour-Garonne. Ils surviennent lorsque les sols sont saturés d'eau. La nappe affleure et inonde spontanément. Cela peut perdurer plusieurs jours ou plusieurs semaines. Très peu d'événements de ce type ont été recensés. On relève : Château-Bernard en Charente en novembre 2000 et en août et septembre 2001 ; Saint-Aubin-de-Médoc en Gironde en janvier, avril et octobre 2001 ; Anglet, dans les Pyrénées-Atlantiques, en février et août 2009. Par manque de documentation, ces phénomènes n'ont pas fait l'objet de descriptions détaillées.

Inondations remarquables

Au total, 35 inondations ont été retenues à l'échelle du district Adour-Garonne **(fig. 1-2)**. Le tableau 1-1 liste les secteurs sur lesquels ont porté les descriptions.

Six événements sont décrits à l'échelle du district et illustrent chacun des six principaux types de phénomènes. Ils ont affecté le district Adour-Garonne avec des intensités et des localisations spatio-temporelles très variées. Certains ont aussi eu des conséquences sur les politiques de gestion et de prévention. Les crues de juin 1875 et mars 1930 ont touché une grande partie du district et ont été à l'origine, chacune, de plusieurs centaines de morts. Les hauteurs d'eau atteintes à l'époque constituent toujours la référence pour de nombreux sites urbains. Beaucoup plus restreinte géographiquement, mais à l'origine de très importants dégâts, la crue de 1897 a impulsé une meilleure prise en compte des risques torrentiels dans l'aménagement du territoire.

Tableau 1-1. Inondations remarquables retenues pour le district Adour-Garonne

Inondation	District	Adour	Charente	Dordogne	Garonne	Littoral-Atlantique	Lot	Tarn
juin 1875	●	●			●			
12 et 13 septembre 1875							●	●
11 juin 1885		●						
3 octobre 1897	●							
28 et 29 septembre 1900								●
14 décembre 1906							●	
9 janvier 1924						●		
mars 1927	●						●	
3 au 5 mars 1930	●				●			●
21 juin 1932		●						
27 et 28 octobre 1937		●						
5 au 8 décembre 1944				●				
1er au 5 février 1952		●			●			
3 au 5 octobre 1960				●				
mars-avril 1962			●					
1er au 6 août 1963						●		
6 au 8 juillet 1977					●			
13-14 et 16 décembre 1981		●						●
décembre 1982			●					
26 août 1983						●		
5 au 7 octobre 1992		●						
21 et 22 septembre 1993				●				
5 novembre 1994							●	
décembre 1993 – janvier 1994			●					
7 et 8 décembre 1996								●
25 août 1997		●						
12 et 13 novembre 1999								●
Lothar/Martin décembre 1999			●		●	●		
10 au 16 juin 2000					●			
4-5 et 5-6 juillet 2001				●	●			
3 et 4 décembre 2003							●	●
25 mai 2007		●						
6 juin 2007								●
25 et 26 mai 2008	●			●				
Xynthia- 27 et 28 février 2010	●		●			●		

N.B. Ce tableau ne rend pas compte de l'emprise géographique réelle des événements

Crue de la Garonne et de ses affluents de juin 1875

La crue de juin 1875, bien qu'ancienne, reste un des événements les plus marquants du district. Elle est en beaucoup d'endroits à l'origine des plus hautes eaux connues à ce jour. La Garonne atteint 8,32 m à Toulouse au pont Neuf, 11,39 m à Marmande, avec des débits importants (350 m^3/s à Tarbes). Elle se caractérise également par son emprise spatiale. Outre la Garonne elle-même, nombre de ses affluents connaissent une crue remarquable (Adour, Lot, Tarn…). Les dommages sont énormes. À Toulouse (fig. 1-3), on déplore plus de 200 décès et la destruction de plus d'un millier de maisons.

L'événement a déclenché à l'époque une prise de conscience générale. Il a favorisé la mise en place, à l'échelle régionale et nationale, de nouveaux dispositifs de surveillance des cours d'eau (annonce des crues) et constitue aujourd'hui encore la référence dans de nombreux plans de prévention du risque inondation.

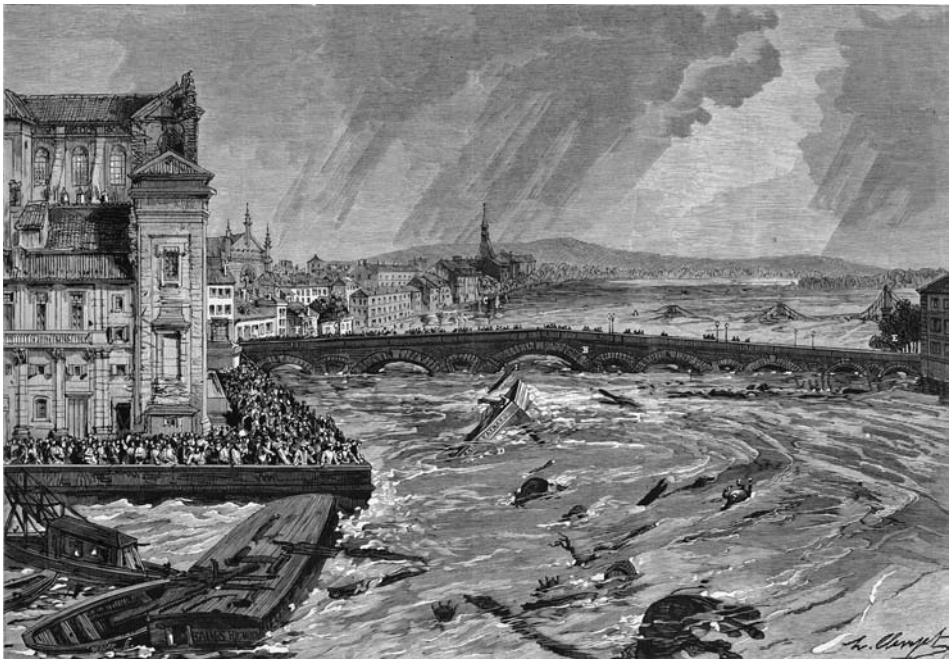


Figure 1-3. Inondation du 23 juin 1875 à Toulouse. Source : Ville de Toulouse, archives municipales, cote 45 Fi778

Crue torrentielle du 3 octobre 1897 en Ariège

Les origines méditerranéennes de la crue d'octobre 1897 sont indéniables, notamment en raison de la violence et de l'emprise du phénomène. Les inondations s'étendent des hauts bassins ariégeois à la plaine de Pamiers.

Sur les versants, les processus d'érosion torrentielle déclenchés par l'événement de juin 1875 sont réactivés (cf. UP « bassin de la Garonne »). Les dommages sont très importants à Verdun, Siguer, et à un degré moindre à Mérens.

À Mérens, le ruisseau de Saint-Touret, alimenté en matériaux par la combe de Crabère, dévaste ses rives et celles du Nabre dans lequel il se jette en amont du village. Suite à cet événement, la commune engagera avec l'administration forestière la construction des premiers ouvrages de protection sur le Saint-Touret.

À Verdun (Ariège), le torrent des Moulines connaît une réplique comparable à l'événement de 1875. Le *rec* (ravin) de Gascou est plus particulièrement actif. Il érode fortement ses berges et forme une lave torrentielle. Par chance, il n'y a aucune victime.

La vallée de Siguer n'est pas épargnée. Un éboulement sur le haut versant au niveau du ravin de la Pourrenque est à l'origine d'une première lave torrentielle vers 11 heures. À 14 heures, une seconde se forme, nourrie par deux nouveaux éboulements, un peu en aval du premier, et par un troisième dans le ravin de Boulimborde. La coulée débouche sur le cône de Canarilles, atteint Siguer et se dilue finalement dans le Vicdessos. Sur son passage, elle détruit cinq granges, dévaste quatre maisons à Canarilles et quatre autres à Siguer. 12 hectares de terrain sont recouverts par quelque 200 000 mètres cubes d'alluvions et de blocs.

Plus en aval, les ponts de Sinsat et Ussat sont détruits ainsi que le moulin de Larcat, les digues des moulins d'Albiès et du pont Neuf à Pamiers. Plusieurs quartiers de la cité sont submergés et les importants ouvrages de défense édifiés après la crue de 1875 détruits.

La catastrophe de 1897 est à l'origine de diverses mesures de protection. Les communes de Verdun, Aston, Arnave et Mongaillard sollicitent des subventions pour la défense des habitations, et celles de Villeneuve-du-Paréage, Montaud et Le Vernet pour la restauration des berges.

Crue du Tarn et du Lot de mars 1927

La crue de mars 1927 est une crue océanique classique. Elle impacte avant tout les territoires situés en aval des confluences du Tarn et du Lot. L'absence de perturbations importantes sur les Pyrénées explique l'apport modéré des rivières du Lannemezan et de la haute Garonne. Ce qui n'est pas le cas pour les grands affluents centraux de la rive droite.

Les hauteurs atteintes par les eaux sont remarquables en plusieurs endroits. L'Agout s'élève fortement (2,90 m à Castres) tandis qu'à Saint-Sulpice, le Tarn atteint la cote 9,35 m. C'est sur le Lot que les élévations sont les plus importantes. Les maxima de 1875 ont été approchés sans être toutefois franchis. On relève 7,10 m à Capdenac (Lot), 7,90 m à Cahors (Lot), 12,6 m à Villeneuve-sur-Lot, 7,10 m à Montauban (Tarn), 7,52 m à Moissac (Tarn), 10,90 m à Marmande (Garonne, 11,39 m en 1875) et 7,74 m à La Réole (Garonne).

Malgré l'ampleur de l'événement, le nombre de décès à déplorer ne dépasse pas trois personnes à Moissac. En revanche les dommages sont considérables, notamment à La Réole où des digues ont cédé.

Crue du Tarn et de la Garonne des 3 et 4 mars 1930

L'événement est localisé sur l'aval du bassin du fait principalement des apports du Tarn. La Garonne connaît une crue importante à partir d'Agen. Les hauteurs d'eau de 1875 sont par endroits dépassées.

À partir du 28 février, un anticyclone se positionne entre les îles Britanniques et les Balkans, alors qu'une dépression est centrée sur la péninsule ibérique. Du 1er au 3 mars le système génère un flux doux et humide de sud-est en provenance de la Méditerranée qui balaye le sud-ouest de la France et vient buter contre les reliefs du Massif central.

La violence de la crue s'explique par un ensemble de facteurs. Les pluies n'ont cessé depuis l'automne précédent et à partir de janvier une bonne partie des sols est saturée d'eau. Les cumuls de précipitations sont très importants. D'octobre 1929 à février 1930, on relève 1 177 mm à Lodève, 840 mm à Florac et 533 mm à Castres, pour des moyennes climatologiques respectivement de 541, 474 et 312 mm. Du 1er au 3 mars les cumuls de précipitations dépassent 200 mm sur un territoire allant de la montagne Noire, au sud du Larzac, jusqu'au sud-ouest de Castres. En montagne, la remontée des températures associée aux fortes pluies entraîne une fusion très rapide du manteau neigeux (de 20 à 100 cm) encore présent au-dessus de 600 m.

Le Tarn (fig. 1-4) atteint la cote de 9,10 m à Albi et 21,50 m à Saint-Sulpice, pour un débit maximum estimé à 6 500 m^3/s, ce qui correspond à une crue de période de retour voisine de 100 ans.

Le bilan est très lourd. On dénombre 210 morts, 10 000 sinistrés, près de 3 000 maisons détruites ainsi que des dizaines d'ouvrages d'art.

Figure 1-4. Crue du Tarn en mars 1930 : Gaillac sous 14 mètres d'eau. Source R. Lambert

Crue des 25 et 26 mai 2008 sur le bassin de la Dordogne

L'épisode pluvio-orageux des 25 et 26 mai 2008 provoque des crues sur les bassins de l'Isle amont, de la Loue et de l'Auvézère. Les fortes précipitations orageuses génèrent d'importants ruissellements sur des sols déjà largement saturés par des pluies antérieures. Les temps de réponse des cours d'eau sont extrêmement courts, entre une et deux heures. Les nombreuses résurgences du réseau karstique renforcent encore, sur certaines communes, les effets de la crue.

Les conséquences de cet événement auraient pu être bien plus graves, s'il ne s'était produit un dimanche à midi, jour de fête des Mères, avec un trafic routier très réduit. Sur Urval (fig. 1-5), certains automobilistes étrangers à la commune sont recueillis par la municipalité. Les principaux dommages concernent les infrastructures, en premier lieu le réseau routier secondaire, souvent coupé ou détruit. On se reportera à l'UP « bassin de la Dordogne » pour plus de détail.

Figure 1-5. Inondation du 25 mai 2008 à Urval par le ruisseau du Peyrat. Source : EPTB Dordogne

Submersion marine des 27 et 28 février 2010 (Xynthia)

Le district Adour-Garonne dispose d'une zone littorale largement exposée au phénomène de submersion marine (fig. 1-6), comme nous l'ont durement rappelé les tempêtes Martin en 1999, et, plus encore, Xynthia en 2010.

La zone de formation de la tempête Xynthia et sa trajectoire sont atypiques. Elle trouve son origine dans une dépression atlantique de très basse latitude qui s'est renforcée en fin de journée du 27 février. Les vents balayent alors la Galice et le Pays basque espagnol. Elle touche les côtes atlantiques françaises dans la nuit du 27 au 28 février, lors du creux dépressionnaire maximum, avant de poursuivre sa route vers le nord de la France puis l'Angleterre, l'Allemagne et les Pays-Bas.

On enregistre sur le littoral des rafales jusqu'à 160 km/h et de 120 à 130 km/h à l'intérieur des terres. L'événement météorologique a coïncidé avec une marée de vives-eaux coefficient 102 (maximum de 120 pour les plus hautes marées) et une forte houle comprise entre six et sept mètres générant une surcote de 1,50 m à La Rochelle.

Figure 1-6. Vue aérienne de la submersion sur l'île de Ré, le 28 février 2010. Source : SDIS 17

Les périodes de retour associées aux niveaux extrêmes atteints sont supérieures à 100 ans à La Rochelle, aux Sables-d'Olonne et à Saint-Nazaire, et à plus de 50 ans à la pointe de Grave.

Au total, la tempête Xynthia balaye une large bande du territoire allant de la Charente-Maritime aux Ardennes, et provoque le décès de 47 personnes – dont 29 en Vendée et 12 en Charente-Maritime – et d'importants dégâts matériels. Leur montant est évalué à 1,5 milliard d'euros par les assureurs (800 millions pour les conséquences du vent et 700 millions pour les inondations).

Les inondations à l'échelle des unités de présentation

Unité bassin de l'Adour

Réseau hydrographique

Long de 335 km, l'Adour prend sa source à 2 600 m d'altitude au pied du pic d'Arbizon à proximité du Tourmalet, et rejoint l'océan Atlantique à Bayonne. Son bassin de 16 773 km² est à cheval sur deux régions administratives, Aquitaine et Midi-Pyrénées, et quatre départements (Hautes-Pyrénées, Gers, Landes et Pyrénées-Atlantiques). Il est bordé, au sud par la chaîne des Pyrénées, à l'est par le plateau de Lannemezan, au nord par les coteaux gersois et la forêt des Landes, à l'ouest par l'océan Atlantique.

Le gave de Pau est le principal affluent rive gauche de l'Adour. Torrentielle à l'amont de Pau, la rivière bénéficie à l'aval d'une plus large vallée favorisant l'expansion des crues. Le gave d'Oloron prend naissance à Oloron-Sainte-Marie de la rencontre entre le gave d'Aspe et le gave d'Ossau. Rejoints à Peyrehorade par le gave de Pau, ils constituent alors les Gaves réunis. Son lit est encore très encaissé entre Oloron et Sauveterre-de-Béarn, limitant ainsi les débordements. À partir de la confluence du Saison, il s'élargit pour atteindre plusieurs centaines de mètres. Il faut savoir que la commune de Peyrehorade, outre le risque de crues concomitantes des deux gaves, est également exposée aux effets des grandes marées.

Le bassin des Gaves réunis est composé d'un ensemble de sous-bassins d'importance variable. Les grandes crues se forment par un apport généralisé de tous les affluents. Les sous-bassins de la rive gauche drainent une zone très plate où prédominent les formations imperméables et semi-perméables. Ces conditions géomorphologiques sont favorables au ruissellement et à une montée rapide des eaux alors que les faibles pentes limitent les vitesses d'écoulement. Les débordements sont inévitables et souvent importants. À l'inverse, le sous-bassin de la Midouze, constitué de formations perméables, connaît dans un premier temps une montée lente et progressive des eaux. Une fois les terrains saturés, les élévations sont beaucoup plus rapides.

Sur l'Adour aval, les marées à forts coefficients associées à de fortes houles peuvent ralentir l'écoulement des eaux et engendrer à elles seules des débordements. Ceux-ci prennent un tour désastreux lors de la concomitance entre crues fluviales et tempêtes maritimes.

Typologie des inondations

Les crues sont de plusieurs types. À caractère torrentiel sur le secteur sud, depuis la côte océanique jusqu'aux collines des Baronnies et de la Bigorre (Hautes-Pyrénées) ainsi que sur l'ensemble du piémont pyrénéen où s'écoulent les gaves, affluents au régime irrégulier. Le cours de l'Adour se calme progressivement dès son arrivée dans le Gers et dans toute la traversée des Landes. Enfin, sur l'aval, la confluence avec les Gaves réunis et l'effet des marées modifient considérablement l'hydrologie du fleuve entre Dax et Bayonne.

Du point de vue de son fonctionnement, le bassin de l'Adour peut se subdiviser en quatre parties :
– le haut Adour proche des reliefs les plus marqués de la chaîne pyrénéenne se singularise par ses fortes pentes et ses vallées encaissées propices aux phénomènes torrentiels ;
– les gaves (gave de Pau, gave d'Oloron, Saison) et la Nive sur le département des Pyrénées-Atlantiques ont également un caractère torrentiel ;
– l'Adour moyen correspond au département des Landes où le relief peu contrasté offre de larges champs d'inondation ;
– l'Adour maritime se singularise par la complexité de son régime largement influencé par le phénomène de marée.

La pluviométrie varie selon les secteurs de 800 mm/an (Landes et Gers) à près de 3 000 mm/an sur les crêtes pyrénéennes, avec une moyenne de 1 400 à 1 500 mm/an environ. Cela fait du bassin l'une des régions les plus arrosées de France. La répartition

des pluies suit une logique saisonnière, avec une concentration, en montagne de décembre à février, et sur le piémont de mars à mai, ce qui coïncide le plus souvent avec la période de crues sur les hauts bassins.

La neige et l'océan influencent notablement l'hydrologie du bassin :
– en fonction des périodes et des températures, les phénomènes de rétention nivale (températures basses) ou de fusion nivale (redoux) limitent ou au contraire accroissent les apports d'eau au réseau hydrographique ;
– les marées à forts coefficients (équinoxe) associées à des fortes houles (basses pressions) peuvent engendrer des débordements sur la partie maritime de l'Adour.

Inondations remarquables

Neuf événements ont été retenus pour illustrer ces différentes typologies **(fig. 1-7)** : régime océanique simple (décembre 1981), régime océanique pyrénéen (juin 1875, juin 1885, octobre 1937, février 1952), régime méditerranéen (juin 1932, octobre 1992, août 1997, mai 2007). L'événement de juin 1875 se singularise par son extension spatiale. Il a touché à la fois le bassin de l'Adour et celui de la Garonne. La crue de 1937 est la plus importante connue sur le gave de Pau (765 m³/s à Lourdes).

Crue généralisée de juin 1875 sur le bassin versant de l'Adour
Les inondations du 23 juin 1875 ravagent le sud-ouest de la France. Elles affectent très fortement les bassins de la Garonne, de l'Adour, du Gers, de la Gironde et du Pays basque. De type océanique pyrénéen avec influence pluvio-nivale, l'événement impacte l'ensemble du piémont pyrénéen. Le département des Hautes-Pyrénées paie un tribut particulièrement lourd avec des inondations généralisées sur tous les bassins versants de l'Adour (Gaves et Nestes) ou de l'Arros pour la Garonne. Ces crues dévastatrices résultent de plus de trois jours consécutifs de pluies torrentielles (fig. 1-8) aggravées par une fusion nivale importante en altitude. Les cumuls de précipitations entre le 21 et le 24 juin avoisinent les 350 mm au pied des Pyrénées.

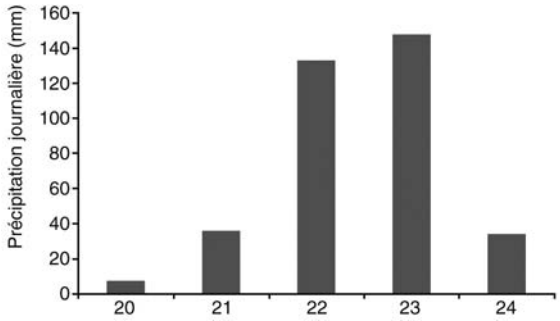


Figure 1-8. Pluviométrie du 20 au 24 juin 1875 au pic du Midi.
Source : www.aquadoc.fr

L'Adour monte à la cote 4,15 m NGF à la maison Piet sur la commune de Sainte-Marie-de-Gosse. Le 23 juin le débit du gave de Pau atteint 1 180 m³/s à la station d'Orthez, soit une période de retour voisine de 100 ans. C'est la plus forte crue enregistrée à Orthez depuis 1800. Elle est la plus importante des 150 dernières années sur

le gave de Pau moyen et aval. À Lourdes, son débit, plus modeste, atteint 380 m³/s. À Pau, on relève les cotes 176,25 m NGF au pont de l'Ousse et 174,87 m NGF au pont du 14 juillet. L'événement est aggravé par la concomitance des crues du gave de Pau et de l'Ousse.

Aussi remarquable soit-elle, la crue ne semble pas avoir fait de victime sur le bassin du gave de Pau, contrairement au bassin de la Garonne où elles se chiffrent par dizaines. Dans le département des Hautes-Pyrénées 59 communes sont sinistrées. Pour la seule commune d'Arrens-Marsous, cinq maisons et cinq granges sont détruites. La voie ferrée Pau-Bayonne est submergée à l'amont et à l'aval du pont du 14 juillet, ainsi que le bois Louis (actuel stade Philippe Tissier) et la rive gauche du gave (anciens abattoirs). À Bagnères-de-Bigorre, l'Adour, les différents cours d'eau et les canaux comme la Hount Del Mail se transforment en torrents. Les usines et les scieries de Caubeta, les marbreries Géruzet, les usines Contet et Lhez, toutes en bordure de l'Adour, sont inondées et endommagées. Des débris provenant des carrières de marbre sont emportés, encombrent les lits et provoquent des débordements. L'établissement thermal de Salut subit quelques dégâts. Pour la ville de Bagnères-de-Bigorre les pertes se montent à 9 000 francs-or. En amont de Bagnères, l'Adour de l'Esponne déborde et provoque quelques dégâts. La situation est plus critique en aval de Bagnères où l'Adour quitte complètement son lit. À Campan, quatre moulins sont détruits, plusieurs digues et barrages sont emportés, le tout pour un montant de 5 390 francs-or. À Médous (commune d'Asté), une prairie de 260 ares est ravinée, deux cents mètres de berges sont arrachés par l'Adour qui dévie de son lit pour retrouver celui de 1772. L'Ousse déborde sur les communes d'Idron, d'Ousse et de Bizanos. Tous les ponts établis sur l'Adour aux environs de Tarbes sont emportés, sauf le pont du chemin de fer de la ligne Tarbes - Bagnères-de-Bigorre.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen • Crue généralisée du bassin de l'Adour	• Tous les abords de l'Adour et de ses affluents	• Voies de communication coupées, maisons et usines inondées

Crues des Gaves et de l'Arros, le 11 juin 1885

La crue océanique pyrénéenne du 10 au 12 juin 1885 a une ampleur presque équivalente à celle de 1875 dans les Hautes-Pyrénées. Les inondations se produisent après des pluies continues sur trois jours, accompagnées de la fonte des neiges.

Cette crue, de courte durée, touche tout particulièrement le haut bassin du gave de Pau et la Bigorre (Adour, Neste, Arros) et prend la forme d'écoulements torrentiels. Elle affecte peu le gave de Pau moyen et aval. À l'amont de Nay, l'événement est supérieur à celui de 1875. Il se place au deuxième rang à Lourdes où le gave de Pau débite 520 m³/s. À Peyrehorade, la concomitance des crues des Gaves fait monter les eaux à la cote 6,26 m NGF.

Les dégâts matériels sont moins importants toutefois qu'en 1875. On déplore un décès par noyade sur la commune de Luz-Saint-Sauveur. Une scierie et une

dépendance d'hôtel sont atteintes. Entre Villelongue et Agos-Vidalos, les deux rives du gave de Pau sont inondées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen • Crues intenses en amont de Nay	• Les communes situées sur le haut bassin du gave de Pau et la Bigorre	• Un mort, plusieurs commerces et habitations endommagés, voies de communication coupées

Crues du 21 juin 1932 sur le Néez et ses affluents

Les crues du 21 juin 1932 sont générées par un orage localisé sur Rébénacq et le bassin versant amont. Le temps de montée des eaux est très court.

Deux repères situés près d'Abos rappellent que la Baïse a atteint la cote 117,68 m NGF (période de retour T = 100 ans) au sud-ouest du bourg et 113,18 m NGF (T = 50 ans) au sud-est. Ce dernier niveau semble anormalement bas. Sur la Baysère et la Baylongue, les repères de la crue de 1932 sont nettement plus élevés que la ligne d'eau centennale : environ 30 cm de plus au lieu-dit Claverie et près de 90 cm de plus au lieu-dit Carrasquet.

Le Néez cause de nombreux dégâts jusqu'à Gan : trois ponts sont emportés, le bourg de Gan est inondé en très grande partie. Sur la commune de Rébénacq, l'inondation est essentiellement provoquée par les affluents du Néez, les ruisseaux de Mountes et de Cazeils. La Baïse inonde partiellement plusieurs communes dont Abos et Pardies.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec orage • Crue éclair	• Principalement les communes de Gan, Rébénacq, Abos et Pardies	• Nombreux dégâts, plusieurs ponts sont emportés

Crue du gave de Pau d'octobre 1937

La crue océanique pyrénéenne des 27 et 28 octobre 1937 est la plus importante crue enregistrée à Lourdes depuis 1875 (fig. 1-9). Le débit du gave du Pau atteint 765 m³/s. La crue touche uniquement le haut bassin du gave de Pau, son importance décroît rapidement vers l'aval. À l'amont de Nay, elle est la plus remarquable des cent cinquante dernières années. À Aramits, le Vert atteint un débit de 175 m³/s, soit une période de retour T de 60 à 80 ans. Sur le Vert de Barlanès et le Vert d'Arette les débits sont respectivement de 100 et 75 m³/s (respectivement T = 100 ans et T = 10 à 20 ans).

Sur la commune d'Aramits, cette crue est la plus forte connue. De nombreuses habitations sont inondées, en particulier le long du Vert de Barlanès : 60 cm dans la maison de la parcelle 165, 70 cm dans la parcelle 162, 2 m d'eau au niveau de la passerelle (inexistante en 1937) menant à la maison de retraite, 1,50 m dans la grange de la

parcelle 36. Sur le Vert de Barlanès, rive gauche, l'eau atteint le seuil de la grange de la parcelle 140. Le long du Vert d'Arette et du ruisseau d'Ibarchy, les habitations du point bas de la RD 133 sont inondées ainsi que le jardin de la parcelle 162, où l'eau surverse par-dessus le mur d'enceinte. Le moulin Domecq est également inondé. On constate des affouillements au niveau du pont d'Aramits. Sur le Vert, la RD 19 est difficilement praticable et deux maisons du quartier de Serreuille sont sinistrées. Des embâcles sont répertoriés à hauteur de plusieurs ponts. En aval de Peyrehorade, rive droite des Gaves réunis, une maison isolée est inondée par plusieurs dizaines de centimètres d'eau.

Figure 1-9. Café de *La Terrasse* à Lourdes pendant la décrue du gave de Pau en 1937.
Source : AAPPMA des pêcheurs lourdais et du Lavedan

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen • Crue intense sur le haut bassin du gave de Pau	• Les communes en bordure du gave de Pau et de ses affluents	• Nombreux commerces et habitations inondés, plusieurs ouvrages d'art endommagés

Crue généralisée du 2 et 3 février 1952 sur la Garonne et l'Adour

La crue généralisée des 2 et 3 février 1952 **(fig. 1-10)** sur les bassins de la Garonne et de l'Adour affecte particulièrement le gave de Pau et ses affluents. C'est la plus forte crue du bassin de l'Adour de ces cent dernières années en aval de Pau. L'événement de février 1952 est de type océanique pyrénéen, généré par un flux d'ouest - nord-ouest soutenu qui bloque les perturbations sur le relief. Les averses sont particulièrement violentes sur le massif, l'avant-pays et la montagne Noire. On relève du 31 janvier au 4 février jusqu'à 471 mm de pluie à Laruns (Pyrénées-Atlantiques), dont 104 mm le 31 janvier, 194 mm le 1er janvier et 142 mm le 2 janvier. Sur les Hautes-Pyrénées, le cumul pluviométrique atteint 358 mm à Bagnères-de-Bigorre - Chiroulet.

La crue est caractérisée par les apports notables des bassins moyens dont l'importance croît d'amont en aval, avec une montée rapide des niveaux en une seule journée. Contrariées par l'action de la marée, les crues fluviales génèrent de nombreux débordements. L'incidence du niveau du gave de Pau est prépondérante sur la Baïse inférieure jusqu'à Mourenx, soit à l'aval de la RD 281. Sur les secteurs allant de Noguères à Mourenx et d'Os-Marsillon à Abidos, la période de retour de la crue est voisine de 100 ans. Un repère en rive gauche du pont d'Os-Marsillon indique la cote 100,04 m NGF. On relève à Dax un maximum de 6,52 m à l'échelle hydrométrique. C'est 0,28 m de plus qu'en 1879, sans atteindre toutefois le niveau d'avril 1770. À Mont-de-Marsan, la Midouze s'élève à 6,55 m contre 7 m en 1843 et 6 m en 1879.

À Orthez, l'événement de 1952 est le plus important depuis 1900. Le débit du gave de Pau atteint 1 065 m³/s (période de retour $T = 30$ ans). La cote est de 13,50 m au-dessus de l'étiage, hauteur considérable due au rétrécissement du lit qui ne dépasse pas 15 m de large au droit du vieux pont. À Lourdes, son débit est de 450 m³/s ($T = 10$ ans). De son côté l'Adour monte à 2,53 m à la station hydrométrique du pont d'Asté.

Figure 1-11. Cours de Verdun à Dax au maximum de la crue le 6 février 1952.
Source : journal *Sud-Ouest* ; photo J.-L. Borderie

En Aquitaine, cette crue cause la mort de six ou sept personnes. Dans les Hautes-Pyrénées, 171 communes sont touchées par les inondations, les crues torrentielles et autres coulées boueuses. Le Lavedan, la vallée d'Aure et celle de l'Adour subissent de multiples dégâts. L'alimentation en eau et de nombreuses voies de communication sont endommagées ou coupées (RN 129 au-delà de Saint-Lary, D 30 coupée entre Aulon et Guchen, etc.).

La crue de février 1952 est remarquable sur le Luy de Béarn. Associée dans les mémoires à la rupture de la digue du lac d'Uzein, elle est présentée comme le phénomène connu le plus important sur la partie aval du Luy de Béarn, et aussi sur le Lagoin depuis cinquante ans. Les journaux de l'époque indiquent que la moitié du village d'Angaïs ainsi que la route du pont d'Aressy ont été inondées à cette occasion.

La crue de l'Ousse les 1er et 2 février, concomitante avec celle du gave de Pau, inonde toute la partie aval du bassin versant et plus particulièrement les bourgs d'Idron, de Bizanos et le quartier de la gare à Pau.

À Dax (fig. 1-11), c'est l'événement de référence sur l'Adour pour la délimitation des zones inondables dans la vallée du gave de Pau, entre Lestelle-Bétharram et le bec des Gaves. Les limites du champ d'inondation ont servi de base à l'arrêté préfectoral de 1975 délimitant les zones inondables du gave entre Nay et Orthez. Depuis cet événement, les lits de la Baïse et du gave de Pau ont été recalibrés et abaissés, diminuant en contrepartie la zone d'expansion de crue. Un syndicat de défense contre les inondations a été créé en 1971 et a lancé une série de travaux d'aménagement sur le bassin versant du Lagoin.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen • Plus forte crue de l'Adour en aval de Pau	• Une grande partie du bassin moyen et aval de l'Adour	• 6 ou 7 morts, presque 200 communes touchées, voies de communication impraticables

Crue généralisée du 16 décembre 1981 sur la Garonne et l'Adour

Du 10 au 15 décembre 1981 une perturbation océanique stationnaire génère des pluies très abondantes sur l'Aquitaine et le Midi-Pyrénées **(fig. 1-12)**. Les inondations les plus importantes affectent les bassins de la Garonne et de l'Adour et causent d'importants dégâts.

Le gave de Pau atteint un débit de 220 m³/s à Lourdes et l'Adour s'élève à Dax à la cote 6,03 m. À Port-de-Lanne, la départementale D 17 est submergée par un mètre d'eau dans le coude après le pont. Au château du Bec-du-Gave, l'eau atteint la hauteur du perron, le chemin vers Rasport est sous l'eau et le port est lui-même inondé sous 2,50 m. À Sainte-Marie-de-Gosse, la route nationale 117 est sous un mètre d'eau, alors qu'en haut de la commune les digues sont dépassées. Même scénario à Saint-Laurent-de-Gosse et Saint-Barthélemy. À Tarnos, si la crue dure 24 heures et la décrue 48 heures, l'inondation s'étend en revanche sur huit jours. On relève encore 30 à 50 cm sur la route du village. À Anglet, les *barthes* sont inondées et on enregistre 40 cm d'eau dans le quartier de Sutar.

Sur la commune d'Urt, l'Adour et l'Aran inondent, sous 1,80 m, la maison Bel Air au pont de Vern. Sur l'île de Bérenx l'eau arrive au pied des bâtiments avec un fort courant, alors qu'à proximité de la station de pompage les champs sont recouverts par 1,60 m d'eau. Sur les communes d'Audon, de Guiche, de Bardos, de Bégaar et de Sames, les dégâts sont bien moindres que lors de la crue de 1952.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Perturbation stationnaire affectant la quasi-totalité du bassin de l'Adour	• Communes situées le long de l'Adour et du gave de Pau	• Plusieurs routes coupées, habitations inondées, communes isolées par les eaux pendant plusieurs jours

À Dax, l'Adour connaît sa deuxième crue du siècle après celle de mars 1930. Suite à cette inondation et à celle de 1952, le chemin de halage côté Sainte-Marie-de-Gosse est réaménagé. Dans le coude que fait l'Adour au niveau de Port-de-Lanne les champs sont conservés sans culture afin de servir de zone d'expansion des crues.

Crue du gave de Saison du 5 au 7 octobre 1992

Suite à une perturbation d'origine méditerranéenne, un déluge s'abat sur les montagnes du Haut-Béarn et de la Soule les 5 et 6 octobre 1992. Les cumuls de pluie atteignent 150 à 200 mm d'eau sur les sommets, l'équivalent d'un mois de précipitations. On enregistre 250 mm de pluie en trois jours sur le bassin supérieur du gave de Saison.

Le gave d'Aspe, le Saison et leurs affluents connaissent des crues historiques sur leurs cours médians et inférieurs. Si ces crues n'égalent pas celle de 1937 – la plus importante dans la mémoire des riverains –, les débits sont néanmoins remarquables à Sainte-Engrâce (162 m³/s), Licq-Atherey (260 m³/s) et Mauléon (480 à 500 m³/s) (fig. 1-13). Le débit de la Nive atteint 515 m³/s à Itxassou, celui de la Nive des Aldudes 115 m³/s à Saint-Étienne-de-Baïgorry, et celui de la Bidouze 180 m³/s à Saint-Palais.

Figure 1-13. Le Saison dans la traversée de Mauléon pendant la crue de 1992.
Source : Centre pyrénéen des risques majeurs

Dans la vallée, de nombreuses habitations et entreprises sont inondées ainsi que plusieurs campings (Licq, Abense). Certains axes de communication sont coupés à la circulation, mais aucune victime n'est à déplorer.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec orage • Cumuls de pluies intenses et localisés	• Les communes aux abords du Saison et de ses affluents	• Plusieurs campings submergés, de nombreuses habitations et voies de communication inondées

Crue des affluents du Pau le 25 août 1997

La crue du 25 août 1997 est la plus importante des 50 dernières années et sa genèse s'apparente à celle de 1932 (orage important sur le haut bassin versant).

La pluviométrie du 26 août 1997 se caractérise par un foyer orageux intense qui se développe sur la région de Rébénacq et se déplace vers le nord-est, engendrant des crues exceptionnelles sur le Néez, le Soust, le Luz, le Gest et le Landistou. Pendant la durée de cet épisode méditerranéen, soit 2 à 3 heures environ, des cumuls pluviométriques de 80 à 100 mm sont enregistrés par des particuliers, notamment à Rébénacq, Lys et Arros-de-Nay. Le cumul est estimé à 70 mm en 3 heures sur le bassin du Soust.

Sur l'ensemble des cours d'eau concernés (Néez, Soust, Luz et Gest), la période de retour de la crue est évaluée à environ 50 ans. Elle est proche de 100 ans sur le bassin versant du Landistou et servira de référence jusqu'à l'événement de 2007 (cf. paragraphe suivant). Le faible nombre d'embâcles tient en partie au fait que les cultures, hautes, ont ralenti et tempéré une partie du ruissellement. Le débit du Néez est estimé à 42 m³/s au pont de Larroque à Bosdarros ainsi qu'au niveau du chemin du Mercet en amont du bourg de Gan. C'est la crue la plus importante de la seconde moitié du XX^{e} siècle et, dans le PPRI, sa période de retour est estimée à 50 ans à Gan.

La commune d'Arros-de-Nay est particulièrement touchée. Le mur de protection du château fait barrage à l'écoulement des crues et provoque, de ce fait, une rehausse du niveau en amont et l'inondation du bourg. La RD 36 est submergée par un mètre d'eau entre le lavoir et la route d'accès au bourg.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec des foyers orageux très intenses	• Les communes aux abords du Néez, du Landistou, du Soust, du Luz et du Gest	• Routes submergées, habitations inondées, ouvrages d'art endommagés

Crues du Landistou, du Néez et du Luz le 25 mai 2007

En ce 25 mai 2007, les pluies d'origine méditerranéenne s'étendent de Pau à Laruns. L'épicentre est localisé entre les communes d'Arudy et du Haut-de-Bosdarros **(fig. 1-14)**, avec des cumuls compris entre 73 mm (Buzy) et 80 mm (Asson). Les données pluviométriques récupérées auprès des particuliers lors de l'enquête de terrain oscillent entre 105 et 130 mm. En deux heures, à Bruges-Capbis-Mifaget, le cumul de pluie aurait atteint entre 150 et 190 mm. Le phénomène de grêle est particulièrement remarquable et a sans doute perturbé les mesures pluviométriques. À Sévignacq, on relève ainsi en dix minutes un cumul de 30 à 35 cm de grêle. Les périodes de retour des pluies sont comprises entre 60 et 500 ans.

La crue du Néez est exceptionnelle de Rébénacq au barrage du Tucq (50 ans < T < 100 ans). Elle est moyenne en aval du barrage (entre 35 et 40 m³/s et 20 < T < 40 ans). Sur le Landistou, la période de retour est partout supérieure à 100 ans. Elle est voisine de 50 ans sur le linéaire du Luz.

De nombreux embâcles se forment sur l'Arrec (affluent du Landistou). Des voitures emportées par le courant viennent obstruer le pont de la RD 35 et rehausser la ligne d'eau amont. Les phénomènes de ruissellement sont remarquables à Lys. À Bruges-Capbis-Mifaget, l'eau atteint par endroits 2,40 m dans le quartier en bordure de l'Arrec, avec des vitesses de plus de 1 m/s. La rupture de la digue latérale couvre le camping de plus d'un mètre d'eau. Quatre habitants de Bruges-Capbis-Mifaget sont hospitalisés.

Sur la commune d'Arros-de-Nay, les habitations situées en bordure de la RD 936 sont inondées par plus de 50 cm d'eau. Les vitesses d'écoulement sont comprises en 0,5 et 1 m/s. En amont de la ville, le pont Lazare est endommagé. Au sud de la commune, le Luz sort de son lit au niveau d'une bifurcation en angle droit et cause de lourds dégâts aux voitures, au garage et au jardin de la propriété voisine. Sur la commune de Pardies-Piétat, la crue de 2007 est supérieure à celle de 1997. On déplore le décès d'une personne âgée. L'eau, qui en 1997 s'était avancée jusqu'au milieu de la cour de l'école, en couvre les trois quarts en 2007. Le débordement du Néez est particulièrement important sur la commune de Rébénacq. La montée des eaux est rapide (maximum atteint en trente minutes) et se fait par vagues successives. La puissance des flots entraîne plusieurs voitures et un mobile-home. Des embâcles sont repérés sur la plupart des ouvrages (pont de la pisciculture, pont du bourg…). Au total, 63 particuliers, quatre commerces, la station hydroélectrique, la station de captage de Pau et onze exploitations agricoles sont touchés.

À l'issue de l'événement, d'Arudy à Bruges-Capbis-Mifaget en passant par Rébénacq, 500 personnes sont évacuées et 250 maisons sont inondées. D'importants glissements de terrain affectent la route de Gan à Rébénacq. Le montant total des dégâts s'élève à plus de cinq millions d'euros. Suite à cette crue un deuxième barrage écrêteur de crue sera construit dans la plaine de Nay.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec orage • Foyers pluvieux très intenses accompagnés de grêle	• Les communes aux abords du Néez, du Landistou et du Luz	• Un mort, 500 personnes évacuées, 5 M€ de dégâts

Unité bassin de la Charente

Réseau hydrographique

Le fleuve Charente prend sa source à Chéronnac (alt. 370 m), dans le département de la Haute-Vienne et se jette dans l'océan Atlantique. Son cours de quelque 374 km draine un bassin versant d'environ 10 000 km² étendu sur six départements (Charente, Charente-Maritime, Deux-Sèvres, Vienne, Haute-Vienne et Dordogne). Sa pente décroît rapidement d'amont en aval pour devenir quasi nulle en zone estuarienne. Son bassin versant est de forme légèrement étirée d'ouest en est. Les crues

de la Charente et de ses affluents résultent d'épisodes pluvieux océaniques dont la répartition spatiale est généralement homogène sur le bassin. Le régime de crues et de décrues est lent (plusieurs jours) et saisonnier (novembre à avril). Le bassin connaît des étiages importants en période estivale.

Dès sa source à Angoulême, les crues de la haute Charente sont alimentées par les apports du Bandiat et de la Tardoire. Cette dernière a le temps de réponse le plus rapide du bassin versant. Notons ici le rôle complexe joué par le karst, qui d'une part accentue le régime d'étiage de la Tardoire en absorbant une partie des ruissellements, et d'autre part est le principal pourvoyeur des eaux de la Charente en période estivale, grâce à l'exsurgence de la Touvre.

D'Angoulême à Saintes, la Charente moyenne a un profil peu marqué. Elle reçoit les eaux de l'Antenne, du Né et de la Seugne ses principaux affluents, qui couvrent à eux trois 25 % de la superficie de son bassin versant. La concomitance de leurs crues joue un rôle important sur les niveaux de la Charente à Saintes. Le bassin de la Seugne est le plus rapide avec une réponse en général inférieure à la journée entre Pons et Jonzac. Quant à la Boutonne, elle conflue pratiquement au niveau de l'estuaire, secteur sous influence de la marée.

La Charente aval est directement concernée par l'influence de la marée avec un marnage variable (décote, surcote) en fonction des coefficients et des conditions météorologiques au large (pression, vent, etc.).

Typologie des inondations

Le bassin de la Charente est avant tout marqué par des inondations dues aux débordements des cours d'eau. Les crues, nées des perturbations océaniques sont à propagation lente. Elles prennent un caractère plus critique à l'aval des bassins du fait de l'influence maritime. L'ensemble du littoral est par ailleurs soumis aux risques de submersion marine.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus en fonction de leur genèse hydroclimatique **(fig. 1-15)** : régime océanique simple (1982, 1993-1994), régime océanique couplé à une tempête ou à de fortes marées (1962, 1999), régime de tempête (Xynthia 2010).

Crue de mars-avril 1962 sur le bassin de la Charente

Des pluies intenses affectent le bassin de la Charente **(fig. 1-16)** depuis la fin du mois de mars 1962, elles sont intermittentes mais les cumuls importants. En 11 jours, on enregistre 159 mm à Montbron et 125 mm à Angoulême, avec un épisode particulièrement intense entre le 29 et le 31 mars. Sur deux jours, les cumuls atteignent jusqu'à 92 mm sur le haut du bassin de la Tardoire.

Le 31 mars, la Tardoire atteint la cote 3,60 m à La Rochefoucauld, la Charente celle de 2,60 m le 1er avril à Mansle et de 5,50 m le 2 avril à Angoulême. Le 5 avril, alors que la décrue s'amorce sur le haut du bassin, une violente tempête gagne le territoire depuis l'Atlantique, avec des vents de 110 à 115 km/h accompagnés de nouvelles précipitations. La surcote liée à la tempête et à une forte marée (coefficients compris entre 112 et 116) vient perturber l'écoulement des cours d'eau qui débordent en plusieurs endroits.

À Angoulême, près de 200 maisons sont inondées. On relève jusqu'à 1,60 m d'eau. Même scénario à Jarnac et Cognac. À Saintes, la Charente atteint la cote 6,22 m et inonde gravement la cité (200 immeubles touchés). Aucune victime n'est à déplorer.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique tempétueux avec forte marée	• Angoulême, Jarnac, Cognac et Saintes	• Environ 400 habitations inondées, plusieurs usines fermées

Crue de décembre 1982 sur le bassin de la Charente

Le bassin de la Charente connaît deux crues importantes au cours de l'année 1982, une en janvier et l'autre en décembre. Le dernier épisode est le plus remarquable. La période pluvieuse qui précède les débordements est particulièrement longue. On relève d'Angoulême à Montbron entre 208 et 260 mm de précipitations en 16 jours **(fig. 1-17)**. Le cumul maximum enregistré sur 10 jours, du 11 au 20 décembre, avoisine les 141 mm, soit un phénomène de période de retour de 40 ans.

La crue s'amorce le 6 décembre et dure presque un mois sur l'ensemble du bassin de la Charente, sous-bassins inclus. À l'amont, les réactions aux épisodes pluvieux se traduisent par plusieurs pics de crue successifs. On n'en retrouve plus qu'un seul, étalé dans le temps, à l'aval d'Angoulême. La Tardoire est en crue du 7 décembre au 13 janvier, avec un débit maximum de 139 m^3/s enregistré à Montbron. Sur le Né, la crue dure du 6 décembre au 9 janvier, avec trois pics relevés à Saint-Fort : 79 m^3/s (13 décembre) puis 76 et 78 m^3/s, quelques jours plus tard. Il en va de même sur la Seugne du 6 décembre au 6 janvier (125, 130 et 157 m^3/s à Pons) et sur la Boutonne du 6 décembre au 13 janvier avec un maximum le 22 décembre (9,14 m pour un débit mesuré de 219 m^3/s à la station de Torxé à Saint-Jean-d'Angély). La Charente est en crue du 6 décembre au 24 janvier. À Angoulême, elle atteint la cote 5,57 m le 23 décembre et débite 590 m^3/s le 23 décembre à la station de Chalonnes. Plus en aval, à Saintes, le maximum est atteint le 24 décembre avec 6,84 m.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• Débordement généralisé de la Charente et de ses affluents	• Environ 3 000 habitations et 1 000 entreprises sinistrées

Crue de décembre 1993-janvier 1994 sur le bassin de la Charente

La fin de l'année 1993 est très humide avec des cumuls moyens en septembre et octobre allant jusqu'à deux fois et demie les valeurs moyennes mensuelles (169,5 et 129,1 mm). C'est dans ce contexte de saturation hydrique des sols que, courant décembre 1993, survient une série de fronts pluvieux. Du 1er au 25, les cumuls journaliers dépassent cinq fois 10 mm, dont trois fois 15 mm à l'échelle du bassin. Les

pluies reprennent ensuite du 29 décembre au 8 janvier, avec des cumuls journaliers allant jusqu'à 47 mm à Angoulême.

Le Bandiat, la Tardoire, le Né et la Seugne réagissent rapidement aux deux épisodes avec la formation de deux ondes de crue bien distinctes. Sur le Bandiat, les deux pics (le 27 décembre et du 3 au 10 janvier) atteignent la cote 1,79 m à Marthon. La Tardoire à Montbron connaît trois pics successifs les 1er, 3 et 7 janvier respectivement à 1,71 m, 1,79 m et 1,86 m. La Charente connaît un seul maximum **(fig. 1-18)**. Elle atteint la cote 2,36 m le 7 janvier à Mansle (T = 100 ans) et 5,32 m le 9 janvier à Angoulême (T = 50 ans). Plus en aval, la crue s'amortit avec des périodes de retour voisines de la vicennale (12,65 m à Jarnac, 8,04 m à Cognac).

La Charente a largement débordé de son lit. À ce jour, on ne connaît ni l'étendue exacte du périmètre inondé ni les dommages engendrés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• Débordement généralisé de la Charente et de ses affluents	• Dommages non renseignés

Tempêtes de décembre 1999 et submersions marines sur le bassin de la Charente aval

Le mois de décembre 1999 est marqué par une pluviométrie importante sur le bassin de la Charente. Les cumuls atteignent 40 à 60 mm au cours de la première décade, et entre 100 et 140 mm lors de la deuxième et de la troisième. Le ruissellement important génère des crues sur la Seugne, la Boutonne et la Charente. Le 25 et 27 décembre 1999, deux cyclones intertropicaux, Lothar et Martin, traversent la France d'est en ouest. Le minimum dépressionnaire de Lothar, 960 hPa, est centré sur la Vendée. Les deux phénomènes s'accompagnent de vents extrêmement puissants – jusqu'à 194 km/h en rafale à Royan sur la Gironde – associés à des précipitations conséquentes. Le tout relance la crue des cours d'eau à l'intérieur des terres. Sur la Seugne, à Pons, le débit atteint 65 m³/s. On relève 5,42 m sur la Boutonne à Torxé pour un débit de 40 m³/s. Sur la Charente, la crue concerne principalement l'aval, où l'on mesure 5,22 m à Saintes pour un débit de 407 m³/s.

La forte houle générée par les tempêtes est à l'origine de submersions marines sur le littoral et dans l'estuaire de la Charente. Angoulins, Châtelaillon et Fouras sont touchées. À la pointe de Fouras les vagues atteignent la cote 4,95 m NGF. L'onde de tempête remonte ensuite l'estuaire de la Charente (fig. 1-19) et se fait sentir à Rochefort (cote 4,05 m NGF), et jusqu'à proximité de Saintes, entraînant partout des débordements par-dessus les berges. Au total, c'est moins l'ampleur des crues fluviales (périodes de retour comprises entre 2 et 5 ans) que leur concomitance avec un phénomène météorologique exceptionnel (cyclone intertropical) qui crée la situation de crise.

Quant aux dommages, ils sont conséquents. Les vents violents ont causé de nombreux dégâts, de même que les submersions sur le littoral et les débordements de la Charente. Toutefois, il est difficile d'attribuer à l'un ou l'autre phénomène sa part

des destructions. L'événement dans son ensemble cause la mort de 17 personnes dans le département de la Charente-Maritime.

Figure 1-19. Débordements suite à la tempête de décembre 1999 dans l'estuaire de la Charente au niveau de Rochefort. Source : Centre école de l'aéronautique navale (CEAN)

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique tempétueux avec submersion marine • Succession de deux cyclones intertropicaux	• Débordement d'ampleur sur la Charente aval • Zones littorales et estuariennes fortement touchées par les phénomènes de submersions marines	• 17 morts en Charente-Maritime • Nombreuses habitations et infrastructures inondées

Tempête Xynthia et submersions marines de février 2010

La tempête Xynthia touche le littoral atlantique les 27 et 28 février 2010. Cette dépression se forme au milieu de l'océan Atlantique au niveau du tropique du Cancer, puis évolue en tempête en remontant au nord-ouest en direction des côtes européennes. La formation de dépression à ces basses latitudes et ce type de trajectoire sont atypiques. Xynthia ne connaît pas l'intensité des deux tempêtes précédentes de décembre 1999, mais s'accompagne tout de même de rafales de vent voisines de 160 km/h. Les phénomènes de submersions marines qui en résultent sont d'ampleur exceptionnelle sur les côtes vendéennes et charentaises.

La houle provoquée par les vents (vagues de six à sept mètres au large) s'ajoute à une élévation de grande ampleur du niveau de la mer due à de forts coefficients de marée (102-108 le 28 février). Le tout génère des vagues extraordinaires sur le littoral charentais, à Fouras notamment où elles atteignent la cote 4,8 m NGF.

On dénombre 12 décès en Charente-Maritime. En pays Rochefortais et dans l'estuaire de la Charente :

« en termes de niveaux d'eau, la zone submergée est plus importante lors de la tempête Xynthia que pour la tempête de 1999. […] De manière générale, les communes situées le long de l'Estuaire ont été inondées suite à la submersion des digues par une montée rapide et régulière des eaux. Le phénomène n'a pas été particulièrement violent sur ces communes. De nombreuses terres agricoles ont été

affectées et les communes de Tonnay-Charente et Rochefort ont été particulièrement touchées en termes de bâti. Les communes de Saint-Nazaire-sur-Charente et de Saint-Laurent-de-la-Prée, situées dans les terres, ont été impactées de manière plus forte par la tempête Xynthia. La force de l'eau a entraîné la destruction de plusieurs digues et la submersion de la majeure partie des deux communes. Les communes du littoral charentais ont été les plus touchées par la tempête, de par les enjeux humains et l'intensité des impacts. Elles ont en effet été touchées par de fortes vagues levées par le vent, associées à la montée importante du plan d'eau, entraînant la rupture des digues ou leur submersion par des lames d'eau importantes (20 à 50 cm) ». (Sogreah, 2011)

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique tempétueux avec submersion marine • Tempête Xynthia	• Zone littorale et estuaire de la Charente	• 12 morts en Charente-Maritime • Nombreuses habitations et protections littorales endommagées

Unité bassin de la Dordogne

Réseau hydrographique

La Dordogne prend naissance au puy de Sancy, point culminant du Massif central (1 886 m). Après avoir traversé le Bassin aquitain, elle conflue avec la Garonne pour former l'estuaire de la Gironde qui débouche sur l'océan Atlantique.

Le bassin de la Dordogne a une superficie de 24 500 km². Il est découpé en quatre principaux sous-bassins homogènes sur le plan hydraulique et hydrologique :
– le complexe Vézère-Corrèze se singularise par des crues particulièrement brutales et de gros enjeux dans les agglomérations de Tulle et Brive ;
– l'Isle et ses affluents amont ont un régime de crues moins marqué (pluviométrie et pente des terrains plus atténuées) ;
– la Dronne, au régime océanique, connaît des variations de niveaux plus lentes ;
– la Dordogne et ses affluents rive gauche (Maronne, Cère et Céou), contribuent significativement à la formation des crues. Leur hydrologie est par ailleurs influencée par la présence de grands réservoirs EDF (Dordogne, Cère, Maronne). Le Céou est plus atypique avec un régime soumis aux influences cévenoles. On retrouve le long de ses rives, comme le long de celles de la Dordogne en aval d'Argentat, des enjeux touristiques marqués. D'autres affluents, plus modestes, comme la Bave, concourent également à alimenter l'onde de crue.

La lame d'eau moyenne tombant sur l'ensemble du bassin est d'environ 1 200 mm par an. Elle décroît d'est en ouest de 1 700 mm par an sur les hauteurs du Massif central à 800 mm par an dans l'estuaire de la Gironde. L'amplitude annuelle des débits peut être très marquée avec des crues et des étiages sévères à quelques mois d'intervalle.

La configuration générale du bassin d'alimentation – forte pente et sous-sol cristallin imperméable – et sa relative proximité avec l'embouchure prédisposent à la formation de crues importantes aussi bien en amont qu'en aval. Les vallées de la Corrèze (Tulle, Brive) et de la Vézère (Larche, Montignac) connaissent ainsi des montées d'eau rapides et importantes. Le même constat peut être fait sur la Dordogne amont, sensible aux apports de la Cère et de la Maronne. À Bergerac, son niveau peut s'élever subitement grâce aux apports de la Vézère. Autre point sensible, la confluence Auvézère-Isle, qui expose l'agglomération de Périgueux située juste en aval. Quant à l'influence de la chaîne de barrages hydroélectriques Dordogne-Cère-Maronne, autant elle peut contribuer favorablement, sous certaines conditions de remplissage préalable et selon la demande électrique du moment, à l'écrêtement des petites ou moyennes crues, autant elle n'a aucun effet sur les grandes dont les volumes ne peuvent être contenus. Les ouvrages sont alors complètement transparents et laissent s'écouler les eaux par déversement.

On notera enfin la présence de karsts sur certains bassins (Isle amont et Céou), à l'origine d'importants écoulements souterrains et de phénomènes de résurgence en période de fortes pluies.

Typologie des inondations

Le bassin de la Dordogne est essentiellement soumis à l'influence du régime océanique et, dans une moindre mesure, du climat de montagne du Massif central, pour l'est du bassin (La Bourboule, Mauriac, Aurillac). Exceptionnellement, de brusques remontées méditerranéennes peuvent aussi toucher le sud du bassin dans le secteur des causses du Quercy (Gourdon, Rocamadour).

Inondations remarquables

Cinq événements historiques ont été retenus **(fig. 1-20)**, parmi lesquels la crue océanique de décembre 1944, remarquable par son intensité – le débit de pointe de la Dordogne à Beaulieu aurait atteint à cette occasion 2 300 m³/s sans l'action du barrage de l'Aigle – ; la crue méditerranéenne d'octobre 1960 sur la Corrèze et la Vézère, et trois événements orageux, en septembre 1993, juillet 2001 et mai 2008.

Crue de la Dordogne du 5 au 8 décembre 1944

Parmi les crues historiques de la Dordogne, celle survenue le 8 décembre 1944 est considérée comme la plus remarquable du XX^{e} siècle sur le bassin versant amont. Elle n'est toutefois pas la plus forte observée à Argentat et à Beaulieu (fig. 1-21). L'événement de 1866 l'a dépassée et atteint 6,80 ou 6,90 m à l'échelle d'Argentat et 6,70 ou 6,80 m à l'échelle de Beaulieu. Une crue survenue en 1783 pourrait encore lui être supérieure. Nous manquons pour l'instant de données à son sujet pour pouvoir l'affirmer.

L'événement de 1944 a été précédé, entre le 1er et le 7 décembre, par une alternance de pluies diluviennes et de beau temps. Le maximum des eaux est atteint le 8 décembre à 10 h 30, accentué encore par la fonte des neiges. On enregistre respectivement 5,60 et 5,90 m aux stations hydrométriques d'Argentat et de Beaulieu-sur-Dordogne. Sans l'écrêtement assuré par le barrage de l'Aigle en cours de construction, le débit de pointe à Beaulieu aurait atteint 2 300 m³/s. Il décale

ainsi le pic de crue de 3 h 30 empêchant une concomitance avec les maxima de la Maronne, préservant d'autant les bourgs d'Argentat et de Beaulieu. Dans cette dernière, l'événement reste supérieur à ceux de février 1904 et mars 1912 (5,90 m contre 5,80 m en 1904 et 5,75 m en 1912). À Argentat, il dépasse celui de décembre 1952 (5,60 m contre 5,34 m en 1952). Sur la Vézère les niveaux sont supérieurs en moyenne de 50 cm à ceux de 1930, mais l'onde de crue est moins rapide. Au total, c'est la dernière grande crue de la Dordogne et la cinquième par son importance à Beaulieu depuis 1783.

Les villes de Mauzac et Calès sont inondées. À Lalinde l'eau effleure le sommet des arches du pont. Les vannes du barrage de Tuillières sont levées pour laisser passer les eaux. Les quais d'Argentat et la commune de Beaulieu sont inondés. À Limeuil, au confluent de la Dordogne et de la Vézère, la boulangerie et le café du port sont noyés sous une quarantaine de centimètres d'eau. À Bergerac, la Dordogne submerge la rue Hippolyte-Taine. À Terrasson et à Montignac, les pompiers et militaires procèdent à l'évacuation de plusieurs habitations.

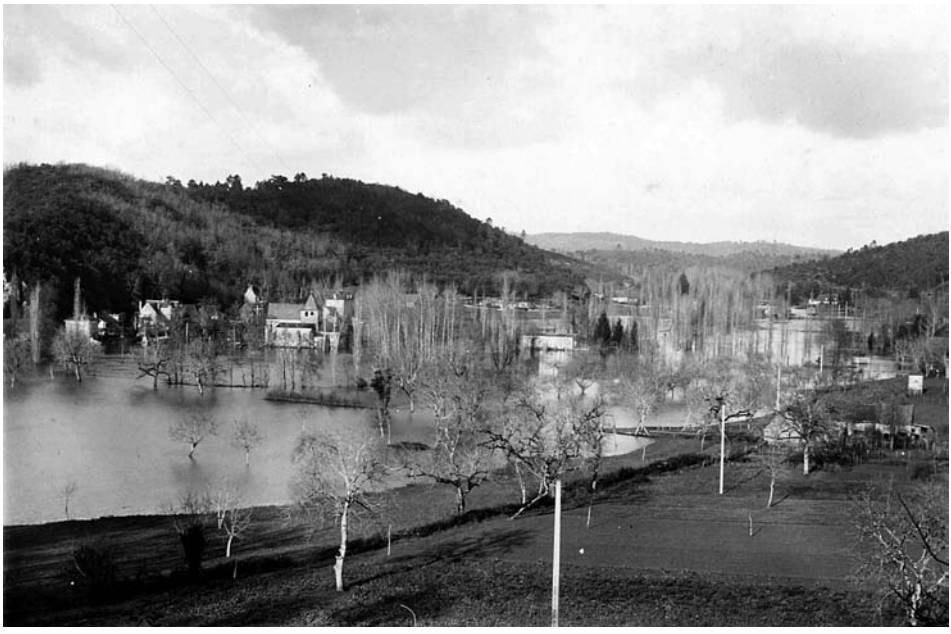


Figure1-21. Crue de la Dordogne à Carsac-Aillac en décembre 1944. Source : mairie de Carsac-Aillac

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Pluies diluviennes et fonte des neiges	• Bergerac, Argentat, Beaulieu-sur-Dordogne, Lalinde, Montignac, Terrasson, Limeuil	• Nombreux commerces et maisons inondés • Évacuations à Terrasson et à Montignac

Crue de la Corrèze et de la Vézère du 3 au 5 octobre 1960

Les 2 et 3 octobre 1960, la dépression positionnée de l'Irlande au golfe de Gascogne et l'anticyclone d'Europe centrale génèrent une remontée d'air méditerranéen chaud et humide qui franchit la barre des Cévennes et s'avance jusqu'à 200 km plus au nord. Au contact de l'air océanique plus frais des pluies diluviennes s'abattent sur une zone s'étendant du sud de la Dordogne jusqu'à l'ouest de Gramat, et au nord jusqu'au bassin du Cher. Pendant l'épisode des 3 et 4 octobre **(fig. 1-22)**, on relève 200 mm en 24 heures à Millevaches près des sources de la Vézère, 193 mm à Bugeat et 195 mm à Corrèze.

Tous les cours d'eau de la région entrent subitement en crue. À Tulle, la Corrèze atteint la cote 5,43 m. En décembre 1944, elle n'avait pas dépassé 3,75 m. Avec 3,85 m à Uzerche, la Vézère dépasse d'exactement un mètre son niveau de 1944. Les débits sont de partout remarquables : 690 m³/s pour la Corrèze à Brive, 385 m³/s pour la Vézère au Saillant et 125 m³/s pour la Loyre au pont de Chassagnac.

Tulle et Brive sur la Corrèze, Terrasson et Montignac sur la Vézère sont fortement impactées. On déplore deux morts dans la région de Tulle. La cité est sous 2,20 m d'eau boueuse (fig. 1-23). Les courants ravinent les rues et soulèvent les dalles des trottoirs. Huit quartiers sont totalement submergés.

Figure 1-23. Inondation du Champ de Mars à Tulle par la Corrèze en octobre 1960. Source : DDT 19

Plusieurs lignes ferroviaires sont coupées – notamment celle de Paris-Toulouse – et des ponts emportés. La coupure des routes isole complètement Montignac. À Brive, l'événement fait 7 000 sinistrés et sans logis. Durant des semaines, les décombres jonchent les rues. Par endroits, des bâtiments se sont effondrés suite aux affouillements. Le coût total des dégâts se chiffre à plus de 49 millions de francs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen remontant jusqu'à 200 km au nord de la montagne Noire	• Brive, Tulle, Uzerche, Montignac, Terrasson	• 2 morts, plusieurs maisons inondées (plus de 2 m par endroit), 7 000 sinistrés

Crue des 21 et 22 septembre 1993 sur le haut bassin de la Loue

Le 21 septembre des orages d'une extrême violence s'abattent sur le sud du département de la Haute-Vienne **(fig. 1-24)** et sont à l'origine de très fortes précipitations sur le haut bassin de la Loue, en particulier sur la commune de Saint-Yrieix-la-Perche (fig. 1-25). Le poste météorologique de la commune enregistre un cumul de 141 mm en 24 heures.

La Loue et le Couchou entrent en crue soudainement. Le débit de pointe de la Loue à Saint-Médard-d'Excideuil est estimé à 210 m³/s, soit une période de retour supérieure à 100 ans.

Figure 1-25. Le Couchou dans sa traversée de Saint-Yrieix-la-Perche. Source : Artelia

Le bilan matériel est lourd. Le lit de la Loue, canalisé dans la traversée de Saint-Yrieix, est très endommagé. De nombreux commerces et habitations sont inondés. Plus de 100 personnes sont mises au chômage technique, sans compter plus d'une trentaine de routes coupées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage • Phénomènes d'une extrême violence	• Saint-Yrieix-la-Perche, Saint-Priest-Ligoure, Janailhac, La Meyze, Pierre-Buffière, Solignac	• Une trentaine de routes coupées, plus de 100 personnes au chômage technique

Crue des 5 et 6 juillet 2001 en Corrèze

Les 5 et 6 juillet 2001, un épisode pluvieux d'une extrême violence provoque des crues sur la plupart des rivières du centre du département de la Corrèze. Une première vague de pluies orageuses touche le département de la Corrèze dans la nuit du 4 au 5 juillet, puis une seconde dans la nuit du 5 au 6 juillet. Les cumuls sur deux jours (4 juillet à 8 heures et 6 juillet à 8 heures), atteignent 100 mm aux extrémités ouest et est du département, et entre 150 et 210 mm sur le centre. On est nettement au-dessus de la période de retour de 100 ans pour ce secteur.

La première vague sature le sol d'où le faible impact des premières précipitations malgré leur intensité. La deuxième arrive moins de 12 heures après alors que la décrue est à peine amorcée. Les débits estimés ont une période de retour supérieure à 20 ans. Le haut bassin de la Vézère et ses affluents rive gauche ne sont concernés que dans une moindre mesure.

Associées, en certains endroits, à des coulées de boue (bassins de la Corrèze, de la Couze, de la Sourdoire, de la Souvigne et de la Tourmente), les inondations vont causer d'importants dégâts. La moitié du département de la Corrèze est concernée. L'événement survient 18 mois après la tempête de 1999 qui avait déjà considérablement dégradé le réseau hydrographique (déstabilisation de berges, formation d'embâcles…). Bon nombre de cultures sont détruites et des champs ravinés. Les sites touristiques, comme le village de Bournat et l'aquarium du Périgord noir, sont sous les eaux. L'A 20 est coupée en deux endroits, sur la commune d'Ussac, au niveau du ruisseau du Ridoulet et, à Brive, au niveau de la zone industrielle de Beauregard. À Saint-Chamant, des ouvrages sont emportés le long de la Souvigne. De nombreuses voies de communication sont coupées et des bâtiments publics et privés inondés. Le Rieux Tord, affluent de la Vézère, dégrade fortement ses berges et inonde plusieurs quartiers habités de Saint-Pantaléon-de-Larche. L'avenue Jean-Baptiste-Galandy est submergée par le ruissellement des eaux provenant du débordement de l'ouvrage de franchissement du boulevard de Feletz.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage • Phénomène centennal	• Abords de la Corrèze et de ses affluents	• A 20 coupée, plusieurs quartiers inondés, ouvrages emportés, perte de cultures

Crues des 25 et 26 mai 2008 dans la région de Périgueux

Le dimanche 25 mai et le lundi 26 mai 2008, une série d'orages violents s'abattent sur la région de Périgueux, entre Jumilhac-le-Grand au nord et Mazeyrolles au sud.

Le premier épisode pluvieux arrive par l'ouest dans la nuit du 23 au 24 mai. De 4 heures à 12 heures la pluie est modérée. De nombreuses averses continuent à se produire de manière plus éparse jusqu'à minuit environ avec une augmentation régulière des cumuls horaires atteignant parfois 20 mm. Une accalmie s'installe jusqu'à 10 heures le matin du 25 mai. À 11 heures une structure pluvio-orageuse se réactive dans la zone de Mazeyrolles, puis vers midi la zone comprenant les communes des Eyzies, Saint-Cyprien et Bouzens est touchée par un épisode pluvio-orageux de forte intensité, avec des cumuls atteignant 30 à 50 mm en une heure. Les sols, saturés par les précipitations cumulées depuis un mois et les jours précédents ne peuvent écrêter la nouvelle lame d'eau. Dans ces conditions, les karsts ne jouent plus leur rôle modérateur de crue et deviennent au contraire des générateurs d'eau à travers de nombreuses résurgences. Un nouvel orage s'abat à 13 heures dans la zone d'Azerat, Thenon et Auriac-du-Périgord avec des cumuls de l'ordre de 30 à 50 mm en une heure. La pluie continue ensuite de manière plus modérée jusqu'en début de soirée.

La réponse hydrologique est violente. Elle touche principalement les sous-bassins de l'Isle, de l'Auvézère, de la Loue et de la Vézère. De nombreux petits ruisseaux, généralement à sec, entrent en crue suite aux apports cumulés des karsts et du ruissellement direct.

Plusieurs bassins réagissent fortement le 25 en fin d'après-midi : l'Isle amont, l'Auvézère, la Dordogne en aval de la confluence avec la Vézère, et la Corrèze à l'aval de Montignac. Les cumuls importants sur le bassin de l'Isle amont entraînent une réaction rapide des cours d'eau secondaires qui atteignent leur maximum le 25 mai vers 20 heures. On enregistre 2,50 m à la station d'Excideuil le 25 mai à minuit, et 2,20 m à Périgueux le 26 mai à 15 heures.

Les dégâts sont variables d'une commune à l'autre. Nombre de routes sont coupées, des maisons et des caves inondées ainsi que quelques réseaux. À Cadouin, des rues sont submergées (fig. 1-26). Les zones agricoles sont durement touchées par le ruissellement qui a lessivé les sols en pleine période de semis.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Plusieurs orages violents et réactivation de résurgences karstiques	• Abords de l'Isle amont, de l'Auvézère, de la Dordogne aval et de la Corrèze à l'aval de Montignac	• Routes coupées, lessivage des terres, maisons inondées et quelques réseaux affectés

Figure 1-26. Cadouin, le 25 mai 2008. Source : SDIS 24, photo sergent-chef O. Rigaud

Unité bassin de la Garonne

Réseau hydrographique

D'une longueur de 525 km – dont 478 km en France – la Garonne prend sa source en Espagne, dans le val d'Aran. Son bassin versant de 55 000 km² s'étend sur trois régions administratives (Aquitaine, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées) et huit départements (Ariège, Gironde, Haute-Garonne, Gers, Lot, Lot-et-Garonne, Hautes-Pyrénées, Tarn-et-Garonne). Il a la particularité d'être un bassin en corolle avec des apports intermédiaires considérables. Les sous-bassins sont très différenciés tant par leur topographie, leur géomorphologie, que par la dynamique de leurs crues.

La montagne pyrénéenne occupe l'ensemble du haut bassin de la Garonne. Cette barrière orographique culmine à plus de 3 000 m. Elle est à l'origine d'abats d'eau exceptionnels (les *aygats*). La convergence hydrographique des trois bassins de la Garonne, de l'Ariège, et du Salat confère à la Garonne un régime de crues spécifique dont l'épisode de juin 1875 constitue l'un des exemples les plus extrêmes. En tête de bassin, la Garonne est un cours d'eau montagnard, aux vallées étroites et aux fortes pentes. Son régime est alors celui d'un torrent aux crues soudaines et puissantes. Elle reçoit en rive gauche une série d'affluents en provenance du plateau de Lannemezan. Ces petites rivières parallèles, qui naissent à moins de 600 m d'altitude et ne reçoivent que de courts affluents, ont des débits modestes mais peuvent connaître des crues catastrophiques, comme ce fut le cas en juillet 1977. À l'aval de Montréjeau et de sa confluence avec la Neste, la Garonne n'est plus un gave et coule dans une large vallée de piémont. Son régime garde néanmoins un caractère montagnard jusqu'à Toulouse.

À l'aval de Toulouse, la vallée s'élargit, la Garonne y développe d'amples sinuosités à méandres actifs et berges vives. Elle constitue jusqu'à la confluence du Tarn un vaste champ d'épandage des crues où la Garonne ne reçoit que des affluents secondaires. Plus en aval son lit change d'aspect et devient plus encaissé. La plaine inondable conserve néanmoins une certaine amplitude, entre 2,5 et 4 km de large. En ce qui concerne les inondations, le secteur est soumis aux multiples apports amont (Pyrénées, Lannemezan, Tarn, Lot) et toujours exposé à des concomitances défavorables.

La Garonne rejoint l'océan Atlantique par l'estuaire de la Gironde. Ce dernier est particulièrement exposé au phénomène de marée dont les effets se font sentir jusque sur les sections aval de la Garonne et de la Dordogne. La concordance entre les maxima fluviaux et les hautes eaux marines est à l'origine des inondations les plus importantes. Fort heureusement de telles conjonctions sont rares. Elles prennent un tour exceptionnel quand les conditions météorologiques génèrent des phénomènes de surcote marine. La forme de l'estuaire contribue également à accentuer le niveau des eaux.

Typologie des inondations

On considère ici le périmètre de l'UP « bassin de la Garonne » stricto sensu. Les éléments propres au Lot et au Tarn sont traités indépendamment. Sur la partie de la Garonne située en amont de Toulouse, on observe des inondations par débordement de cours d'eau, avec des crues rapides de différentes influences – crue océanique

pyrénéenne ou classique, crues méditerranéennes – et parfois des phénomènes de lave torrentielle, de ruissellement ou de fonte nivale. La convergence hydrographique des trois bassins amont (Garonne, Ariège, Salat) peut conduire, en cas de fortes précipitations sur une large extension spatiale, à des crues exceptionnelles, comme en juin 1875. Au-delà de Toulouse jusqu'à la confluence avec le Tarn, l'absence d'apports significatifs conduit à des crues plus lentes qui s'épandent dans la large plaine d'inondation. Après la confluence avec le Tarn, puis avec le Lot, les inondations peuvent être, ou lentes par propagation des crues en amont de Toulouse, ou rapides par apport des crues du Tarn ou du Lot, ou généralisées en cas de phénomène de concomitances entre l'amont pyrénéen, les apports du plateau de Lannemezan, puis ceux du Tarn et du Lot. Plus en aval, des influences marines sont possibles via l'estuaire de la Gironde, lors de tempêtes.

Inondations remarquables

Huit événements ont été retenus et couvrent différentes typologies d'inondation **(fig. 1-27)** : crues océaniques pyrénéennes en juin 1875, février 1952, juillet 1977 et juin 2000 ; crues méditerranéennes en mars 1930 et juillet 2001 ; laves torrentielles les 23 et 24 juin 1875 ; et submersion marine en décembre 1999. L'épisode de 1875 reste l'un des plus remarquables et des plus dramatiques à l'échelle du bassin et du territoire national avec quelque 500 morts, et un débit de la Garonne à Toulouse de 8 000 m³/s.

Crue généralisée de juin 1875 sur le bassin versant de la Garonne

Le 21 juin, un front océanique pluvieux très dense envahit le bassin de la Garonne, poussé par un vent d'ouest - nord-ouest qui le tient adossé aux Pyrénées. De très fortes précipitations s'abattent sur les versants. L'ensemble des cours d'eau entre en crue simultanément (Garonne, Ariège, Salat). La fusion nivale a peu d'effet sur la genèse de l'événement.

Les précipitations sont étendues à une grande partie de la France. Elles débutent dans le Sud-Ouest le 16 juin et se poursuivent de manière intermittente jusqu'au 20. Du 21 au 23 juin dans la soirée, les cumuls sont particulièrement importants en amont de Toulouse. Durant 60 heures, les pluies ne vont cesser sur des sols déjà saturés. Le pic pluviométrique du 23 survient alors que les rivières coulent déjà à pleins bords et commencent à submerger leurs berges. Les cumuls sur six jours (du 19 au 24 juin) atteignent 190 mm à Montréjeau, 162 mm à Aurignac et 135 mm à Toulouse. On relève des valeurs comparables dans les départements du Gers, de l'Ariège, dans les Cévennes et la montagne Noire.

Fort heureusement, les pics de crue des différents affluents sont décalés dans le temps. En amont de Toulouse, la crue du Volp passe la première le 23 juin, suivie de celle du Ger, de l'Arize et de l'Hers, puis de l'Ariège et du Salat. La crue de la Garonne proprement dite atteint Toulouse quelques heures plus tard, le 24 juin à 2 h 30 du matin. Si ces maxima avaient coïncidé, le pic de crue aurait été bien plus important. Au plus fort de la crue, la Garonne débite tout de même 8 000 m³/s à Toulouse.

Le bilan humain est catastrophique. Plus de 500 personnes perdent la vie au cours de l'événement, ce qui en fait à ce jour l'une des crues les plus meurtrières du territoire national. À Toulouse, les quartiers de Saint-Cyprien, du Port-Garaud, de Saint-Michel, de Tounis (fig. 1-28), des Amidonniers, de l'Embouchure, des Sept-Deniers

sont inondés sous plusieurs mètres d'eau. On relève 5,20 m rue Viguerie. De nombreuses usines (papeterie, teinturerie, scierie, entrepôts…) et commerces sont dévastés. La moitié des maisons de ces quartiers sont détruites. Les ponts Saint-Pierre et Saint-Michel ont cédé sous la pression des eaux. Toutes les communes à proximité de la Garonne sont touchées : maisons effondrées, ponts emportés, cultures perdues, routes coupées. Sur le bassin de l'Ariège, à Pamiers, à Foix, à Lavelanet et à Mirepoix, plusieurs habitations et usines sont détruites. Le Gers, la Save, la Gimone dévastent plusieurs villages : maisons effondrées et ensevelissement de cultures. À Auch, le Gers inonde les quartiers bas de la ville.

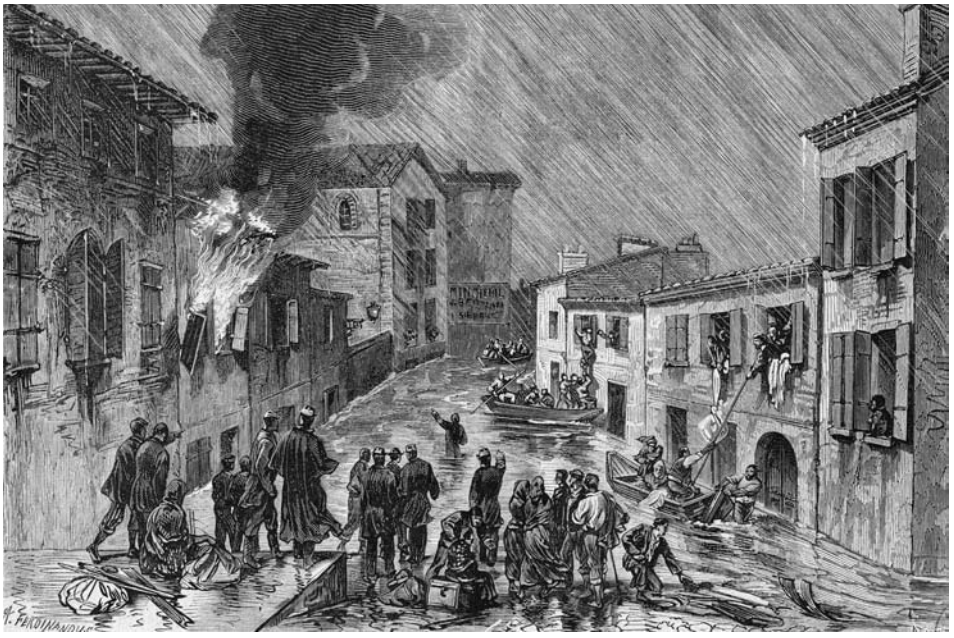


Figure 1-28. Sauvetage des inondés dans le quartier de Tounis à Toulouse pendant la crue de 1875. Source : Ville de Toulouse, Archives municipales, cote 45Fi

L'événement a un retentissement national et donne lieu à un très large mouvement de solidarité. Parallèlement, de nouvelles mesures de prévention des inondations sont mises en place sur le bassin versant de la Garonne et étendues bientôt à l'ensemble du territoire français (création des services d'annonce des crues). D'importants aménagements sont entrepris dans l'agglomération toulousaine. Le lit de la Garonne est entièrement endigué dans la traversée de la cité pour préserver en particulier la rive gauche. D'importants dragages sont effectués en amont et en aval de la ville. Au sud, des terrains sont remblayés afin de surélever les grandes zones d'activités.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen • Crue généralisée	• Tous les abords de la Garonne et de ses affluents	• 500 morts, plusieurs milliers de maisons détruites

Crue torrentielle des 23 et 24 juin 1875 en Ariège

L'épisode pluvieux des 23 et 24 juin 1875 est à l'origine de crues torrentielles extraordinaires sur les hauts bassins versants ariégeois. C'est la plus grande catastrophe hydrologique connue sur le secteur. Les cumuls pluviométriques du 21 au 23 juin atteignent 189 mm à Foix et 200 mm en amont de Tarascon.

La crue est aggravée par une série de glissements de terrain et d'embâcles. À Verdun en Ariège, une importante zone boisée se détache du versant (largeur de 60 m, longueur d'environ 120 m, sur une épaisseur de 10 à 12 m). Dans la nuit du 23 au 24 juin, cette masse glisse jusqu'au ravin de Capel, puis est entraînée vers l'aval par le torrent de Verdun. L'amas d'environ 100 000 mètres cubes forme alors un barrage dans la gorge du torrent des Moulines, au-dessus de Verdun. Il cède le 24 juin vers quatre heures du matin sous la pression du torrent en crue. Le tout se transforme alors en une énorme lave torrentielle qui emporte tout sur son passage. D'autres laves se forment à Castelet, Mérens, Axiat, Caychax, etc., avec des conséquences plus limitées.

Le bilan est catastrophique en Haute-Ariège. On dénombre au total une centaine de victimes, dont 81 pour la seule commune de Verdun (Ariège) où 30 maisons, 16 granges, un moulin, une scierie et le cimetière sont détruits. De la Haute-Ariège à la plaine de Pamiers, ponts et routes sont emportés et de nombreuses maisons sont submergées.

Cet événement exceptionnel est à l'origine de la mise en place dans la région du service de RTM, avec une politique plus active de défense contre les risques naturels en montagne.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen • Laves torrentielles (plus grande catastrophe hydrologique de l'Ariège)	• Le Bassin ariégeois (de la Haute-Ariège à Pamiers)	• 81 victimes à Verdun (Ariège) sur un total de 500 victimes (cf. crue généralisée de juin 1875)

Crue de mars 1930 sur la Garonne

L'inondation de mars 1930 est une crue tarnaise d'origine méditerranéenne. Elle a totalement submergé la plaine inondable de la Garonne.

Début mars 1930, de fortes pluies sur le Massif central et la fonte brutale des neiges génèrent des crues d'une rare violence sur la plupart des cours d'eau de l'unité « bassin de la Garonne ». Les lames d'eau précipitées du 1er au 3 mars atteignent plus de 200 mm sur la montagne Noire, les hauts bassins de l'Agout et du Dourdou ; 125 mm sur la partie centrale du bassin du Tarn ; près de 100 mm à l'ouest de Saint-Sulpice.

En seulement quelques heures, la vallée de la Garonne est sous les eaux. Le pont de La Magistère est détruit. On estime ici que la hauteur maximale des eaux aurait atteint 11,50 m contre 12,10 m en 1875. Aux premières heures du 4 mars, après leur lente montée de la veille, les eaux envahissent brusquement la ville d'Agen. La crue de la Garonne s'amplifie en aval de la confluence du Lot. À Tonneins et à La Réole,

les hauteurs enregistrées en 1875 sont dépassées avec respectivement 10,72 m contre 10,56 m, et 10,73 m contre 10,43 m.

Fort heureusement, la lenteur relative de la crue permet aux habitants de se mettre à l'abri. Les dégâts sont importants. On relève quatre victimes à Agen, deux à Valence-d'Agen et une à La Magistère. Agen (fig. 1-29) est inondée sous 1 à 4 m d'eau sur les trois-quarts de son territoire. À Colayrac-Saint-Cirq, les digues ont cédé, les maisons sont ébranlées et le bétail noyé. Le village de Couthures-sur-Garonne, en aval de Marmande, est en partie détruit. La plupart des agglomérations de la vallée sont sous les eaux.

Le coût total de cette inondation dépasse le milliard de francs (valeur de 1930).

Figure 1-29. Crue de 1930 à Agen à la confluence Garonne-Tarn. Source : Aquadoc

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen cévenol Pluies diluviennes en mars	• Les abords du Tarn moyen et aval, de la Garonne moyenne et aval, du Thoré et de l'Agout (entre autres)	• 7 morts sur la Garonne, mais un total de 210 morts (cf. unité « bassin du Tarn »), 10 000 sinistrés, des milliers d'animaux domestiques noyés • 1 GF de dommages

Crue du 1er au 5 février 1952 sur la Garonne

La crue du 1er au 5 février 1952 est l'un des événements océaniques pyrénéens les plus remarquables observés depuis un siècle. Son ampleur la positionne entre l'événement de 1875 et celui de 1879. Elle affecte principalement la Garonne et ses affluents. Les têtes de bassin sont relativement épargnées par l'épisode.

À partir du 18 janvier 1952 un anticyclone continental maintient un air polaire sur la région Aquitaine. En fin de mois, le déplacement d'une dépression centrée sur l'Allemagne du Nord génère une remontée d'air tropical, particulièrement chaud et humide. Le contact des deux masses d'air est à l'origine de précipitations très importantes entre le 31 janvier au soir et la matinée du 3 février.

En 72 heures, on enregistre 167 mm en amont de Toulouse, 130 mm sur le plateau de Lannemezan, 68 mm sur le Tarn, 104 mm en amont d'Agen. Sur les versants pyrénéens orientés ouest - nord-ouest les cumuls en 48 heures atteignent 260 mm à Vicdessos, 371 mm à Massat. L'adoucissement des températures fait remonter la limite pluie-neige à 1 800 m. L'apport nival, sans être négligeable, concerne avant tout la partie haute des bassins.

Le phénomène est particulièrement remarquable sur la Garonne, même si les débits enregistrés jusqu'à la confluence du Tarn restent loin des records. En aval, les volumes charriés sont bien plus imposants du fait, en particulier, des apports de l'Agout. Les débits de la Garonne atteignent 3 300 m³/s à Toulouse (contre 8 000 m³/s en 1875) ; 6 500 à 7 000 m³/s à Agen (contre 8 500 m³/s en 1875).

Les hauteurs maximales sont elles aussi inférieures aux records de 1875 ou 1930. En aval du Lot, toutes les berges sont submergées. On relève 10,26 m à Tonneins et 10,81 m à La Réole, soit respectivement 44 et 46 cm de moins que les niveaux de 1930. Les rivières du Lannemezan (Gers, Save, Arrats et surtout la Baïse), le Grand Hers affluent de l'Ariège, puis les petites rivières de l'Hers Mort, du Girou, du Touch, de la Louge sont les plus gros contributeurs. Au total, les crues modérées de la haute Garonne et du Tarn couplées aux crues sévères des petites rivières du Lannemezan ont suffi à produire une inondation remarquable sur la Garonne moyenne et inférieure.

L'événement de février 1952 cause d'importantes pertes. On déplore six ou sept victimes. À Agen, les deux tiers de la ville sont inondés. À Toulouse, les pompiers et les militaires procèdent à la mise en sécurité de dizaines de sinistrés (fig. 1-30). Plusieurs routes sont inondées dans les communes alentour. À Pinsaguel la Garonne détruit la voie du chemin de fer et ravine les champs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen	• Tous les abords de la Garonne et de ses affluents	• 6 ou 7 morts

a)

b)

Figure 1-30. Crue de février 1952 (a) à Toulouse ; (b) crue de l'Hers à Baziège.
Sources : (a) Ville de Toulouse ; (b) © Lacombe

Crue des rivières de Gascogne de juillet 1977

La crue océanique pyrénéenne de juillet 1977 est surprenante à maints égards : vitesse de montée des eaux, vitesse de propagation (3 à 3,5 m/s), hauteurs maximales atteintes, dommages. Elle affecte principalement les rivières de Gascogne.

Les pluies **(fig. 1-31)** débutent dans la soirée du 7 juillet sur le département du Gers et une partie des départements limitrophes. Il pleut à l'est de la Baïse sans discontinuer pendant cinq heures et intensément sur la Save moyenne, particulièrement sur le sommet du cône du Lannemezan. À Auch, les précipitations sont continues et très intenses du 7 juillet à 20 heures au 8 juillet à 13 heures avec un cumul de 175 mm. La valeur maximale observée est de 225 mm de 0 heure à 15 heures le 8 juillet au poste de Labéjan (Haute-Garonne). On relève par ailleurs 131 mm à Masseube, 154 mm à Castelnau-Magnoac, 151 mm à L'Isle-en-Dodon.

La montée des rivières est très rapide. À Layrac, près du confluent avec la Garonne, le Gers atteint 8,90 m dans la matinée du 9 juillet pour un débit estimé à 1 200 m^3/s (débit moyen annuel 7,2 m^3/s). L'Auloue à Castéra-Verduzan passe de 3 m à 12 heures à 6,50 m à 13 heures. La Baïse à Nérac monte à 7,87 m pour un débit de 600 m^3/s. Les hauteurs record sont dues aux nombreux embâcles créés au passage des ponts et des routes en remblai.

Le bilan humain et matériel est lourd. On enregistre le décès de cinq campeurs. De nombreuses personnes emportées par les eaux ne doivent leur salut qu'à la présence d'arbres. La ville basse d'Auch est sous trois mètres d'eau. Plusieurs ponts sont détruits. On recense plus de 5 000 sinistrés, 315 commerces et 200 ateliers artisanaux dévastés. Dans le Gers, 51 communes sont fortement impactées. Les récoltes sur pied ou déjà rentrées sont en grande partie endommagées. De nombreuses routes sont coupées. Les moyens de communication sont détruits, engendrant des difficultés de gestion des secours.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen • Grande vitesse de montée des eaux et importante propagation	• Une cinquantaine de communes touchées dans le Gers, la Haute-Garonne et le Lot-et-Garonne	• 5 morts, 5 000 sinistrés, 315 commerces détruits

Crue de décembre 1999 consécutive à la « Tempête du siècle »

L'inondation du 27 au 28 décembre 1999 (fig. 1-32) dans l'estuaire de la Gironde et de la basse vallée de la Garonne a surpris par l'ampleur des conséquences matérielles, notamment sur la centrale nucléaire du Blayais. Les vents sont exceptionnels. On relève des pointes de 148 km/h à Biscarrosse, 194 km/h à Royan et plus de 200 km/h à l'île d'Oléron. À l'intérieur des terres, les vitesses restent très élevées avec 120 km/h à Périgueux, 144 km/h à Bordeaux-Mérignac et 158 km/h à Cognac.

La tempête génère une surcote comprise entre 1,20 et 1,50 m qui, accentuée par la forme de l'estuaire, atteint + 2 m à Pauillac, soit une cote marine de 7,05 m au lieu

de 5,05 m. Les communes en rive droite (Ambès, Saint-Louis-de-Montferrand) sont noyées sous plus d'un mètre d'eau.

La puissance de la houle renforcée par les troncs d'arbres charriés par le fleuve détruit de nombreuses digues à la mer. Dans l'estuaire de la Gironde, le phénomène est aggravé par les eaux fluviales arrivant en sens inverse. La Garonne perce quelques digues mal entretenues et s'étale hors de son lit sur plusieurs kilomètres, alors qu'à la confluence de la Dordogne le débit de 1 500 m^3/s correspond à une crue modeste. À Bordeaux, le fleuve passe par-dessus les quais et emporte une quinzaine de voitures.

Figure 1-32. Jetée à Arcachon dans la nuit du 28 décembre 1999.
Source : INA

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique tempétueux avec surcote marine • Crue modeste de la Garonne	• L'estuaire de la Gironde et la basse vallée de la Garonne	• Incident de la centrale nucléaire de Blayais (cf. UP littoral atlantique)

Crue de la Lèze du 10 au 16 juin 2000

Cet événement trouve son origine dans un épisode pluvieux de 30 heures particulièrement important sur le piémont pyrénéen en amont de Toulouse. La durée, la localisation et l'extension spatiale, plus que l'intensité des abats d'eau, lui donnent un caractère exceptionnel. L'épisode a été précédé de pluies qui ont contribué à la saturation des sols.

Le bassin de la Lèze est le plus touché. Il n'est pas le seul. Chacun réagit à sa façon. Sur l'Ariège, les périodes de retour des débits augmentent vers l'aval, sans pour autant atteindre des valeurs exceptionnelles. La hauteur d'eau atteint 1,86 m (T = 3 ans) à Foix et 2,96 m (T entre 12 et 20 ans) à Auterive. L'événement est nettement plus marqué sur les affluents de piémont, rive droite de la Garonne (Salat, Volp, Arize…). Sur la Lèze, on relève 5,13 m au Fossat (T = 40 ans), 7,23 m

à Lézat (T = 50 ans). À Labarthe, la crue monte à 2,94 m (T = 50 ans) et dépasse les hauteurs de septembre 1993 (2,57 m) et de mai 1977 (2,24 m). L'événement de juin 2000 est le plus important à cet endroit depuis 1875. Sur l'Arize, on relève 4,37 m au Mas-d'Azil (T = 25 ans), 7,10 m à Rieux-Volvestre (T = 50 ans) où les niveaux dépassent largement ceux de mai 1977 (6,50 m) et de septembre 1993 (6,08 m). Sur la Garonne elle-même, les valeurs observées les plus fortes se situent dans la partie médiane de la vallée, entre Toulouse et la confluence du Tarn. La crue reste modeste.

La situation est particulièrement préoccupante sur la Lèze. La montée des eaux est rapide et les courants sont violents. L'inondation prend de l'ampleur un peu à l'amont d'Artigat. À Artigat même, son extension est exceptionnelle. La Lèze occupe la quasi-totalité de la plaine alluviale. Les ruptures de berges sont nombreuses. L'eau submerge plusieurs remblais de routes et les campings sont inondés. La crue s'étend uniformément en rives droite et gauche jusqu'au Fossat. On relève jusqu'à 60 cm d'eau dans les maisons d'un lotissement. Sur la Save, l'état des ouvrages de défense aggrave encore la situation. Les dommages sont nombreux dans tous les villages le long des cours de la Lèze et de l'Arize : ouvrages hydroélectriques, campings, maisons particulières, établissements recevant du public, terrains agricoles. Sur la Garonne à Toulouse (fig. 1-33), l'île du Ramier est partiellement inondée : parc des expositions, zone industrielle chimique, résidences universitaires. Les pompiers procèdent à des mises en sécurité de personnes à L'Isle-Jourdain, Riscle, Lectoure et Condom.

Figure 1-33. Chaussée du Moulin à Toulouse, le 12 juin 2000. Source : Ville de Toulouse

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pyrénéen • Événement original par sa durée, sa localisation et son extension spatiale	• Tout particulièrement les abords de la Lèze et ceux des affluents de piémont, rive droite de la Garonne	• Maisons, campings, lieux publics inondés • À Toulouse, l'île du Ramier est partiellement touchée

Crue des Nestes les 4 et 5 juillet 2001

Les inondations des Nestes de juillet 2001 (fig. 1-34) ont marqué les mémoires locales, beaucoup les comparent à un autre événement du même type survenu en 1982.

Elles trouvent leur origine dans une perturbation pluvio-orageuse venue d'Espagne. Poussées par un vent de sud, les cellules orageuses se développent les 4 et 5 juillet. Les précipitations sont conséquentes. La majeure partie du bassin versant des Nestes reçoit entre 100 à 160 mm de pluie. On relève jusqu'à 200 mm en 15 heures près de la frontière espagnole. On enregistre également 150 mm au refuge de Barroude, 195 mm à l'hospice de Rioumajou, 160 mm à Piau et encore 141 mm à Eget. Le phénomène s'atténue rapidement vers l'aval (moins de 50 mm à La Barthe-de-Neste).

Le redoux (isotherme 0 °C vers 3 000 m) et l'action des pluies entraînent la fusion d'un important stock de neige au-dessus de 2 700 m. Les intenses chutes de grêles enregistrées le 4 juillet en fin de soirée vont renforcer encore les volumes d'eau mobilisables.

L'ensemble de ces apports est à l'origine de débits conséquents en aval : 145 m^3/s sur la Neste d'Aure, soit une centaine de moins qu'en novembre 1982. Avec 4,47 m on reste également à 40 cm en deçà des hauteurs atteintes lors de l'événement d'octobre 1937. À tempérer toutefois par le fait que le lit s'est exhaussé depuis. Sur la Neste de Louron, la cote 1,60 m (période de retour T = 40 ans) est atteinte, ce qui place l'événement devant celui de juillet 1897, mais en deçà toutefois de celui de 1937. Le lac artificiel de Genos-Loudenvielle (construit après 1982) permet d'écrêter une partie des volumes. Sa superficie passe en une nuit de trente-huit à une cinquantaine d'hectares avec une élévation de + 1,50 m écrêtant ainsi nettement l'onde de crue sur les sections aval. À la confluence des deux Nestes, les niveaux de 1937 auraient toutefois été atteints. La concomitance des crues sur les deux rivières est à souligner. Plus à l'aval, on enregistre encore 4,10 m à Beyrède-Sarrancolin.

Malgré les mesures préventives engagées après 1982, on relève des dommages conséquents en particulier sur les infrastructures. Quatre campings, deux colonies de vacances et deux lotissements, soit environ 300 personnes, sont évacués. De nombreuses routes sont coupées. À Arreau, la place du marché est submergée. On relève aussi plusieurs glissements de terrain.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage • Effets de concomitance des ondes de crue des deux Nestes	• Aux abords des Nestes, plusieurs villages submergés	• Évacuation de plusieurs centaines de personnes, destruction d'infrastructures

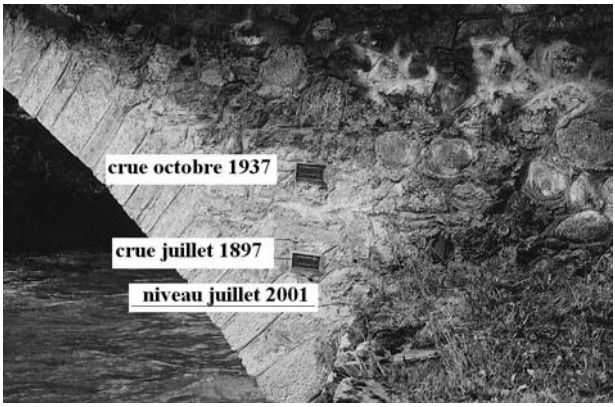


Figure 1-34. Repères de crue sur le pont de Vieille-Aure, comparaison du niveau de juillet 2001 avec les crues précédentes. Source : Aquadoc

Unité littoral atlantique (côtiers sud-ouest)

Réseau hydrographique

Le territoire des bassins côtiers du littoral atlantique s'étend en une longue bande de l'île d'Oléron au nord jusqu'à la rivière Bidassoa au sud. Cette dernière marque la frontière avec l'Espagne. Le territoire est traversé par les estuaires de la Gironde et de l'Adour. Les événements référence correspondant à ces secteurs sont décrits dans les unités de présentation correspondantes.

Les bassins versants de l'UP « littoral atlantique » sont de petites tailles et se jettent tous dans l'océan Atlantique. L'extrême sud de l'unité est limité par la chaîne pyrénéenne. Le fleuve Nivelle y prend sa source sur les pentes du Pays basque espagnol. Son bassin de 233 km² – dont 169 en France – est drainé par un chevelu hydrographique dense. Sur sa partie amont, les fortes pentes sont propices à des écoulements de type torrentiel. La Nivelle est alimentée par de nombreux affluents, dont, le plus important, le Lizuniagako Erreka qui la rejoint à Sare. À l'aval, son lit s'élargit et ses pentes s'adoucissent. Elle subit alors l'influence de la marée.

La Seudre draine l'extrême nord de l'unité « littoral atlantique ». Elle prend sa source à Saint-Genis-de-Saintonge et s'écoule sur environ 40 km en suivant un axe parallèle à la Gironde. Elle se jette dans le golfe de Gascogne au sud de l'île d'Oléron. Elle est reliée à la Charente par le canal de la Bridoire. Celui-ci est le principal collecteur du marais de Saintonge (marais de Brouage). Il constitue un « système prisonnier » entre les vannages de Marennes et Biard. Le bassin versant de la Seudre, y compris le secteur de l'estuaire, s'étend sur 700 km². Son relief peu marqué, sa faible dimension et sa position littorale, font qu'il est peu enclin à recevoir des pluies abondantes en tête de bassin. Notons qu'une partie des eaux de la Seudre s'écoule de façon souterraine vers l'estuaire de la Gironde où l'on relève la présence de résurgences. Au total, à l'inverse d'autres fleuves côtiers, comme la Charente, la Seudre réagit moins vivement aux épisodes pluviométriques de la façade océanique. Par contre, son estuaire est particulièrement sensible aux événements littoraux associant surcotes marines, tempêtes et submersions.

Typologie des inondations

La diversité des conditions naturelles explique en partie la variété des débordements de cours d'eau rencontrés sur l'UP (crue océanique, crue d'orage, crue torrentielle). Celle-ci est également exposée aux submersions marines tout au long de ses 300 km de littoral. De même, elle connaît ponctuellement des phénomènes de ruissellement.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 1-35)** : trois submersions marines (1924, 1999 et 2010) et deux débordements de cours d'eau suite à de violents orages (1963 et 1983).

Submersion marine sur le littoral atlantique le 9 janvier 1924

Une violente tempête touche les côtes atlantiques les 8 et 9 janvier 1924. Elle s'accompagne de forts vents d'ouest à sud-ouest. Les submersions engendrées affectent l'ensemble du littoral de l'Espagne à la pointe Bretagne.

Les vagues produites par le passage de la dépression sont conséquentes. La surcote observée à Arcachon est de 1,50 m. À La Rochelle, le niveau maximum atteint par la mer est de 7,20 m (CM) soit une surcote de + 1,66 m. Pour comparaison le niveau atteint lors du passage de Xynthia est de 8,01 m (CM). Les coefficients des deux marées du 9 janvier sont de 97 et 94 le long du littoral atlantique.

À Biarritz, les phénomènes de submersions débutent vers 4 h 30. Plusieurs bâtiments sont envahis par les eaux. Le casino est complètement submergé par les vagues. Dans les Landes, à Capbreton, deux maisons sont inondées. À Mimizan, l'établissement des bains et le casino sont détruits. Dans le bassin d'Arcachon, les submersions pénètrent les terres. Les inondations s'étendent sur une douzaine de kilomètres de part et d'autre de la voie ferrée en remblais, elle-même en partie détruite par l'action des vagues. À la pointe de Grave, l'eau s'étend également jusqu'à la voie ferrée.

Sous l'action du vent, les vagues orientées ouest pénètrent l'estuaire de la Gironde. Des habitations sont endommagées au Verdon. À Royan, vers 5 heures, l'eau s'élève brutalement de 5 m. De nombreux bâtiments sont inondés. L'eau remonte les boulevards Botton et Lessore jusqu'à la mairie. À Saint-Georges-de-Didonne les protections en ciment de la jetée du port sont emportées.

Sur la Gironde, l'écoulement du fleuve est entravé. L'effet combiné des vagues et du haut niveau des eaux génère de nombreuses inondations fluvio-maritimes. Plus en amont, des débordements sont constatés le long de la Garonne jusqu'à La Réole et Cadillac.

Sur l'île d'Oléron la mer rompt les digues.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de tempête avec submersion marine • Débordements fluvio-maritimes dans les estuaires	• Ensemble du littoral atlantique, estuaire de la Gironde	• Nombreux dégâts sur les protections du littoral et bâtiments en bord de mer (casinos)

Violents orages dans le Sud-Ouest du 1er au 6 août 1963

Début août 1963, de violents orages s'abattent sur la région Sud-Ouest. Ils s'accompagnent de fortes pluies, de grêle, de vents violents, et occasionnent localement des phénomènes de ruissellement importants et brutaux. La situation météorologique est très instable entre le 1er et le 6 août 1963. À partir du 1er août des orages se manifestent sur la Corrèze, la Haute-Vienne et la Gironde. Le 2 août, les perturbations, toujours très violentes, gagnent la Charente-Maritime entraînant des inondations à Saintes, Le Douhet et Mézerolles.

Les 5 et 6 août **(fig. 1-36)** de nouveaux orages frappent les Landes, les Pyrénées-Atlantiques et le Gers. On relève 212 mm de précipitations en deux jours à Anglet. Les inondations affectent la côte basque (Biarritz, Hendaye et Saint-Pée-sur-Nivelle) où trois campings sont touchés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage avec ruissellement	• Côte basque, Landes, Gironde	• Plusieurs habitations et infrastructures endommagées, plusieurs campings noyés

Crue torrentielle de la Nivelle le 26 août 1983

Une dépression d'origine méditerranéenne s'installe le 20 août 1983 sur la moitié sud de la France et active un flux d'air chaud sur la chaîne des Pyrénées. La zone de hautes pressions centrée au large du Portugal génère une masse d'air plus fraîche sur le littoral. Le front centré sur le relief des Pyrénées-Atlantiques engendre à partir du 24 août de très fortes précipitations accentuées encore par l'effet orographique. Le 26 août, le centre d'action pluviométrique se décale sur le bassin de la Nivelle et génère des cumuls exceptionnels **(fig. 1-37)** à l'origine d'une crue remarquable.

Le phénomène est rapide. À Saint-Pée-sur-Nivelle, le niveau passe en quatre heures de 1,10 m à 7,67 m, avec un débit de pointe estimé à 658 m^3/s (période de retour supérieure à 100 ans). Les eaux de la Nivelle s'épandent dans le lit majeur. Toute la vallée est sous les eaux. La station de jaugeage de Cherchebruit est noyée. À l'amont du pont, rive gauche, un repère de crue de fortune, positionné sur une maison, indique une hauteur d'eau de 6,50 m au-dessus du sol. Le pont est mis en charge. Un important courant s'écoule en direction du croisement de la route de Sare.

Sur le littoral, la crue est concomitante avec la haute mer (coefficient de 75 et 77 à Bayonne). Dans la traversée d'Ascain, le remous, très marqué, gêne les écoulements fluviaux et accroît les niveaux de débordement. Au lieu-dit Chalkarraga, le ruisseau Haniberreko submerge les environs sous plusieurs mètres d'eau. Des marques de crue indiquent les cotes NGF atteintes : 5,19 m NGF sur une maison face au camping Dorrea ; 6,73 m NGF sur le moulin en amont du pont ; entre 15,10 et 15,30 m NGF sur la route du pont d'Olhaberrieta. L'événement cause la mort de six personnes par noyade et d'importants dégâts. Au Pays basque espagnol, au même moment la crue du Nervion fait 36 morts.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage • Crue à caractère torrentiel	• Communes aux abords de la Nivelle	• 6 morts, plusieurs habitations inondées, ouvrages d'art endommagés

Tempêtes Lothar et Martin de décembre 1999 et submersions marines sur le littoral atlantique

Les trois premières semaines du mois de décembre 1999 sont marquées par une importante pluviométrie. Le 25 et le 27 décembre deux cyclones intertropicaux, Lothar et Martin, traversent la France d'est en ouest. Le creux dépressionnaire de Lothar (960 hPa) est centré sur la Vendée. Les vents sont exceptionnels. On relève des pointes à 148 km/h à Biscarrosse, 194 km/h à Royan et plus de 200 km/h à l'île d'Oléron. À l'intérieur des terres, les vitesses restent très élevées avec 120 km/h à Périgueux, 144 km/h à Bordeaux-Mérignac et 158 km/h à Cognac.

Les inondations les plus importantes ont lieu lors du passage de la deuxième tempête, Martin, le 27 décembre, au moment où les vents sont les plus forts. Elles concernent principalement les estuaires de la Seudre et de la Gironde.

Dans l'estuaire de la Seudre, les vagues atteignent Saujon où l'eau monte à la cote 4,07 m NGF. De l'embouchure à Saujon, les débordements s'étalent de part et d'autre du lit mineur sur environ 3 km.

En dépit de la faiblesse du coefficient de marée (77 pendant l'épisode), les périodes de retour sont de 100 ans en Gironde. La tempête génère en fait une surcote comprise entre 1,20 m à 1,50 m qui, accentuée par la forme de l'estuaire, atteint + 2 m à Pauillac, soit une cote marine de 7,05 m au lieu de 5,05 m. Les communes en rive droite (Ambès, Saint-Louis-de-Montferrand) sont noyées sous plus d'un mètre d'eau. Dans l'estuaire, la cote est de 5,18 m NGF à Port-Vitrezay, 4,84 m à Montagne-sur-Gironde, et 8,8 m NGF à Saint-Georges-de-Didonne.

Le phénomène est aggravé, dans l'estuaire de la Gironde, par les eaux fluviales arrivant en sens inverse. La Garonne perce quelques digues mal entretenues et s'étale hors de son lit sur plusieurs kilomètres. Fort heureusement, la Dordogne ne connaît au même moment qu'une crue modeste (1 500 m^3/s). La puissance de la houle, renforcée par les troncs d'arbres charriés par le fleuve, détruit de nombreuses digues à la mer.

Dans l'arrondissement de Blaye (fig. 1-38), la rupture des digues entraîne l'inondation de 5 000 hectares de terres et du site nucléaire à Braud-et-Saint-Louis (quatre tranches de 900 MW). Les parties les plus basses du bâtiment sont envahies par les eaux. Les niveaux atteignent un à quatre mètres provoquant l'arrêt durable de deux réacteurs. Le coût de l'incident classé niveau 2 est évalué à 70 millions de francs.

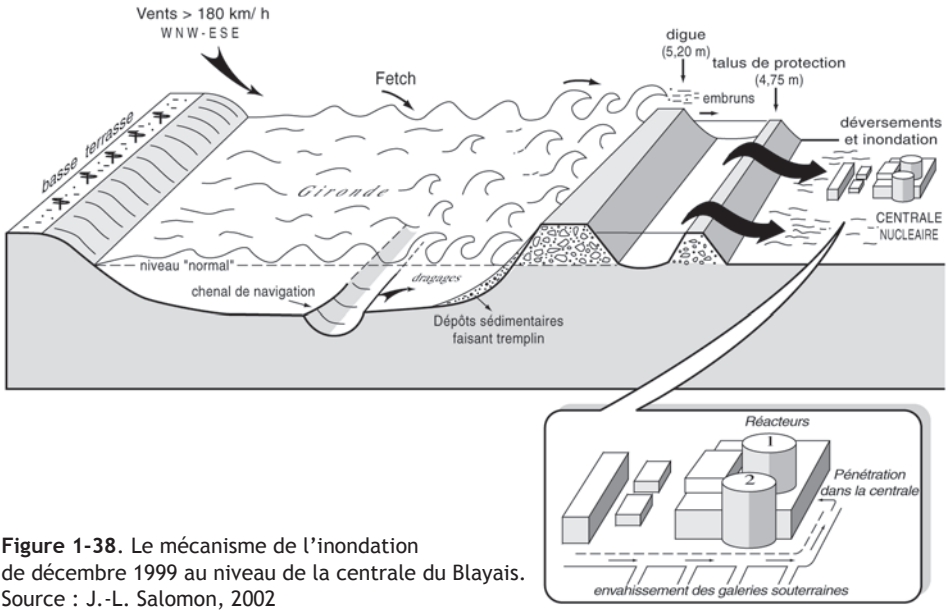


Figure 1-38. Le mécanisme de l'inondation de décembre 1999 au niveau de la centrale du Blayais. Source : J.-L. Salomon, 2002

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de tempête avec submersion marine • Coefficient moyen de marée, crue modeste de la Garonne	• L'estuaire de la Gironde, basse vallée de la Garonne, estuaire de la Seudre	• Très nombreuses digues et protections littorales endommagées • Incident de la centrale nucléaire de Blayais

Submersions marines des 27 et 28 février 2010 (Xynthia)

Les 27 et 28 février 2010, le littoral atlantique est frappé par la tempête Xynthia. La dépression formée au milieu de l'océan Atlantique au niveau du tropique du Cancer, évolue en tempête en remontant en direction des côtes européennes, avec une trajectoire atypique. Elle ne connaît pas l'intensité des deux événements de décembre 1999, mais s'accompagne tout de même de rafales de vent voisines de 140 km/h.

La houle provoquée par les vents, avec des vagues de six à sept mètres au large, s'ajoute à une élévation du niveau de la mer de grande ampleur qui trouve son origine dans la concomitance de Xynthia avec les grandes marées d'équinoxes (coefficient de marée de 102-108 à la pointe de Grave) et de son passage sur le littoral à l'heure de la pleine mer.

Les submersions touchent la totalité du littoral atlantique avec une intensité variable **(fig. 1-39)**. Les phénomènes les plus importants sont localisés sur les côtes vendéennes entre La Rochelle et Saint-Nazaire (période de retour centennale) et en Charente-Maritime. L'intensité est moindre sur l'UP « littoral atlantique », avec

des périodes de retour comprises entre 20 et 50 ans. L'île d'Oléron, l'estuaire de la Gironde, et le bassin d'Arcachon sont les principales zones impactées du secteur.

Sur l'île d'Oléron, la façade ouest subit une importante érosion côtière avec un recul du trait de cote qui atteint 20 m en certains endroits. Les phénomènes de submersion touchent davantage la façade est où on assiste à plusieurs ruptures de digues. Les communes de Saint-Georges-d'Oléron, Saint-Pierre-d'Oléron, Dolus-d'Oléron, Le Château-d'Oléron, Saint-Trojan-les-Bains, Boyardville/Fort-Royer sont particulièrement affectées. Une personne décède et on relève également de nombreux dégâts sur les bâtiments ainsi que dans les cultures marines.

De multiples débordements se produisent en rive droite de la Gironde. En amont, ils s'étendent sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres au niveau des communes de Saint-Sorlin-de-Conac, Saint-Romain-sur-Gironde, Montagne-sur-Gironde, port des Monards, Talmont-sur-Gironde. Ils sont plus limités à l'aval, mais de nombreuses brèches affectent néanmoins les protections littorales sur Meschers-sur-Gironde, Royan, Saint-Palais-sur-Mer et La Palmyre. Le niveau des eaux atteint systématiquement 4 m NGF.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de tempête avec submersion marine • Fort coefficient de marée	• Île d'Oléron, estuaire de la Gironde, bassin d'Arcachon	• Un mort, très nombreuses digues et protections littorales endommagées, débordements conséquents sur l'amont de l'estuaire de la Gironde

Unité bassin du Lot

Réseau hydrographique

Le Lot naît au pied du mont Lozère à 1 294 m d'altitude et après un parcours de 491 km rejoint la Garonne à Aiguillon. Son bassin versant s'étend sur 11 800 km² et se caractérise à la fois par sa forme allongée, orientée d'est en ouest, et par une grande diversité géomorphologique. Il rassemble plusieurs unités naturelles : l'Aubrac, le Cantal, le Gévaudan et la Margeride. Son régime hydroclimatique est soumis à diverses influences : océanique, avec le flux d'ouest, méditerranéenne, avec les remontées cévenoles. Ces dernières surviennent à l'automne en tête des bassins et sont à l'origine de crues soudaines et violentes. Elles s'atténuent rapidement après la confluence de la Truyère. Les pentes en effet s'adoucissent, les plaines s'élargissent et l'absence d'affluent notable fait que désormais les temps de propagation sont plus longs. Son régime devient alors pluvio-nival. Les maxima sont alimentés en général par les épisodes atlantiques intenses qui ont lieu l'hiver ou au début du printemps. La complexité des crues du Lot tient dès lors, à la fois aux grandes amplitudes altitudinales de son cours, au jeu des situations orographiques et des écoulements propres à chacun de ses affluents et à la cinétique générale amont aval des phénomènes.

Le bassin est découpé en quatre zones hydrologiquement homogènes :
– le Lot amont - Truyère, comprenant les sous-bassins de la Colagne et de la Truyère ;
– le Lot moyen (y compris le Dourdou), entre Entraygues et le confluent du Célé ;
– le Célé ;
– le Lot aval, après sa confluence avec le Célé, jusqu'à sa confluence avec la Garonne.

Typologie des inondations

Les inondations du bassin Lot sont avant tout générées par les débordements de cours d'eau et peuvent localement être associées à des phénomènes de ruissellement.

La distribution des pluies sur le bassin joue un rôle essentiel dans la formation et la typologie des crues. La double influence océanique et méditerranéenne est susceptible d'engendrer des phénomènes plus ou moins généralisés.

Lors de certains épisodes atlantiques, la direction du vent et le relief peuvent organiser préférentiellement la distribution des averses, de telle sorte qu'à l'est du bassin, les régions de Mende, Marvejols et de la haute Truyère ne reçoivent que des pluies moyennes ou nulles, alors que les précipitations sont très violentes sur l'Aubrac et le Cantal, voire extrêmes sur la Margeride. Dans cette configuration, le Lot supérieur, la Colagne et la haute Truyère n'éprouvent en général que des crues modérées. En revanche, la crue en aval d'Entraygues peut prendre rapidement des proportions imposantes, notamment du fait des apports conjugués des cours d'eau descendant du Cantal et de l'Aubrac. La crue peut augmenter encore suite aux apports du Célé, du Dourdou et des rivières voisines, ainsi que des résurgences karstiques.

Les perturbations méditerranéennes sont caractérisées par de forts vents du sud et des cellules orageuses très actives. Elles peuvent engendrer de vrais cataclysmes dans la région de Mende. La crue se renforce alors jusqu'au confluent de la Truyère et précipite dans le Lot des volumes supérieurs à ceux des crues océaniques. Le rapport s'inverse en aval d'Entraygues ou de Capdenac.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 1-40)**, parmi lesquels certains présentent des caractéristiques remarquables en ce qui concerne :
– l'intensité. Les niveaux atteints le 13 septembre 1875 constituent les plus hautes eaux connues, tant sur le Lot à Saint-Laurent-d'Olt (8,40 m) que sur la Truyère à Cadène (12,40 m) ;
– l'extension spatiale. La crue de mars 1927 touche à la fois le Lot et la Garonne en aval des confluences du Tarn et du Lot ;
– la typologie. Les averses méditerranéennes de 2003 génèrent d'importants ruissellements à l'amont des bassins de l'Aveyron et du Lot ;
– les conséquences socio-économiques. Les dommages (pertes humaines, impacts matériels, économiques, environnementaux, etc.) peuvent être colossaux. C'est le cas en 1875 à Mende, Saint-Laurent-d'Olt et Espalion. C'est le cas également, en 1927, d'Entraygues jusqu'à Cahors ;
– l'événement majeur encore en mémoire, comme la crue des 3 et 4 décembre 2003.

Crue du Lot des 12 et 13 septembre 1875

Figure 1-41. Repères de crue à Entraygues. Source : DDT de l'Aveyron

La crue de septembre 1875 a été engendrée par une averse méditerranéenne poussée par un puissant flux de sud-est. La zone la plus touchée par l'événement pluvieux s'est développée du sud au nord, du Minervois (ouest du département de l'Hérault) au sud-ouest de l'Aubrac. L'intensité pluvieuse n'est pas connue. Cependant, les

épisodes plus récents de mars 1930, décembre 1953, novembre 1962, novembre 1982 et novembre 1999, ont donné plus de 400 mm sur les bassins versants du Lot, de la Truyère, du Tarn amont et de ses affluents rive gauche, sans que les hauteurs atteintes par l'événement de 1875 ne soient dépassées (fig. 1-41).

Sur le Lot, la station hydrométrique de Mende, sur laquelle on dispose d'enregistrements depuis 140 ans, l'épisode de septembre 1875 (4,51 m) est classé en deuxième position après la crue de novembre 1866 (5,33 m). Ces extrêmes n'ont jamais été égalés depuis (3,95 m le 24 septembre 1994). À Saint-Laurent-d'Olt, la cote de 8,40 m, atteinte le 13 septembre 1875, constitue le niveau de référence des plus hautes eaux connues (PHEC) avec près de deux mètres de revanche au-dessus de la crue classée en second. À Espalion (5,60 m), elle occupe la deuxième place dans la liste de toutes les crues connues. Même scénario sur la Truyère, où le record de 12,40 m à la station de la Cadène est toujours détenu par l'épisode de septembre 1875, loin devant les niveaux de mars 1927 (8,50 m), de février 1904 (8,10 m), de décembre 1906 (7,40 m), d'octobre 1920 (7,30 m), pour ne citer que les principaux. Le débit du Lot atteint 2 400 m³/s à Cahors et 2 040 m³/s à Villeneuve. À Cahors, le Lot s'élève de 4,95 m en 23 heures. La célérité avec laquelle s'est propagée la crue est principalement due à la topographie accidentée (surtout à l'amont d'Entraygues) et aux fortes pentes du talweg.

Les villes de Mende, de Saint-Laurent-d'Olt et d'Espalion sont fortement impactées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen cévenol • Plus hautes eaux connues sur la Truyère	• Abords du Lot et de la Truyère	• Plusieurs quartiers d'Espalion inondés, nombreuses routes et ponts endommagés

Crue du Célé du 14 décembre 1906

La crue océanique de décembre 1906 est générée par un abat d'eau sur l'ensemble du bassin du Lot et particulièrement sur celui du Célé. La dépression située en mer du Nord et l'anticyclone sur la péninsule ibérique engendrent un système nuageux dans un flux d'ouest.

Les précipitations de novembre et du tout début de décembre ont déjà saturé les sols et rempli les karsts. Les précipitations engendrent en deux ou trois jours des cumuls de 70 à 100 mm sur la quasi-totalité du bassin du Lot. Les nombreuses petites rivières situées au niveau des reliefs du Cantal et de l'Aubrac (zone de condensation) réagissent fortement. Le débit du Célé atteint 500 m³/s à Figeac.

La crue de 1906 du Célé est aujourd'hui encore la crue de référence centennale dans le secteur de Figeac. La plaine alluviale est entièrement inondée.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Crue de référence pour le Célé	• Abords du Célé	• Importants dommages à Figeac

Crue du Lot des 9 et 10 mars 1927

Tout indique qu'il s'agit d'une crue océanique classique amenée par des vents de sud-ouest. Elle a été préparée par d'importants cumuls préalables qui ont saturé les sols. Le Lot est en crue dès le 3 mars. À partir du 6, une profonde perturbation génère des pluies sur l'ensemble du bassin, excepté sur la fraction orientale. Du 5 au 14 mars, on enregistre 135 mm à Mende, 134 mm à Marvejols, 124 mm à Entraygues, 148 mm à Espalion, 107 mm à Figeac et 68 mm à Cahors. La fonte des neiges sur les plateaux supérieurs amène un volume d'eau supplémentaire.

Les 8 et 9 mars les débits du Lot croissent sans discontinuer pour atteindre leur maximum à Villeneuve le 10. Le Célé et les petits affluents des bassins versants moyen et inférieur sont en légère décrue quand arrive le gros du flot. Ils n'en apportent pas moins une importante contribution au débit de pointe à Villeneuve, avec un apport du Célé de 350 m^3/s.

Plus en aval, les maxima de la Garonne sont quasi concomitants à Agen et à Tonneins, signe que le flot du Lot devance celui du Tarn. Ces apports conjugués sont à l'origine d'une crue mémorable, la concordance Lot et Garonne est presque complète.

Le Lot atteint la cote 8,10 m le 8 mars à 20 heures à Entraygues (contre 9,20 m en septembre 1875) et 5,85 m le 9 mars à 6 heures à Capdenac (contre 6,15 m en septembre 1875). À Cahors, après une montée foudroyante des eaux en 24 heures, il atteint la cote 7,40 m. Le Lot débite 2 580 m^3/s à Entraygues et 3 310 m^3/s à Cahors où seuls les épisodes de 1783 et 1833 ont dépassé ces valeurs.

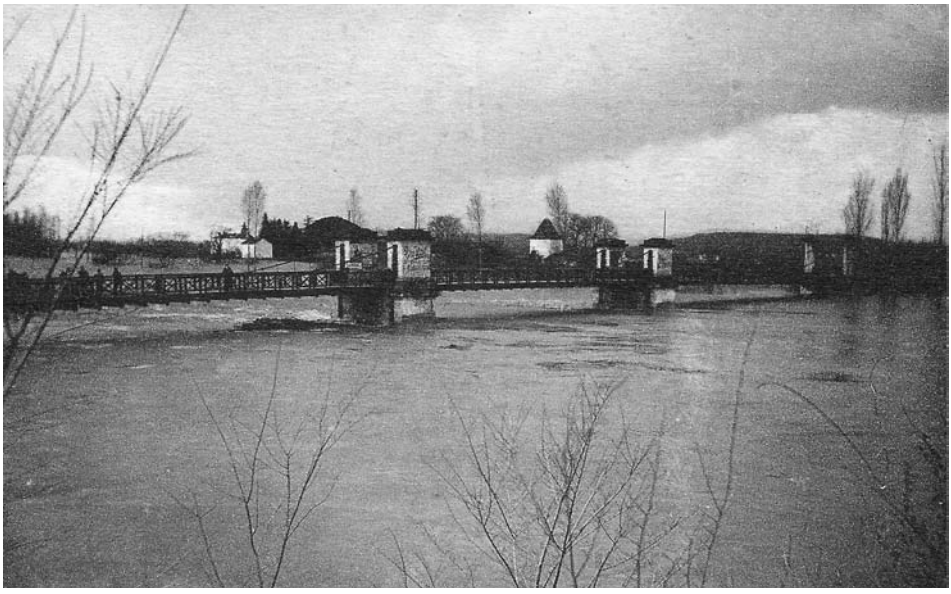


Figure 1-42. Crue du Lot à Sainte-Livrade-sur-Lot en mars 1927. Source : *Le Livradais indépendant*

Les dégâts sont notables dès son cours supérieur, notamment à Entraygues, au confluent avec la Truyère. Les dommages se poursuivent en aval : invasion des faubourgs de Cahors, pertes de nombreuses marchandises, avaries à maintes maisons,

arrêts des services du gaz et de l'électricité. Au hameau voisin de La Béraudière, 27 personnes cernées par les eaux se sont réfugiées dans un moulin et ne seront sauvées qu'au bout de 48 heures. Plus en aval encore (fig. 1-42), la crue accroît son intensité : les faubourgs de Cahors et de Clairac sont fortement touchés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Forte crue du Lot et concomitance avec la crue de la Garonne	• Abords du Lot et de la Garonne	• Arrêts des services du gaz et de l'électricité, voies de communication coupées, nombreuses maisons et industries inondées

Crue du Lot du 5 novembre 1994

La crue cévenole du 5 novembre 1994 est l'événement de référence sur la partie lozérienne du Lot. On estime sa période de retour comprise entre 20 et 100 ans.

Fin septembre 1994, un premier épisode pluvieux intense s'abat sur les reliefs de la Lozère et provoque quelques inondations ponctuelles. Un deuxième épisode plus soutenu survient début novembre et se poursuit trois jours durant. Le 3 novembre, on enregistre 132,5 mm au pont de Montvert et 143,5 mm à Villefort. Le 4 novembre, on relève 105,6 mm à Mende, et encore 225,7 mm au pont de Montvert et 164 mm à Villefort. L'épisode pluvieux s'achève le 5 novembre.

La hauteur d'eau atteint 4,50 m sur la Colagne au Monastier et 4,30 m sur le Lot à Banassac. Le 5 novembre, le débit maximum du Lot s'élève à 300 m³/s à la station Pont Roupt de Mende (fig. 1-43) et 700 m³/s à la station de Banassac. La Colagne débite 450 m³/s à la station du Monastier.

Figure 1-43. Ville de Mende le 5 novembre 1994. Source : INA

L'événement cause de nombreux dégâts. À Espalion, le vieux quartier en rive droite est entièrement sous les eaux. Dans le village du Bleymard, les premières maisons proches

du pont sont submergées par 80 cm d'eau. À l'aval du village de Badaroux, un camping est noyé sous 1,45 m d'eau. On relève encore 1,80 m dans la rue principale du village Les Salelles.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen cévenol • Événement de référence sur le bassin du Lot en Lozère	• Abords du Lot amont et de ses affluents	• Quartiers d'Espalion inondés ainsi que des maisons et des commerces le long des affluents

Crue du Lot des 3 et 4 décembre 2003

De puissantes averses méditerranéennes en amont du bassin versant sont à l'origine de la crue des 3 et 4 décembre 2003 **(fig. 1-44)**. L'épisode pluvio-orageux s'installe sur le bassin du Lot à partir du 30 novembre. Les pluies faibles durant la journée du 30 s'intensifient dans la nuit du 30 au 1er pour devenir fortes et orageuses en journée (de 30 à 60 mm d'eau). Après une accalmie le 2 décembre, l'épisode pluvio-orageux reprend dans la nuit du 2 au 3 pour redoubler encore dans la journée du 3. Sur les têtes de bassin de la Lozère et de l'Aveyron, les cumuls sont encore plus importants. On relève respectivement 282 et 200 mm sur les postes de Bleymard et de Bagnols entre le 1er et le 3 décembre. Les pluies sont plus modérées dans la journée du 4 et disparaissent le 5. Les précipitations surviennent après une période déjà très pluvieuse depuis le 21 novembre qui a saturé les sols. Les phénomènes de ruissellement sont importants.

Sur la Lozère, en amont du Lot, la durée de retour des cumuls sur trois jours (du 1er au 3 décembre) est estimée à 50 ans aux stations du Bleymard et de Bagnols, et à 100 ans à la station de Brenoux.

Les hauteurs d'eau enregistrées sont voisines de celles de novembre 1994. On relève 3,80 m le 3 décembre à la station hydrométrique de Mende, contre 3,95 m en 1994. Dans l'Aveyron, la crue dépasse celle de 1994 de plus de 50 cm. Elle gagne en puissance entre Saint-Laurent et Espalion où la période de retour des débits atteint 100 ans. C'est le plus fort événement connu à Espalion. Sur la Truyère, grâce aux barrages, la crue est écrêtée à près de 90 % avec un débit restant estimé entre 130 et 180 m³/s. Il atteint 2 100 m³/s sur le Lot à la station de Livinhac (T = 30 ans). L'événement a une période de retour comprise, selon les stations, entre 30 et 50 ans sur les bassins de la Colagne et de la Truyère amont.

Les dégâts sont importants. Plusieurs usines sont dévastées, plus d'une cinquantaine de maisons inondées, certaines sous deux mètres d'eau, les voies de communication sont coupées (fig. 1-45).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen sur l'amont du bassin du Lot	• Espalion, Boisse-Penchot, Bouillac, Decazeville, Flagnac	• Plusieurs usines dévastées, plus d'une cinquantaine de maisons inondées

Figure1-45. Section aval du Lot lors de l'inondation de 2003. Source : *Sud-Ouest*, photo J.-L. Borderie

Unité bassin du Tarn

Réseau hydrographique

De sa source, au pied du mont Lozère, à sa confluence avec la Garonne, près de Castelsarrasin, le Tarn parcourt 380 km, et draine les eaux de tout le sud-ouest du Massif central. Avec un bassin versant de 15 000 km², il double d'un coup la superficie de celui de la Garonne. Très sensible aux averses méditerranéennes, il peut contribuer de manière significative au régime des crues de la Garonne.

Le bassin du Tarn est découpé en six zones hydrologiquement homogènes :
– le haut Tarn à l'amont de Millau ;
– le Tarn moyen de Millau à Saint-Sulpice ;
– les deux sous bassins du Dourdou-Sorgues et de la Rance, qui se jettent dans le Tarn entre Millau et Albi ;
– le bassin Agout-Thoré qui rejoint le Tarn à Saint-Sulpice, à la limite du département du Tarn et de la Haute-Garonne ;
– le Tarn aval de la confluence de l'Agout jusqu'à la Garonne ;
– l'Aveyron-Viaur qui rejoint le Tarn à l'aval de Montauban.

Typologie d'inondations

L'unité « bassin du Tarn » est principalement affectée par des inondations dues au débordement des cours d'eau auquel peuvent être associés des phénomènes de ruissellement. Les crues du Tarn se caractérisent par leur violence et leur rapidité. Leur genèse est marquée par la double influence méditerranéenne et océanique. On distingue ainsi nettement une partie amont du bassin, jusqu'à Millau, fortement exposée aux pluies cévenoles et perturbations d'origine méditerranéenne, et une partie aval alimentée par les perturbations atlantiques.

On soulignera, lors des épisodes cévenols, les fréquents effets de concomitance entre Tarnon, Mimente, Dourbie, Jonte, Dourdou et Rance. Les apports de l'Agout jouent ici un rôle déterminant, de même que ceux de l'Aveyron (crue de mars 1930).

Lors des épisodes atlantiques, le haut bassin du Tarn est à l'inverse beaucoup moins actif, même si ponctuellement des concomitances fâcheuses peuvent survenir entre Tarn et Agout, Tarn et Aveyron, comme ce fut le cas à l'occasion des crues de février 1952 et décembre 1981.

Notons enfin, dans la zone de confluence Garonne-Tarn, les effets réciproques de ralentissement au moment du passage des grandes crues de l'un ou de l'autre cours d'eau. Ces « remous de confluence » furent particulièrement sensibles à Moissac en juin 1875, février 1952 et janvier 1955.

Inondations remarquables

Huit événements ont été retenus **(fig. 1-46)** en fonction :
– de leur intensité. Lors de la crue de 1930, à Saint-Sulpice-la-Pointe, les eaux se sont élevées à 21,50 m au-dessus de l'étiage, actuel record européen. La crue de septembre 1875 détient les records de hauteur d'eau aux stations de Nant sur la Dourbie, de Millau sur le Tarn et de Saint-Sernin sur le Rance. La crue de septembre 1900 est la plus forte connue sur le Tarn amont à Sainte-Énimie et à Florac ;
– de leur extension spatiale. La crue de 1999 s'est étendue aux départements du Tarn, de l'Aude, de l'Hérault et des Pyrénées-Orientales ;
– de la typologie des phénomènes – pluies océaniques abondantes, très étendues et quasi continues les 13 et 14 décembre 1981 sur les bassins du Viaur, du Cérou et du Giffou à l'origine de crues sévères ; averses méditerranéennes les 7 et 8 décembre 1996, après trois mois humides, et les 3 et 4 décembre 2003 ; orages plus localisés et plus intenses en juin 2007 qui engendrent la montée brutale des eaux du Céor et de l'Hunargues ainsi que des phénomènes de ruissellement ;
– de leurs conséquences socio-économiques. La crue de mars 1930 cause la mort de quelque 210 personnes et détruit des centaines d'habitations.

Crue des 12 et 13 septembre 1875 sur le haut bassin du Tarn

Trois mois seulement après la grande crue de la Garonne, le haut bassin du Tarn subit la crue la plus forte connue à ce jour sur ce secteur. Un puissant flux de sud-est, caractérisé par des pluies très soutenues, touche une région allant du Minervois (ouest du département de l'Hérault) au sud-ouest de l'Aubrac. L'intensité pluvieuse n'est pas connue. Des épisodes plus récents fournissent un certain nombre d'indications. En

mars 1930, décembre 1953, novembre 1962, novembre 1982 ou novembre 1999, les cumuls journaliers maxima ont tous dépassé 400 mm sur les bassins versants du Lot, de la Truyère, du Tarn amont et de ses affluents de rive gauche, sans que les hauteurs des crues ne dépassent celles de l'événement de 1875. Il est ainsi probable que le 12 septembre 1875 le bassin versant du Rance ait reçu 500 mm en 24 heures et celui du Vernazobres 400 mm en 6 heures.

La crue détient à ce jour les records de hauteur aux stations de Nant sur la Dourbie (5,80 m), de Millau sur le Tarn (9,93 m) et de Saint-Sernin-sur-Rance (8,80 m). Au pont de Saint-Sernin, le débit du Rance atteint 820 m³/s. La crue s'atténue plus en aval : 8,85 m à Albi et 8,65 m au Moulin-de-Gaillac avec une période de retour de 50 ans. La crue est également très forte sur l'Agout supérieur et ses affluents, l'Arn et l'Arnette.

Les hauteurs d'eau relevées à l'amont et à l'aval de l'écluse de Saint-Sulpice-la-Pointe permettent de connaître le phasage des crues du Tarn et de l'Agout. Le 12 septembre en matinée, l'eau s'élève d'abord à l'échelle aval du fait des apports de l'Agout. À 18 heures, la première onde de crue du Tarn vient chevaucher celle de l'Agout. À minuit l'écluse est submergée et les eaux effacent le ressaut du barrage. Le Tarn amont commence alors sa décrue. Le 13 septembre à 10 heures, l'écluse est dénoyée. C'est alors que survient la seconde onde de crue du Tarn, plus puissante. Elle efface à nouveau le barrage et ce jusqu'au 14 septembre à 12 heures.

La crue détruit l'oratoire Saint-Joseph édifié sur la première pile du pont qui enjambe le Tarn à Sainte-Énimie (fig. 1-47). Elle emporte ensuite le pont de fer de Millau. Puis, les eaux du Tarnon pénètrent dans le bourg de Florac et causent d'importants dommages dans les vallées alentour.

Figure 1-47. Repère de crue de l'inondation de 1875 situé à plus de 4 m de hauteur sur la façade du Café de Vienne à Sainte-Énimie. Source : Météo-France

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen cévenol • Plus forte crue connue sur le haut bassin du Tarn	• Villages situés sur le Tarn amont, le Tarnon, l'Agout, l'Arn et l'Arnette	• Maisons inondées, ponts emportés, routes coupées

Crue du Tarn des 28 et 29 septembre 1900

Fin septembre 1900, des pluies d'une intensité extrême se déversent sur la région des Cévennes. Des cumuls approchant les 1 000 mm en un jour sont enregistrés à Valleraugue, au pied du mont Aigoual. Le phénomène ressemble beaucoup à celui de septembre 1875, à la différence près que cette fois le flux méditerranéen touche principalement la partie orientale du haut bassin du Tarn. Condition aggravante, l'épisode diluvien s'inscrit dans une séquence de six jours pluvieux consécutifs. L'orage du 28 septembre s'abat sur des sols déjà gorgés d'eau provoquant aussitôt de forts ruissellements.

Les bassins de l'Hérault et du Tarn connaissent une crue extrême. Le record historique est atteint à Florac (8,60 m) et à Sainte-Énimie (18 m au-dessus de l'étiage).

Les dégâts sont très importants : « Tout est emporté : ponts, routes, maisons, forêts, prairies et, malheureusement aussi vies humaines parfois ! » (Diren Languedoc-Roussillon). Le haut Tarn est plus particulièrement affecté. Les hauteurs enregistrées à l'époque sur les Causses n'ont jamais été égalées. La plupart des ouvrages sont détruits. À Sainte-Énimie, le Tarn est arrivé par endroits au troisième étage des bâtisses. L'eau s'avance jusqu'au bénitier de l'église. De nombreuses routes sont coupées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen cévenol • Records historiques à Sainte-Énimie et à Florac	• Pont-de-Montvert, Florac, Ispagnac, Sainte-Énimie, Le Rozier et Vebron	• Plusieurs morts (nombre non précisé), la plupart des ouvrages enjambant le Tarn sont emportés, voies de communication coupées

Crue du Tarn de mars 1930

Avant cet événement, les hydrologues pensaient qu'il était impossible à des pluies méditerranéennes de cette ampleur **(fig. 1-48)** de franchir la barre de la montagne Noire et des Cévennes (Pardé, 1930 b), en particulier à cette période de l'année.

L'automne 1929 et l'hiver 1929-1930 ont été particulièrement pluvieux. D'octobre à janvier, les précipitations dépassent la moyenne climatologique de 70 % à Espalion et Alès, de 80 % à Lavaur, de 110 % à Gramat (Lot au nord de Cahors) et jusqu'à 180 % à Béziers. D'octobre 1929 à février 1930, on relève 1 177 mm à Lodève, 840 mm à Florac et 533 mm à Castres (moyennes climatologiques respectivement de 541, 474 et 312 mm).

Une série de crues se manifestent sur le Tarn dès les 7 et 9 janvier. Début mars, les sols sont saturés d'eau sur toute une zone comprise entre le bas Rhône, le golfe du Lion, les Pyrénées et la Garonne. On observe l'abondance des sources et des résurgences caussiennes.

Le 2 mars, les pluies s'abattent sur les régions de Castres, d'Albi, de Carmaux, du moyen Aveyron, de Gramat et de Limoges. Du 1er au 3 mars, on relève sur le Tarn supérieur 156 mm à Florac (dont 84 mm le 2 mars) et 196 mm à Meyrueis.

Les cumuls sont compris entre 150 à 200 mm sur les bassins du Dourdou, du Vabres et du Rance. Ils atteignent 343 mm (dont 171 mm le 3 mars) à Salavert, haut Agout. Ils sont encore de 310 mm sur le Thoré à Labastide-Rouairoux (dont 160 mm le 3 mars). Contrairement aux situations habituelles, où les précipitations se cantonnent au sud du Massif central, l'épisode de mars 1930 progresse plus au nord, jusque sur le causse de Gramat. La fonte très rapide de la neige présente au-dessus de 800 m va accentuer le pic de crue lors des deux paroxysmes pluviaux du 1er mars (secteur de la montagne Noire et de l'Espinouse) et des 2 et 3 mars (centre et centre-ouest du bassin du Tarn).

Les cours d'eau ne tardent pas à réagir. La Dordogne et la Vézère ont des crues sans impact majeur. La situation est en revanche catastrophique sur le bassin du Tarn (fig. 1-49). La localisation du deuxième paroxysme pluvial, l'état de saturation des sols et le ruissellement associé aggravent durement la situation avec des phénomènes de concomitance. Maurice Pardé parle de crue millénale pour l'Agout, le Thoré et le Tarn inférieur. À Saint-Sulpice-la-Pointe, à la confluence du Tarn et de l'Agout, les eaux s'élèvent à 21,50 m au-dessus de l'étiage, record européen. Le débit maximum du Tarn atteint ici 6 500 m³/s soit un événement de période de retour voisine de cent ans. Celui de l'Agout est estimé à 3 000 m³/s au niveau du pont du chemin de fer de la Crémade, à quelques kilomètres en aval de Castres.

C'est l'une des inondations les plus dramatiques qu'ait connue la France au cours du dernier siècle. À Moissac, c'est la catastrophe. Les digues rompent et provoquent une submersion rapide de la cité. Des centaines de maisons sont touchées. Plus en aval, la Garonne cause d'importants dégâts. La ville d'Agen est au trois-quarts submergée avec, en certains endroits, des hauteurs d'eau supérieures à 10 m.

Figure 1-49. Quai de Montauban après la crue du Tarn de mars 1930. Source : DDT 82

L'événement provoque la mort de 210 personnes, dont 120 à Moissac. On dénombre 10 000 sinistrés. Plus de 3 000 maisons sont détruites (dont 2 769 dans le Tarn-et-Garonne), des dizaines de ponts sont emportés, quelque 500 usines endommagées, et des dizaines de kilomètres de voies ferrées et de routes sont à reconstruire. Les dommages sont estimés à plus d'un milliard de francs (valeur 1930). Le président de la République, Gaston Doumergue vient en visite sur les lieux et fait voter en urgence des lois de solidarité pour l'indemnisation des victimes et la réparation des dommages.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen cévenol • Pluie méditerranéenne diluvienne en mars, s'étendant jusqu'aux causses de Gramat	• Les abords du Tarn moyen et aval, de la Garonne moyenne et aval, du Thoré et de l'Agout	• 210 morts, 10 000 sinistrés, des milliers d'animaux domestiques noyés

Crue de l'Aveyron des 13 et 14 décembre 1981

Du 6 au 9 décembre 1981, un flux perturbé nord-ouest passe à l'ouest et génère dans les jours qui suivent des pluies abondantes quasi continues et très étendues sur tout le sud-ouest de la France. Les cumuls pluviométriques sont particulièrement importants en Aquitaine et Midi-Pyrénées durant la journée du 13 décembre. L'est du département des Landes et le nord du département du Tarn sont plus particulièrement touchés. Les sols déjà saturés reçoivent, les 13 et 14 décembre, entre 100 et 120 mm de pluie en 30 ou 40 heures.

Le bassin versant du Cérou, affluent de l'Aveyron est particulièrement touché et réagit vigoureusement. Sur le Ségala, le maximum pluviométrique du 13 décembre provoque un ruissellement et des crues sur le Cérou, le Giffou, le Céor, le Viaur, le Dadou, l'Agout et le Gijou. Seule la crue de mars 1930 soutient la comparaison.

L'événement est faible sur le haut Tarn et moyen sur l'Agout et le Thoré, du fait de l'écrêtement assuré par les retenues EDF. En revanche, il est exceptionnel sur le Viaur central et aval ainsi que sur le Cérou. Sans la présence du barrage de Pont-de-Salars, la crue de 1981 sur le Viaur aurait pu égaler celle de 1930. On relève un débit de 125 m^3/s à la station de Maux sur le Cérou (bassin versant de 116 km^2). La période de retour est estimée à au moins 50 ans. Au pont de Maux, les hauteurs sont voisines des niveaux atteints en 1930 (4,18 m contre 4,14 m). Sur le Viaur, à la station hydrométrique de Laguépie, le débit maximum atteint 465 m^3/s le 14 décembre.

L'Aveyron inférieur et la moyenne Garonne jusqu'à l'estuaire sont sous les eaux. Les villages de Salles-sur-Cérou et de Monestiés sont inondés de même que la ville basse de Cordes-sur-Ciel. Les hameaux de Cambon et de Lissart sont touchés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec pluies intenses	• Tout le bas Aveyron, la moyenne Garonne jusqu'à l'estuaire de la Gironde	• Maisons et usines inondées, voies de communication coupées

Crue du Tarn des 7 et 8 décembre 1996

Les crues des 7 et 8 décembre 1996 sur le bassin du Tarn inférieur s'inscrivent au second rang par leur ampleur après celles de mars 1930. L'origine météorologique des deux événements est la même, avec une remontée d'air humide depuis la

Méditerranée qui génère des pluies intenses sur des sols déjà largement saturés par les précipitations automnales.

La pluviométrie des mois de septembre, octobre et novembre 1996 est largement supérieure aux valeurs moyennes. Les perturbations de nord-ouest ont généré des pluies modérées (10 à 40 mm/j) mais répétées pendant 40 jours et sur de vastes espaces. Hautes eaux et petites accalmies ont ainsi ponctué toute cette période sur le bassin versant du Tarn. Élément aggravant, depuis fin novembre, la neige a fait son apparition au-dessus de 700 m sur tout le sud du Massif central. Sa fonte alimente les cours d'eau jusqu'au 6 décembre. À cette date survient une averse orageuse très intense de deux jours, avec des cumuls horaires compris entre 10 et 20 mm. La comparaison avec l'événement de 1930 finit là. Les pluies s'arrêtent progressivement mais définitivement à partir du 7 décembre en fin d'après-midi.

Tableau 1-2. Pluies quotidiennes sur le Tarn du 4 au 9 décembre 1996. Source : Météo-France

Poste	Alt. (m)	4 déc.	5 déc.	6 déc.	7 déc.	8 déc.	9 déc.	Cumul
Lacaune	805	29,0	50,0	75,0	34,0	14,0	11,0	213,0
Murat-sur-Vèbre	975	87,8	114,0	112,2	30,8	78,4	16,8	440,0
Rouairoux	345	32,0	45,0	55,0	48,0	43,0	17,0	240,0

Les pluies (tab. 1-2), abondantes depuis le 4 décembre, génèrent des crues importantes sur le Tarn, l'Agout, le Thoré, l'Aveyron et l'Aude. On enregistre 6,09 m sur le Tarn à Albi, 12,13 m à Saint-Sulpice. L'Agout atteint la cote 3,45 m à Castres, le Thoré 5,36 m au pont de Rigautou. Le débit instantané de l'Agout est de 520 m³/s à Castres (station de la Tutelle) et de 1 390 m³/s au pont de Lavaur. Le Thoré débite jusqu'à 544 m³/s.

Les dégâts sont très importants. À Montauban, 600 maisons sont inondées. Les pertes sont estimées à plus de 100 millions de francs. Une centaine de personnes sont évacuées dans le département du Tarn. À Villemur, l'eau est entrée dans les caves de la rue de la République. Elle atteint 1,50 m dans les sous-sols de la mairie, sans toutefois causer de dégâts matériels importants, grâce aux mesures prises après l'épisode de 1994.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen cévenol sur des sols saturés	• Les abords du Tarn aval, de l'Agout et du Thoré	• Plusieurs centaines de maisons inondées, une centaine de personnes évacuées dans le Tarn

Crue du Tarn des 12 et 13 novembre 1999

La forte dépression creusée le 12 novembre 1999 sur l'Espagne et la Méditerranée occidentale engendre une perturbation sous régime d'est à sud-est. De très importantes masses nuageuses se forment et sont entretenues par des remontées continues

d'air méditerranéen très humide. Le phénomène cévenol est à l'origine de pluies diluviennes et orageuses sur l'Aude, l'Hérault, les Pyrénées-Orientales et le Tarn.

L'épisode des fortes précipitations dure environ deux jours avec un maximum dans la journée du 12 et la nuit du 12 au 13 novembre. Les averses sont souvent intenses : 106,6 mm en une heure à Lézignan, 57,7 mm à Perpignan, avec sans doute des valeurs infra-horaires beaucoup plus importantes encore. On enregistre également des averses soutenues – plus de 10 mm/h – durant onze heures consécutives à Courniou, et durant sept heures à Lézignan et à Castres. Les cumuls sur deux jours sont très importants, jusqu'à 620 mm à Lézignan, avec une extension géographique exceptionnelle de l'isohyète 400 mm en deux jours. Les valeurs relevées le 12 novembre ont une période de retour supérieure à 100 ans sur une grande moitié sud-est du bassin du Tarn.

L'Agout en amont de Castres ne connaît pas de crue conséquente. Seul le bassin versant de la Vèbre réagit fortement. La situation s'aggrave en revanche en aval de la confluence du Thoré. La saturation initiale des sols et la violence des pluies génèrent des crues éclairs. Les temps de montée des eaux sont très rapides sur les petits cours d'eau comme le Thoré ou l'Orbieu. Les eaux de ce dernier s'élèvent de 4,70 m en quatre heures. Le débit du Thoré atteint 900 m³/s à Labruguière (période de retour voisine de 100 ans), et constitue l'essentiel des apports de l'Agout (1 300 m³/s à Lavaur).

Le bilan est très lourd. On dénombre 35 décès sur les quatre départements du Tarn, de l'Aude, de l'Hérault et des Pyrénées-Orientales. Dans le Tarn, 33 communes sont placées en état de catastrophe naturelle. Sur les versants du Thoré, des glissements de terrain font 4 victimes. Plus de la moitié du montant des pertes dans le Tarn concerne les industries proches du Thoré, soit plus de 420 millions de francs – environ 13 % du montant total des dommages.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen cévenol • Cumuls de pluie remarquables	• Tarn, Aude, Hérault et Pyrénées-Orientales	• 35 morts (total sur les 4 départements), plus de 420 MF de dommages sur le bassin du Thoré

Crue du Tarn des 3 et 4 décembre 2003

L'averse méditerranéenne des 3 et 4 décembre 2003 affecte l'amont du bassin versant du Tarn. Le système pluvio-orageux atteint le secteur au cours de la journée du 30 novembre, et s'intensifie dans la nuit. Les précipitations sont importantes, entre 30 à 60 mm d'eau en 12 heures. Après une accalmie dans la journée du 2 décembre, l'épisode pluvio-orageux reprend dans la nuit. Le 3 décembre, les vents de sud s'orientent progressivement à l'est. Les pluies s'intensifient et se décalent vers le Languedoc-Roussillon, puis la région Midi-Pyrénées, avec une lame d'eau supérieure à 60 mm au cours de la journée du 3 décembre sur les têtes de bassin tarnaises. Les pluies touchent d'abord l'amont de la confluence du Rance, puis s'étendent à

l'aval. Modérées durant la journée du 4, elles disparaissent le 5 décembre. Au total, les cumuls dépassent les 50 mm sur les départements de la Lozère et de l'Aveyron (T = 10 ans). Sur le haut Tarn, les cumuls entre le 1er et le 5 décembre atteignent 256 mm à Florac, 176 mm à Nant et 120 mm à Millau (période de retour entre 50 et 100 ans).

La crue est importante dans le haut et moyen bassin du Tarn avec une concomitance Tarn et Agout-Thoré. La crue s'atténue en aval de la confluence de l'Aveyron. Ce dernier débite 113 m³/s à Palmas le 3 décembre 2003, alors que la Muze, affluent de rive droite du Tarn, atteint 75,5 m³/s (T = 50 ans).

Les dégâts sont notables. À Millau, plusieurs quartiers situés derrière la RN 9 sont inondés suite au refoulement du réseau des eaux usées. La route de Millau-Plage est coupée. Le camping Larribal, lieu-dit Choisy, est fortement touché. Plusieurs maisons et le camping des Deux-Rives sont endommagés dans le secteur de Cureplat. À Montauban, plusieurs stations d'épuration et maisons sont inondées en aval du pont Vieux. Les dommages aux secteurs de l'industrie, de l'artisanat, du commerce et des services dans les départements de l'Aveyron et du Tarn-et-Garonne se montent respectivement à 14,4 millions et 180 000 euros.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen • Pluies de période de retour 50 ans voire 100 ans sur le Tarn lozérien	• Abords du Tarn haut et moyen ainsi que de l'Agout et du Thoré	• Plusieurs maisons et campings inondés ; routes et ponts endommagés ; 14,6 M€ de dommages

Orage du 6 juin 2007 sur Cassagne-Bégonhès

La crue du 6 juin 2007 est due à un violent épisode orageux survenu à environ 20 km au sud de Rodez, essentiellement concentré sur le haut bassin versant du Céor, les bassins de l'Hunargues et du Giffou.

Dans la matinée du 6 juin, une perturbation orageuse traverse la région d'est en ouest. Les cumuls de pluie sont ponctuellement supérieurs à 100 mm en 24 heures sur la région de Cassagnes-Bégonhès et le Villefranchois. Au poste d'Arvieu, on observe un cumul de 94 mm en 24 heures avec une période de retour supérieure à 50 ans.

Le sol déjà largement saturé par plusieurs jours de précipitations intermittentes et les pentes expliquent la très forte réactivité des bassins versants. À Centrès, le débit du Céor passe de 2 à 53 m³/s en 6 heures, soit plus de huit fois le débit moyen journalier maximal observé depuis le début de l'année. L'inondation est aggravée par la formation d'embâcles sur le haut du bassin.

Les dégâts sont particulièrement remarquables à Cassagnes-Bégonhès. L'Hunargues, canalisée jusqu'à sa jonction avec le Céor, inonde les places du Foirail et de la Mairie. La place Bournhou est totalement submergée sous deux mètres d'eau avec formation d'un bassin de rétention. Le parapet du pont sur le Céor s'effondre. Deux bus ainsi qu'une quinzaine de véhicules sont entraînés sur plus de 100 m. Plusieurs maisons

et de nombreux commerces subissent de gros dommages. À Salmiech, le bureau de tabac et l'office du tourisme sont inondés, plusieurs routes et ponts endommagés.

L'événement de juin 2007 provoque une réelle prise de conscience du risque d'inondation de la part de la population et des autorités. Un projet de surveillance et de prévision des crues du Céor-Giffou est engagé.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage • Pluies de période de retour 50 ans	• Abords du Céor, du Giffou et de l'Hunargues	• De nombreux commerces, habitations, routes et ponts endommagés ; une quinzaine de voitures emportées

Références

Sources

Antoine J.-M, 1992. La catastrophe oubliée : les avatars de l'inondation, du risque et de l'aménagement dans la vallée de l'Ariège (Pyrénées françaises, fin XVIIe-XXe siècles), Thèse de doctorat de géographie, université de Toulouse-Le Mirail, 495 p.

BCEOM, 1964. Étude des dégâts des crues de 1944 et 1960.

BCEOM, 1996. Cartographie des risques naturels d'inondation sur la rivière Dordogne.

BCEOM, 2000. Inondations de novembre 1999 dans le sud de la France.

Boubchir A., 2007. Risques d'inondation et occupation des sols dans le Thoré. Mémoire de master, Géode, université Toulouse-Le Mirail.

Cete de Lyon, Cereve, 2000. Analyse du comportement hydrologique des parties amont des bassins versants lors des crues du 12 et 13 novembre 1999 dans l'Aude, les Pyrénées-Orientales et le Tarn.

Conseil général, 2005. Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial urbain et aux crues torrentielles, Recueil de fiches techniques par commune.

Conseil général des Ponts et Chaussées et IGE, 2000. Rapport sur les crues des 12, 13 et 14 novembre 1999 dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn.

DDE Charente-Maritime, 2001. Éléments de mémoire sur la tempête du 27 décembre 1999, 95 p.

DDE de Corrèze, 2000. Expertises des études réalisées sur la Dordogne.

DDE de Corrèze, 1986. Plan d'exposition aux risques d'inondation de la Vézère.

DDE du Lot, 2002. Plan de prévention du risque inondation sur le bassin du Célé amont.

DDE des Pyrénées-Atlantiques, 2003. Plan de prévention du risque inondation sur la commune de Livron.

DDE du Tarn, 1998. Plan de prévention du risque inondation sur la commune de Castres.

DDE du Tarn, 2002. Plan de prévention du risque rnondation sur l'Agout en amont de Castres.

DDE du Tarn, 2002. Plan de prévention du risque inondation sur les communes du Tarn à l'aval d'Albi.

DDT de Corrèze, 2011. Connaissance de l'aléa et élaboration des plans de prévention du risque naturel d'inondation des communes concernées par le bassin de la Dordogne, ses affluents et sous-affluents, d'Argentat à Liourdres.

DDTM des Landes. Fiches laisses de crue.

Diren Languedoc-Roussillon, 2005. Chronologie des crues répertoriées sur le bassin du Tarn et de ses affluents.

Diren Languedoc-Roussillon, 2006. Atlas des zones inondables du bassin versant du Tarn.

Diren Limousin, 2001. Crue des 5 et 6 juillet 2001 en Corrèze.

Diren Limousin, 2006. Cartographie des zones inondables sur la commune de Saint-Yrieix-la-Perche.

Diren Midi-Pyrénées, 1997. Cartographie des zones inondables en Midi-Pyrénées.

Diren Midi-Pyrénées, 1998). Bassin du Tarn, études historique et probabiliste.

Diren Midi-Pyrénées, 2000. Cartographie des zones inondables en Midi-Pyrénées, secteur Garonne aval.

Diren Midi-Pyrénées, Géode, 2005. Recherche historique sur les phénomènes naturels vecteurs de risques dans les Pyrénées ariégeoises et sur leur piémont.

Diren Midi-Pyrénées, 2006. Atlas des zones inondables du bassin versant du Lot.

Entente interdépartementale du bassin du Lot, 2009. Schéma de cohérence pour la prévention des inondations sur le bassin versant du Lot.

Epidor, 2000. Rapport sur la crue des 3 et 4 octobre 1960.

Epidor, 2010. Étude de retour d'expérience de trois épisodes orageux de juin 2007 et mai 2008 sur le bassin de la Dordogne.

Garnier E. *et al.*, 2010. La crise Xynthia à l'aune de l'histoire. Enseignements et enjeux contemporains d'une histoire des submersions, contribution aux missions d'enquête parlementaire et sénatoriale sur Xynthia par le groupe de recherche Submersions, 112 p.

Gazelle F., 2001. La crue du 5 juillet 2001 sur le haut bassin des Nestes et sa comparaison avec celle de novembre 1982, Rapport Diren Midi-Pyrénées, 20 p.

G2C environnement, 2004. Maîtrise des inondations du Rieux-Tord.

Géosphair, 2000. Cartographie des laisses de crue du 10 au 12 juin 2000 sur le bassin supérieur de la Garonne, vallées de la Garonne, de l'Ariège, de la Lèze, de l'Arize, de la Save, Diren Midi-Pyrénées.

Géosphair, 2004. Analyse et cartographie des écoulements de la crue des 4 et 5 décembre 2003.

Géosphair, 2004. Analyse et cartographie des écoulements de la crue du 3 au 5 décembre 2003 en vallée du Tarn.

Géosphair, 2008. Atlas des zones inondables dans la vallée du Lot.

ISL, 2007. Crue du 25 mai 2007 à Urepel.

ISL, 2008. Étude de faisabilité pour l'extension des champs d'expansion des crues du bassin des Baises.

Lacroix M., 1952. Crue de la Garonne et de ses affluents en février 1952.

Loeillet J.-L., 2003. L'inondation des 12 et 13 novembre 1999 dans les communes de Caucalières et de Labruguière : origine, développement, conséquences, retour d'expérience, mémoire de maîtrise de Géographie, université Toulouse-Le Mirail.

Préfecture du Lot, 2004. Dossier communal d'information sur les risques naturels et technologiques sur le bassin de Cahors.

Préfecture de la Charente-Maritime, 2011. Éléments de mémoire sur la tempête Xynthia du 27 et 28 février 2010.

Préfecture du Tarn, 2005. Commune de Vabre, dossier communal synthétique des risques majeurs.

Safège. Atlas des zones inondables sur 40 communes.

Safège. Établissement des PPRI sur les communes d'Artiguelouve, Arbus, Tarsacq.

Saunier-Techna, 2000. Atlas des zones inondables du département des Pyrénées-Atlantiques, 4e phase.

Saunier-Techna, 2000. Étude préalable à l'établissement du plan de prévention du risque inondation sur la commune de Mirepeix.

Saunier-Techna, 2000. Étude préalable à l'établissement du plan de prévention du risque inondation sur la commune d'Artix.

Sogelerg, Sogreah, 1998. Cartographie informative des zones inondables : le Viaur, zone 6.

Sogreah, s.d. Périmètre de la zone inondée : crue février 1952, gave de Pau.

Sogreah, 2002. Établissement d'un PPRI. Commune de Nousty.

Sogreah, 2003. Modélisation de l'Adour maritime, réunion de présentation du 20 novembre 2003.

Sogreah, 2004. Commune d'Aramits, définition du risque inondation, rapport d'étude.

Sogreah, 2004. Modélisation de l'Adour maritime dans le cadre de la prévention du risque d'inondation, étude hydraulique.

Sogreah, 2004. PPRI commune d'Angaïs.

Sogreah, 2004. PPRI commune d'Aressy, étude hydraulique.

Sogreah, 2004. PPRI commune d'Assat (gave de Pau et Lagoin).

Sogreah, 2006. Élaboration des plans de prévention des risques naturels littoraux et incendie de forêt sur les communes de Vaux-sur-Mer, Royan, Saint-Georges-de-Gironde, Meschers-sur-Gironde, Arces-sur-Gironde, Talmont-sur-Gironde, phase 2 : présentation des événements historiques, DDE Charente-Maritime, 47 p.

Sogreah, 2007. Crue du 25 mai 2007 sur le Landistou.

Sogreah, 2007. Étude hydraulique, crue du 25 mai 2007 sur le Luz.

Sogreah, 2011. Éléments de mémoire et retour d'expérience de l'événement Xynthia, DDTM Charente-Maritime.

Syndicat mixte d'étude et de programmation pour l'aménagement de la Garonne, 1989. Monographie des crues de la Garonne.

Syndicat mixte du bassin versant du Viaur, 2008. Schéma de prévention des inondations sur le bassin versant Céou-Giffou.

SPC Adour, commune d'Arbus, s.d. Phénomènes naturels connus appuyés par des faits significatifs.

SPC Adour, s.d. Crues et inondations.

SPC Adour, 2003. PPRI commune d'Artix.

SPC littoral atlantique, 2006. RIC littoral atlantique, 46 p.

Publications

Ambert P., Biget J.-L., Cazals R., Delvit P., Lambert R., Vernhet A., 1991. *La mémoire de l'eau, la mémoire de l'homme*.

Gayraud M., Lalanne G., 1977. La crue du 8 juillet 1977 en Gascogne, *Coteaux de Gascogne*, n° 42, 13 p.

Gazelle F., 2007. Les crues historiques exceptionnelles de septembre 1875 dans le sud de la France, *Aquadoc.*

Lalanne-Berdouticq G., Lajournade C., 1997. Les crues torrentielles dans les Pyrénées occidentales : contexte pluviométrique, géomorphologique et anthropique des événements extrêmes, *Géomorphologie,* 3(2), 111-120.

Lambert R., Vigneau J.-L., 1981. Les inondations catastrophiques de juillet 1977 en Gascogne : étude géographique d'une situation ; problèmes de prévision et de prévention, *Annales de géographie*, 497, 1-54.

Pardé M., 1927. La Crue de la Garonne en 1927, *Revue de Géographie Alpine,* 15(3), 455-458.

Pardé M., 1930a. Le régime du Lot, *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest,* 1(2), 129-184.

Pardé M., 1930b. La crue catastrophique de mars 1930 dans le Sud-Ouest de la France, *Revue de géographie alpine,* 18(2), 343-393.

Pardé M., 1953. Sur la genèse et les caractères de plusieurs grandes inondations récentes, *Annales de Géographie,* 329, 18-36.

Pardé M., 1962. La crue exceptionnelle d'octobre 1960 dans l'ouest du Massif central, *Annales de Géographie,* 383, 36-63.

Planet (de) E., 1884. Les inondations dans le Bassin toulousain, *Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres de Toulouse*, 6(8).

Salles M., 1876. L'inondation de la Garonne du 23 juin 1875, *Extrait des Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres de Toulouse*.

Salomon J.-L., 2002. L'inondation dans la basse vallée de Garonne et l'estuaire de la Gironde lors de la « tempête du siècle », *Géomorphologie,* 8(2), 127-134.

Viers G., 1984. Les inondations du 26 août 1983 en Pays basque (Pyrénées-Atlantiques, France). *Annales de Géographie*, 517, 372-376

Internet

http://www.aquadoc.fr

http://bassin-agout.fr

http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/

http://www.meteopassion.com/

http://pluiesextremes.meteo.fr

http://pluiesextremes.meteo.fr/ladepeche.fr

http://pluiesextremes.meteo.fr/1963-08-01/violents-orages-sur-le-sud-ouest.html

http://pluiesextremes.meteo.fr/1983-08-26/orages-meurtriers-sur-le-pays-basque.html

2
District Artois-Picardie

Inondation de l'Aa à Blendecques en mars 2002.
Source : Diren NPC, photos aériennes crues mars 2002

Raphaël Blanchard

Les inondations à l'échelle du district Artois-Picardie

Géographie

Le district Artois-Picardie couvre une superficie de 20 000 km², pour 7 900 kilomètres de cours d'eau et environ 900 km de canaux et rivières canalisées. Dans le cadre de l'EPRI, six unités de présentation ont été retenues **(fig. 2-1)** :
– « Aa-Yser-Audomarois » (AYA) (2 300 km²) ;
– « Canche-Authie-Boulonnais » (CAB) (3 300 km²) ;
– « Lys-Deûle-Marque » (LDM) (2 900 km²) ;
– « Sambre » (1 100 km²) ;
– « Scarpe-Escaut-Sensée » (SES) (3 800 km²) ;
– « Somme » (6 600 km²).

Description des enjeux

Le district Artois-Picardie s'étend sur 19 600 km² pour une population de 4 500 000 habitants. La densité est élevée, près de 240 hab/km², soit le double de la moyenne nationale. Deux grands pôles urbains dominent ce territoire – Lille (1 200 000 habitants) et Douai-Lens (550 000 habitants) – auxquels s'adjoignent quelques agglomérations sur le littoral – Montreuil-sur-Mer, Boulogne-sur-Mer, Calais, Dunkerque – et un certain nombre de villes moyennes à l'intérieur – Amiens, Arras, Cambrai, Maubeuge, Saint-Quentin. La partie sud du district est plus rurale, sans métropole majeure. Cette forte densité de population, répartie sur un nombre élevé de communes, n'est pas sans conséquence sur l'exposition du territoire aux risques d'inondation.

D'un point de vue économique, le district représente environ 6 % du PIB national (Insee 2005) essentiellement dans le secteur secondaire (industries lourdes). Les secteurs de l'industrie et de la construction représentent 30 % des activités de la région contre 25 % à l'échelle nationale. Les emplois dans ce secteur sont en constant recul. Il subsiste néanmoins de nombreuses entreprises dans l'agroalimentaire, la chimie, la sidérurgie et la pétrochimie, dont certaines d'envergure internationale. L'agriculture, la sylviculture et la pêche représentent une part faible des activités, excepté sur la partie sud du territoire (Picardie), où l'on retrouve de grandes exploitations agricoles.

Topographie et occupation du sol

Le district Artois-Picardie se caractérise par son relief de plaine. Entre Calais et Dunkerque, dans la zone des wateringues, de vastes espaces ont été gagnés sur la mer au fil du temps (polders). Les bassins de la Somme et de la Sambre comportent quelques secteurs vallonnés. Le point culminant ne dépasse pas 271 m.

Ce territoire est parcouru par un réseau hydrographique dense qui n'est pas structuré autour d'un cours d'eau principal. Du sud-est au nord-ouest, des contreforts des Ardennes aux hauteurs du Boulonnais, la crête de l'Artois constitue une ligne de partage naturelle. Au sud-ouest, une série de fleuves côtiers rejoignent la Manche (Somme, Authie, Canche, Liane, Wimereux, Slack). Au nord-est, les cours d'eau s'écoulent vers la mer du Nord (l'Aa et son affluent la Hem), ou vers la Belgique (Yser, Lys, Deûle, Scarpe, Escaut, Sambre). La nature géologique des terrains joue

par ailleurs un rôle non négligeable dans le régime hydrologique. Certains cours d'eau sont situés dans des secteurs où la nappe contribue de façon significative à leur alimentation. Ce phénomène s'observe notamment sur la Somme et ses affluents, l'Authie et la Canche. Dans les secteurs peu perméables, d'autres sont alimentés par le ruissellement (Liane, Wimereux, Slack, Yser et Sambre).

En 2000, la surface agricole utile occupait 70 % du territoire du district Artois-Picardie contre 55 % au niveau national. Elle est vouée principalement à la culture du blé tendre, de la betterave sucrière et de la pomme de terre. Le taux de boisement est faible, inférieur à 10 %, pour une moyenne nationale de 27,5 %. La forte proportion de sol nu en hiver – environ un tiers de la surface agricole utile – favorise l'érosion par ruissellement et le lessivage des nitrates.

Le district comporte un nombre important d'aménagements hydrauliques destinés aussi bien à la navigation (environ 900 km de canaux ou de rivières canalisées), qu'à la lutte contre les intrusions marines, l'assainissement des zones humides, l'évacuation des eaux de ruissellement, etc. D'une manière générale, les milieux fluviaux subissent une forte pression liée aux activités et aménagements anthropiques : déstabilisation des lignes d'écoulement, érosion de berges, accélération des débits, etc.

En matière de partage des eaux, un protocole interdépartemental règle la répartition des volumes transités par le canal à grand gabarit, propriété des Voies navigables de France. Ce protocole, qui respecte les objectifs du schéma directeur de gestion et d'aménagement des eaux (SDAGE), assure la solidarité entre les bassins hydrographiques de l'Aa et de la Lys pour l'évacuation des crues.

Par ailleurs, la façade littorale présente de nombreux ouvrages de défense contre les submersions marines, qu'ils soient artificiels (digues, perrés) ou naturels (cordons dunaires). On trouve de tels aménagements en baie de Somme et dans la plaine de Flandres maritime (85 000 ha) dont l'altitude se situe sous le niveau moyen de la haute mer. Pour maintenir cette dernière hors d'eau, un dispositif de drainage, de relevage et d'évacuation a été mis en place dès le Moyen-Âge et géré dans le cadre associatif original des wateringues. Sur la basse vallée de la Liane, le barrage Marguet est lui aussi chargé de limiter l'influence des marées et les inondations par la mer.

En certains endroits, l'extraction minière, très importante dans la région tout au long des XIX^e^ et XX^e^ siècles, a influé, notamment du fait des affaissements de terrain, sur l'écoulement naturel des eaux et la création de zones d'inondations potentielles. Pour y remédier, Charbonnages de France a installé des stations de pompage destinées à rediriger les eaux ne pouvant s'évacuer par les exutoires naturels. Aujourd'hui, 74 sites sont en fonctionnement sur le bassin minier, dont 52 sous responsabilité de l'État, le reste dépendant des collectivités locales.

Aménagements hydrauliques au cours du temps

Les aménagements réalisés au cours des siècles ont profondément transformé les conditions de formation et d'écoulement des crues fluviales et des submersions marines sur le district Artois-Picardie. Ils peuvent être regroupés en trois ensembles principaux :
– les travaux d'assèchement et de valorisation agricole des plaines côtières et des marais intérieurs engagés dès le Moyen-Âge (cf. delta de l'Aa). Des réseaux de fossés et canaux (watergangs) drainent ainsi les eaux continentales et l'administration des

wateringues en assure depuis la gestion. À partir du XVII^e siècle, les techniques hollandaises de poldérisation complètent le dispositif et vont être utilisées à grande échelle ;
– les ouvrages de canalisation des rivières et le creusement de canaux navigables, les deux constituant peu à peu un seul et même réseau hydraulique artificiel. Le développement des voies navigables intérieures (approvisionnement de Paris, transport des pondéreux entre sites miniers et industriels, etc.) a largement participé au développement économique des XVIII^e et XIX^e siècles. La Scarpe, la Deûle, la Sambre et l'Escaut sont aménagés dès le XVII^e siècle, les canaux de Picardie et de Saint-Quentin au XVIII^e siècle, ceux de Roubaix et de la Somme dans la première moitié du XIX^e siècle et le canal du Nord au XX^e siècle ;
– les ouvrages de défense contre l'érosion marine sur le front de mer. Le long des côtes et des estuaires, les travaux d'assèchement évoqués plus haut sont complétés, dès le XVIII^e siècle, par ces ouvrages de défense (cf. embouchures de l'Authie, renclôtures de la Canche). Des aménagements plus remarquables sont réalisés dans le cadre du développement des ports à partir du XVIII^e siècle (Dunkerque, Calais, Boulogne) puis des stations touristiques dans la seconde moitié du XIX^e siècle (Wissant).

Au total, alors que les pentes restent très faibles, les conditions d'écoulement des crues ont été profondément transformées par la constitution des différents réseaux d'ouvrages régulateurs qui se sont ainsi substitués, au fil du temps, aux réseaux naturels. Pour autant, cela ne rend pas le contrôle des inondations plus aisé. Si le système hydraulique dispose en effet d'une certaine marge de manœuvre pour le soutien d'étiage ou le laminage des crues modérées, il n'est en revanche pas en capacité d'absorber les phénomènes hydrométéorologique exceptionnels. L'interconnexion des réseaux peut même aggraver certaines situations.

Typologie des inondations

Le district Artois-Picardie est marqué par un climat océanique, très légèrement altéré sur sa partie Est. Les perturbations atlantiques transitent dans un flux nord-ouest - sud-ouest. La période hivernale, avec ses épisodes pluvieux prolongés et répétés, est propice aux inondations par débordement de cours d'eau ou remontée de nappe. Sur le littoral, les épisodes tempétueux peuvent être à l'origine de submersions marines. En période estivale, les fronts orageux mobiles et virulents peuvent engendrer des crues rapides et des phénomènes de ruissellement intense en zones rurales ou urbaines.

Inondation par remontée de nappe phréatique

Les nappes d'eau souterraines, dites « nappes phréatiques », ont une inertie importante : plusieurs mois, voire plusieurs années pour les plus grandes. Pour qu'une nappe dépasse le niveau du sol, il faut donc une succession d'années pluvieuses, ou a minima une période très pluvieuse sur plusieurs mois. Lorsque la surface du sol est dépassée, les fonds de vallée à pente très faible sont inondés sur une large superficie. La durée d'inondation est longue (plusieurs semaines à plusieurs mois). On peut aussi assister à l'apparition de résurgences et de « flaques temporaires », sans liaison directe avec le cours d'eau. Les points bas sont progressivement submergés, entraînant des dégâts sur les infrastructures (mise sous pression) et les constructions (persistance des eaux pendant un temps prolongé) ainsi que l'inondation des plaines agricoles.

Inondation lente par débordement de cours d'eau

Ces débordements surviennent à la suite de périodes pluvieuses prolongées de plusieurs semaines. Les sols saturés en eau favorisent alors le ruissellement vers les exutoires. La période humide d'octobre à avril est propice à ces phénomènes. La faiblesse des pentes explique la lenteur des temps de montée – souvent plusieurs jours –, ce qui laisse généralement la possibilité aux autorités et aux riverains de se préparer à l'inondation. La décrue est également lente et les points bas peuvent rester inondés plusieurs semaines après le retour du beau temps.

Inondation rapide par débordement de cours d'eau

Deux cas de figure se présentent. Premièrement, les inondations peuvent survenir dans les mêmes conditions générales de saturation des sols que le cas précédent, mais avec des cumuls de pluie supplémentaires importants sur une ou deux journées. Quelques dizaines de millimètres suffisent. La totalité des précipitations ruisselle vers les cours d'eau qui accusent alors une montée rapide en quelques heures. Deuxièmement, en période estivale, des précipitations orageuses intenses de quelques heures peuvent aboutir à un résultat similaire, sans condition initiale de saturation des sols. La crue rapide concerne en général les affluents dont les bassins ont un temps de concentration plus court. Le risque est alors lié à la vitesse de montée des eaux et à la force du courant qui peut surprendre les habitants.

Inondation par ruissellement

Les écoulements superficiels dommageables sont liés à des événements de pluies intenses qui, ne pouvant s'infiltrer, s'écoulent directement le long des pentes en suivant des cheminements préférentiels. Les volumes peuvent être plus ou moins importants. On retrouve de tels phénomènes aussi bien lors d'épisodes océaniques hivernaux avec saturation préalable des sols et régime d'averses, qu'à l'occasion d'orages estivaux, souvent violents, et marqués par de très fortes intensités pluvieuses. Ce type de phénomène affecte en général l'amont des bassins ou les secteurs de coteaux. Les remembrements fonciers, le défaut d'entretien des réseaux de drainage superficiels, etc., contribuent à en aggraver les effets. En zone rurale, ces ruissellements peuvent entraîner une érosion superficielle des sols et générer des coulées de boue. Les dégâts sont alors souvent importants du fait des vitesses et des axes préférentiels d'écoulement. Le risque humain est alors maximum.

Inondation par submersion marine

Plusieurs conditions sont nécessaires pour donner naissance à une submersion marine : une marée haute astronomique à fort coefficient, une surcote d'origine météorologique (vents forts de direction perpendiculaire au rivage et surélévation liée aux basses pressions atmosphériques), et une forte houle. La mer se propage à l'intérieur des terres suite, bien souvent, à la défaillance d'ouvrages de protection ou à l'érosion du cordon dunaire. Elle peut alors s'avancer jusqu'à des points relativement éloignés du rivage. Au danger direct lié à la rapidité du phénomène (quelques dizaines de minutes, voire instantané en cas de rupture d'ouvrage), s'ajoute celui de la rétention de cette eau salée à l'intérieur des terres, piégée dans les points bas.

Au demeurant, selon les conditions hydrométéorologiques, un même cours d'eau ou bassin peut connaître une crue lente ou une crue rapide, voire une crue de nappe ou une submersion marine, avec éventuellement des phénomènes de concomitance.

Inondations remarquables

Au total, 26 inondations ont été retenues à l'échelle du district Artois-Picardie. Le tableau 2-1 indique dans quelles parties on pourra trouver les informations sur chaque inondation.

Pour illustrer chacun des types de crues et inondations, six événements **(fig. 2-2)** plus notables sont décrits au niveau du district. L'événement de février à mai 2001 constitue aujourd'hui la référence nationale en matière d'inondation par remontée de nappe, avec des durées de submersion exceptionnelles sur plusieurs mois.

Tableau 2-1. Inondations remarquables retenues pour le district Artois-Picardie

Inondation	District	AYA	CAB	LDM	Sambre	SES	Somme
20-24 fév. 1784							●
13-26 janv. 1841							●
15-18 août 1850					●	●	
nov.1872 à avril 1873						●	
31 janv. au 2 fév. 1953		●					
3-5 mars 1956					●		
30 janv. au 6 fév. 1961					●		
13- 30 nov. 1974				●			
19-26 juil.1980					●	●	
26-28 fév. 1990	●		●				●
déc. 1993 et janv. 1994	●			●	●	●	
11-12 juil. 1995						●	
29 oct. au 1er nov. 1998			●				
déc. 1999	●	●	●	●			
29 juil. 2000				●			
fin oct. à début déc. 2000				●			
fév. à mai 2001	●		●				●
6-8 juil. 2001							●
20-21 sept. 2001		●					
janv. et fév. 2002						●	
26 fév. au 6 mars 2002		●					
13 août 2006	●	●					
4-11 déc. 2006			●				
7 juin 2007	●					●	
23-28 nov. 2009		●					
13-15 nov. 2010					●		

N.B. Ce tableau ne rend pas compte de l'emprise géographique réelle des événements

Tempêtes et submersions marines du 26 au 28 février 1990

Tout l'hiver 1989-1990, l'Europe du Nord a été sous l'influence d'un flux atlantique perturbé. Au cours des mois de janvier et février, une succession de tempêtes touche le littoral français et la mer du Nord. En moins d'un mois, la côte picarde voit défiler huit dépressions marquées avec des vents maximums supérieurs à 115 km/h. Les plus remarquables surviennent entre le 26 et le 28 février **(fig. 2-3)**. On enregistre des vents de 155 km/h à Abbeville, 151 km/h au cap Gris-Nez, 144 km/h à Boulogne-sur-Mer.

Ces tempêtes sont associées à des marées de vives-eaux à forts coefficients (104 à 108). Le vent et la houle, qui atteint 5 m, engendrent des surcotes importantes : + 1,30 m en baie de Somme, période de retour centennale ; + 1,60 m à Étaples-sur-Mer le 27 février. Aux heures de haute mer, l'eau pénètre avec force à l'intérieur des terres.

La quasi-totalité du littoral est touchée, avec cependant une intensité décroissante du sud vers le nord. Certaines digues et cordons dunaires fragilisés par les intempéries précédentes cèdent. Les dégâts les plus spectaculaires se produisent en baie de Somme, suite à la rupture de plusieurs ouvrages. Cinq kilomètres sont endommagés ou détruits de part et d'autre de Cayeux. Le littoral des Bas-Champs subit sa plus grave invasion marine du XX^{e} siècle. La mer pénètre jusqu'à trois kilomètres à l'intérieur, submergeant terres agricoles, villages, routes, campings, etc. Le centre-ville de Cayeux est sous les eaux. Près de 150 maisons sont touchées. Au total, 3 000 hectares sont submergés, une route départementale est partiellement détruite, ainsi que des infrastructures et des ouvrages communaux. L'eau se retire à partir du 2 mars. Les Bas-Champs resteront inondés plusieurs semaines durant.

En remontant vers le Boulonnais les endommagements ou destructions affectent les ouvrages de défense contre la mer : perrés, cordons dunaires, etc. Le recul du trait de côte atteint 50 mètres sur la commune de Tardinghen. À Saint-Josse, suite à une rupture de digue, la mer envahit 200 hectares au niveau du champ de Merlimont. La promenade de la station balnéaire de Wimereux subit des dégradations importantes : brèche, dégradation du perré et des trottoirs, déplacement du pont en béton franchissant le Wimereux. Le phénomène perd de son intensité à partir du cap Gris-Nez. On note malgré tout un démaigrissement de la plage et un recul des dunes sur quelques communes proches de Dunkerque.

Inondations de décembre 1993 et janvier 1994 sur le nord de la France

L'automne 1993 a été très pluvieux, de même que le début de l'hiver (512,2 mm à Merville entre septembre 1993 et janvier 1994 inclus), ce qui a contribué à la saturation hydrique des sols. Les précipitations de décembre sont très excédentaires, plus particulièrement pendant la dernière quinzaine. On relève plus de 180 mm sur la plupart des postes de mesure avec deux maximums entre le 12 et le 19 décembre.

Le bassin de la Lys est particulièrement touché. À Merville, 1 500 maisons sont inondées, il s'agit de la crue la plus forte depuis 1924. On observe des débordements sur la Marque, la Deûle, ainsi que sur la plupart des affluents de l'Escaut. Sur le bassin de la Sambre, l'activité économique est sévèrement touchée. La situation ne redevient normale qu'au début du mois de janvier 1994.

Au total, 443 communes ont été reconnues en état de catastrophe naturelle, 228 dans le département du Pas-de-Calais, 215 dans le département du Nord. Dans ce dernier, 347 habitations et 49 entreprises ont subi des dommages, pour un montant total supérieur à 10 millions d'euros.

Inondations de décembre 1999 sur le nord de la France

De fortes pluies s'abattent en novembre et décembre 1999 sur toute la région Artois-Picardie. Le mois de décembre compte plus de 25 jours pluvieux. Avec 281 mm à Desvres et 186 mm à Lambersart, la moyenne climatologique est dépassée de 2,5 à 3 fois. Les cumuls journaliers sont importants, notamment au cours de la troisième décade de décembre. Les périodes de retour associées se situent entre 25 et plus de 50 ans. Ces précipitations ont largement contribué à saturer les sols. À partir de mi-décembre, chaque nouvelle lame d'eau provoque une réaction rapide des rivières. Les cumuls intenses relevés lors du passage de la tempête Lothar les 24, 25 et 26 décembre (95,2 mm à Bruay-la-Buissière) sont à l'origine des élévations les plus importantes.

La plupart des cours d'eau du district connaissent des crues multiples au cours du mois avec des montées rapides. La période de retour des débits atteint 20 ans à plusieurs reprises sur le Wimereux et sur la Marque, elle est supérieure sur l'Hogneau, et atteint 50 ans sur la Canche à Brimeux.

De nombreux secteurs urbains ou agricoles sont impactés. Le marais audomarois est totalement submergé (3 400 ha). Plusieurs dizaines de maisons sont inondées (plus de 50 à Saint-Omer). Fauquembergues et Polincove sont sous les eaux de l'Aa et de la Hem. On ne compte plus les maisons inondées et les habitants évacués dans la vallée de la Lys, avec une montée de l'eau très rapide, suite à des brèches dans les digues. Même scénario le long de la Lawe. À Bruay-la-Buissière, en seulement deux heures, l'eau monte jusqu'à un mètre dans plusieurs centaines de maisons. La crue de la Clarence est fulgurante. L'eau envahit les rues et tout un quartier de Marles-les-Mines en 15 minutes. 25 maisons sont totalement submergées, parfois jusqu'à la toiture (fig. 2-4). On évacue plusieurs centaines de personnes à Doullens, dans le val

Figure 2-4. La Clarence à Marles-les-Mines, inondations de décembre 1999.
Source : INA

d'Authie. La Ternoise inonde gravement Pesnes-en-Artois, où on relève jusqu'à 1,50 m d'eau dans les rues transformées en torrent. Une cinquantaine de personnes sont évacuées. Le même scénario se produit à Auchy. Dans la vallée de l'Escaut, plusieurs villes sont envahies par la crue de ses affluents : Valenciennes, Aulnoy, Thiant… Au total, l'état de catastrophe naturelle est constaté pour 443 communes de la région Nord-Pas-de-Calais.

Inondations de février à mai 2001 sur la Somme et les bassins côtiers de la Manche

Les cumuls pluviométriques d'octobre 2000 à avril 2001 **(fig. 2-5)** sur les bassins côtiers de la Manche atteignent un niveau exceptionnel. Au cours de ces sept mois la plupart des stations enregistrent des valeurs entre 1,5 et 2 fois la moyenne climatologique. La station d'Abbeville enregistre 906 mm sur la période, record absolu depuis le début des mesures en 1945.

Le niveau des nappes phréatiques, déjà bien rehaussé par une série d'années pluvieuses depuis 1998, continue de croître. La reprise d'importantes précipitations en mars et en avril 2001 (2,5 à 3 fois la moyenne climatologique) entraîne une nouvelle augmentation (cf. niveau record de la nappe de Criquiers à 193 m NGF) ainsi que celle des débits de la Somme et de ses affluents. Les niveaux des nappes et des cours d'eau sont bien corrélés avec un décalage de quelques semaines entre eux.

La crue de la Somme est exceptionnelle par son ampleur et sa durée (plusieurs mois). Contrairement aux autres grands événements passés, ce n'est pas une crue de débâcle. La situation atteint son paroxysme à la mi-avril (fig. 2-6), avec au plus fort de la crue un débit de 104 m^3/s (T = 120 ans) à Abbeville et de 90,5 m^3/s (T = 100) à Hangest-sur-Somme.

Figure 2-6. Abbeville inondée par la crue de la Somme au printemps 2001. Source : Diren Picardie, photos aériennes, mai 2001

Suite à cet épisode, 145 communes sont déclarées en état de catastrophe naturelle. Le montant global des dommages s'élève à 150 millions d'euros. Une description plus précise des conséquences dans le département de la Somme est donnée dans l'UP « bassin de la Somme ».

La plupart des affluents de la Somme connaissent eux aussi des crues remarquables associées à des remontées de nappe (l'Ancre, l'Avre, la Bresle, etc.). De même sur l'Authie. La décrue est très lente. Le retour à la normale ne sera effectif qu'au début de l'été 2001.

Crue de la Hem du 13 août 2006

Des pluies exceptionnelles **(fig. 2-7)** s'abattent sur le bassin versant de la Hem les 12 et 13 août 2006, avec 195,5 mm à Guînes, dont 126,2 mm en 24 heures, et 176,1 mm à Licques.

Ces précipitations engendrent une crue exceptionnelle de la Hem le 13 août, avec un débit de 60 m^3/s à Guémy, pour une période de retour supérieure à 100 ans. La durée de la crue est inférieure à la journée. La vallée de la Hem subit des dégâts majeurs, avec de nombreux villages et routes inondés, et quelque 200 personnes évacuées.

Ruissellements et coulée de boue sur le bassin versant d'Estreux le 7 juin 2007

Dans la soirée du 7 juin 2007, un orage d'une extrême intensité s'abat sur le petit bassin versant d'Estreux (environ 5 km^2). Les cumuls de pluie en deux heures sont estimés entre 75 et 100 mm.

À Estreux, commune de 859 habitants située à six kilomètres de Valenciennes, la rue principale et submergée par les eaux. Plusieurs maisons sont détruites ainsi que de nombreux véhicules.

Les inondations à l'échelle des unités de présentation

Unité Aa-Yser-Audomarois

Réseau hydrographique

L'unité est constituée par la plaine maritime, les deux bassins versants de l'Aa et de l'Yser, et le marais audomarois. La partie amont du bassin de l'Aa, constituée par les collines de l'Artois, a un caractère rural marqué. Sa partie aval est plus urbanisée et vouée aux activités industrielles. Le paysage, parfois accidenté, est constitué de plateaux cultivés d'une altitude modérée (100 à 200 m) et de vallées verdoyantes. Les grandes cultures de type openfield dominent les paysages, à l'exception des fonds de vallée où se retrouvent des prairies permanentes et temporaires. Notons que les industries sont à l'origine de 30 % des prélèvements en eau et que 60 % de l'eau prélevée est exportée à l'extérieur du bassin.

Au nord, le delta de l'Aa et ses divers affluents – dont la Hem – s'étendent sur environ 110 000 hectares entre Calais, Holque et Dunkerque, jusqu'au marais audomarois

compris. Ce territoire de polder est ouvert au nord sur la mer et limité au sud par le plateau de l'Artois. Son altitude varie de – 2 à + 5 mètres. Il est parcouru par un réseau très dense de 1 500 km de fossés et canaux : les wateringues. Ceux-ci font l'objet depuis le Moyen-Âge d'une gestion collective minutieuse de l'eau : rétention au cours de l'été, évacuation durant l'hiver et la période des hautes eaux. Des canaux de liaison permettent les transferts d'un bassin à l'autre.

Le bassin versant de l'Yser domine de 15 à 20 mètres d'altitude la Flandre maritime. Moins drainé, il reste néanmoins très sensible aux inondations en raison de la nature argileuse de ses sols. Son caractère rural est marqué. Aux versants boisés des monts succèdent les prairies bocagères puis les grandes plaines cultivées. À l'est d'une ligne Wormhout-Cassel, les haies et la forêt persistent. De manière générale, l'habitat est rural avec des villages à vocation principalement agricole, à laquelle s'adjoignent, dans certains bourgs, quelques industries agroalimentaires.

Typologie des inondations

On rencontre ici deux types principaux d'inondation : les débordements de cours d'eau – associés parfois à des phénomènes de ruissellement – et les submersions marines. On assiste ponctuellement à des remontées de nappe. De par sa situation géographique, l'unité « Aa-Yser-Audomarois » est plus particulièrement soumise aux perturbations d'origine océanique. Les crues fluviales sont généralement lentes du fait d'une pluviométrie modérée (de l'ordre de 700 à 750 mm par an) et d'un sous-sol crayeux favorisant l'infiltration. On rencontre toutefois des crues plus rapides sur les hauts bassins de l'Aa et de l'Yser en raison des pentes et de la nature des sols plus propices à la concentration des écoulements ou du ruissellement. Notons que le phénomène de marée conditionne les débits aux exutoires, alors que dans la zone des wateringues les écoulements gravitaires intermittents sont compensés par un système de pompes à la mer.

Inondations remarquables

Six événements ont été retenus **(fig. 2-8)** pour illustrer la typologie des phénomènes : submersion marine (février 1953), perturbations océaniques avec crue rapide (septembre 2001 et août 2006), crue lente (décembre 1999) ou remontées de nappe (mars 2002 et novembre 2009).

Submersions marines du 31 janvier au 2 février 1953 sur le secteur Calais-Dunkerque

Les 31 janvier et 1er février 1953, une dépression centrée en mer d'Irlande génère un violent flux de nord - nord-ouest en mer du Nord. Les vents orientés perpendiculairement à la côte propulsent sur le littoral une masse d'eau importante qui provoque des submersions exceptionnelles sur toute la région **(fig. 2-9)**. La surcote dépasse trois mètres dans l'estuaire de la Tamise. Au port de Dunkerque, la marée haute, renforcée par les vents violents, atteint 8 m, soit 2,40 m au-dessus de la normale. Au port de Calais, le quai, situé à la cote 8,47 m, est submergé. On estime la surcote totale à environ + 2 m, soit 1,20 m au-dessus des plus hautes marées astronomiques théoriques.

Les Pays-Bas paieront le plus lourd tribut à l'événement avec 1 800 morts. En France, tout le littoral, de Sangatte à la frontière belge, est submergé. Aucune commune n'est épargnée. Sur certaines, on constate un simple franchissement du perré. Sur d'autres, les dépassements sont plus sévères et destructeurs : destructions de digues, recul ou rupture du cordon dunaire. À chaque fois, la mer pénètre dans les terres et submerge les espaces agricoles ou les secteurs urbanisés.

À Dunkerque, deux brèches, respectivement de 200 et 120 m, se forment sur la digue du canal exutoire. L'eau envahit rapidement plusieurs quartiers en pleine nuit, notamment la cité du stade Tribut et les rues limitrophes. Caves, jardins, rez-de-chaussée sont sous les eaux. La marée haute suivante s'engouffre par les brèches, remonte le canal exutoire et inonde d'autres quartiers. Malgré la dissipation de la tempête, certaines zones resteront inondées plusieurs jours.

À Malo-les-Bains, la digue promenade est fortement endommagée. L'eau pénètre dans les rues et inonde les sous-sols des habitations. À Bray-Dunes, la force des vagues défonce les fenêtres et les portes des habitations les plus proches du littoral. À Sangatte, le cordon dunaire est repoussé de 5 à 15 m et la mer s'engouffre dans les brèches pour pénétrer dans les terres.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec violente tempête de secteur NNW et submersion marine • Surcotes exceptionnelles (+ 2,40 m et + 2 m à Dunkerque et Calais)	• Plusieurs quartiers à Malo et Dunkerque • Terres agricoles à Sangatte	• Destruction de digues, recul ou rupture du cordon dunaire

Crues du 12 au 31 décembre 1999 sur l'Aa et la Hem

Pour les deux premières décades de décembre on relève 115,6 mm à Tournehem-sur-la-Hem, loin des zones les plus arrosées. De forts cumuls sont enregistrés entre le 21 et le 31 décembre. Le sol gorgé d'eau accélère le ruissellement qui entraîne une réaction rapide des cours d'eau.

Les crues les plus importantes affectent l'Aa (T = 20 ans pour 41 m³/s relevés à Wizernes), la Hem (T = 20 ans pour 20 m³/s à Guémy). Nombre de rivières secondaires et de canaux débordent également, notamment la Peene Becque et l'Ey Becque, affluents de l'Yser. Le marais audomarois atteint la cote 3 m.

Les submersions ne sont pas catastrophiques mais affectent de nombreux secteurs. L'Aa inonde les rues basses de Fauquembergues, le jardin public et certaines rues à Arques. À Dunkerque, le canal de Mardyck submerge le quai. Les eaux du canal de Neufossé s'élèvent de 60 cm et entrent dans le marais audomarois (fig. 2-10) qu'elles recouvrent presque entièrement (3 400 hectares). Cultures et routes sont sous les eaux. Plus de 50 maisons sont inondées à Saint-Omer. À Clairmarais, une rupture de digue entraîne l'évacuation de 15 habitations. La Hem cause d'importants dégâts matériels. On relève jusqu'à 70 cm d'eau dans les rues de Polincove.

a)

b)

Figure 2-10. Marais audomarois durant la crue de décembre 1999 : (a) commune de Nieurlet ; (b) commune de Serques. Source : Diren NPC, photos aériennes, 1999

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Fortes pluies en novembre et décembre (25 jours de précipitations en décembre) • Crues vicennales de l'Aa et de la Hem • Débordement du canal de Neufossé, déversement dans le marais audomarois	• Éparses sur les cours d'eau • Marais audomarois inondé sur presque toute sa superficie • Fauquembergues et Arques (Aa), Polincove (Hem, jusqu'à 70 cm)	• Nombreuses maisons inondées dans le marais audomarois (plus de 50 à Saint-Omer, rupture de digue et évacuation de 15 habitations à Clairmarais)

Crue de l'Yser et de ses affluents les 20 et 21 septembre 2001

Le mois de septembre 2001 est pluvieux, avec de forts cumuls le 17 septembre. Le tout contribue à saturer les sols. Les 19 et 20 septembre surviennent des précipitations à caractère orageux sur le bassin versant de l'Yser (64,3 mm relevés à Cassel) qui engendrent des crues importantes (fig. 2-11).

L'Yser réagit à la pluie du 17 septembre et fait une première pointe. La décrue n'est pas achevée que survient le deuxième maximum, plus important. Les affluents réagissent de même. L'événement est le plus important enregistré sur l'Yser et ses affluents. À Bambecque, on relève 43,2 m³/s le 21 septembre. La station de Bollezeele, plus en amont, enregistre un record de hauteur avec 2,05 m. La période de retour de l'événement est comprise entre 20 et 30 ans.

On relève encore des niveaux record : 2,92 m à la station d'Ochtezeele sur la Peene Becque et 2,17 m à la station de Steenvoorde sur l'Ey Becque. La Sale Becque et le ruisseau d'Herzeele connaissent aussi des montées importantes.

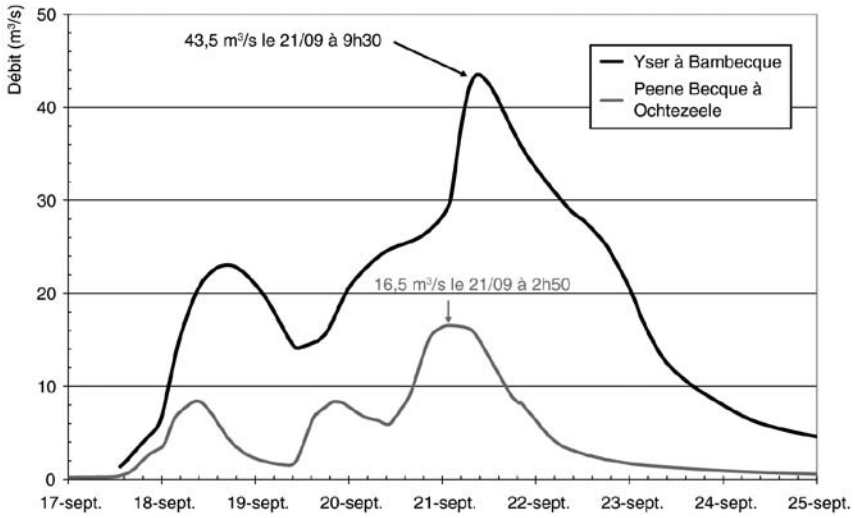


Figure 2-11. Débits de l'Yser et de la Peene Becque lors des crues de septembre 2001. Source : Diren NPC, rapport sur les inondations, 2002

13 communes sont plus particulièrement concernées par cette inondation qui affecte avant tout des terres agricoles. Trois le sont plus durement : Bambecque (fig. 2-12), Wormhout, et Arnèke. Saturés par les pluies précédentes, fossés et rivières ne peuvent évacuer les nouveaux apports. La Peene Becque déborde et envahit les rues, on relève jusqu'à 50 cm dans les habitations. Ailleurs, quelques maisons sont envahies le long de l'Yser et de ses affluents. Cette crue a permis, avec celle de 1993, de définir l'aléa de référence du PPRI.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique pendant une semaine, suivi d'orages • Cumul sur deux jours de 63,4 mm à Cassel • Crue de période de retour 20 à 30 ans sur l'Yser avec 43,2 m³/s mesurés à Bambecque	• Parcelles bordant l'Yser et ses affluents sur 13 communes • Secteurs urbanisés de Bambecque, Wormhout, Arnèke	• Jusqu'à 50 cm d'eau dans les habitations à Arnèke • Maisons inondées à Bambecque et Wormhout

Figure 2-12. L'Yser sur la commune de Bambecque en septembre 2001. Source : Diren NPC, photos aériennes, septembre 2001

Crue de l'Aa et remontées de nappe du 26 février au 6 mars 2002

De la mi-janvier à la fin février 2002, la pluie ne cesse de tomber sur la région. On enregistre près de 100 mm à Fauquembergues (bassin de l'Aa) durant la dernière quinzaine de janvier et 236 mm en février, de même à la station de Bourthes avec 270 mm, soit 2,5 fois la moyenne climatologique. Les averses sont intenses : à Fauquembergues, on observe 49 mm les 26 et 27 janvier, 25 mm le 4 février, 27 mm le 19 février, 46 mm les 24 et 25 février, et encore 59 mm les 27 et 28 février (fig. 2-13).

L'Aa réagit à chaque averse avec un décalage d'environ une journée et des périodes de retour comprises entre deux et dix ans. Le 1er mars toutes les stations enregistrent leurs hauteurs et débits record. Après une montée d'une trentaine d'heures, le débit atteint 60 m^3/s à Wizernes (période de retour 50 ans). C'est aujourd'hui l'événement référence des PPRI et AZI.

Les dégâts sont considérables sur tout le cours de l'Aa. Les zones urbanisées sont particulièrement touchées avec plus d'un millier de maisons inondées. Les pertes agricoles et commerciales sont sévères. Les infrastructures publiques et de transport ainsi que les sites industriels sont également affectés. Plusieurs communes sont durement frappées : Blendecques – 40 % des habitations inondées, 730 habitants sinistrés – (fig. 2-14), Arques – 300 maisons inondées –, Wizernes – 100 maisons inondées. L'eau atteint par endroits jusqu'à 1,80 m dans les rues, et presque autant dans les maisons. Saint-Omer subit des dégâts liés aux remontées de nappe. Le marais audomarois se transforme en lac avec une élévation des eaux de + 3,00 m.

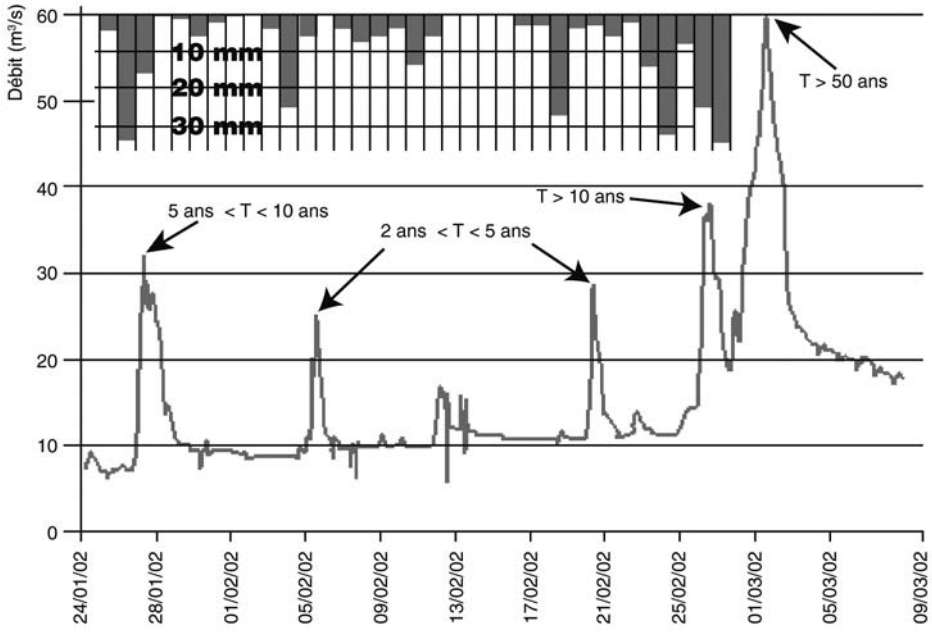


Figure 2-13. Pluies à Fauquembergues et débits de l'Aa à Wizernes du 24 au 28 février 2002. Source : Diren NPC, rapport sur les crues de l'hiver 2002

Figure 2-14. Inondation de l'Aa à Blendecques en mars 2002. Source : Diren NPC, photos aériennes crues mars 2002

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Pluies soutenues durant la deuxième quinzaine de janvier et en février (335 mm à Fauquembergues) • Crue supérieure à la cinquantennale sur l'Aa • Remontées de nappe dans le marais audomarois	• Toutes les communes riveraines de l'Aa ; marais de Saint-Omer	• Un millier de maisons inondées, dégâts aux exploitations agricoles et commerciales, sites industriels, infrastructures publiques

Crue de la Hem du 13 août 2006

L'événement météorologique orageux est décrit globalement au niveau du district Artois-Picardie. Les précipitations intenses engendrent une crue extrême de la Hem le 13 août. Avec une hauteur de 2,05 m et un débit de 60 m^3/s à Guémy, l'occurrence centennale (précédemment établie à 25 m^3/s dans le PPRI) est très largement dépassée. La crue est rapide. Le niveau de l'eau commence à monter le 13 août vers minuit, pour atteindre un maximum dans l'après-midi et redescendre aussitôt.

Toute la vallée subit des dégâts majeurs. Nombre de villages et routes sont inondés et les récoltes sont endommagées ou perdues. Près de 4 km^2 sont sous les eaux. Le pont de Clerques est emporté (fig. 2-15). Quelque 150 bâtiments sont inondés ou cernés, dont plus du quart à Recques-sur-Hem. Près de 200 personnes sont évacuées, principalement du camping de Tournehem.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage • Les 12 et 13 août, cumul de 176 mm de pluie à Licques, de 195 mm à Guînes (dont 126 mm en 24 heures) • Crue exceptionnelle de la Hem (2,05 m et 60 m^3/s à Guémy) • Pluies et débits dépassant l'occurrence centennale	• 4 km^2 le long du linéaire de la Hem	• 146 maisons inondées ou cernées par les eaux, 200 personnes évacuées, nombreuses routes recouvertes, production agricole endommagée ou perdue

Crue de la Hem du 23 au 28 novembre 2009

La pluviométrie a été particulièrement importante dans le nord de la France tout au long du mois de novembre 2009. Sur le bassin de la Hem (station de Bainghen), on enregistre un cumul de 320 mm du 1er au 28 novembre, dont 80 mm la première semaine. Les sols sont imprégnés mais ne provoquent pas de hausses significatives

a)

b)

Figure 2-15. Pont de Clerques emporté par la Hem en août 2006.
Sources : (a) Diren NPC ; (b) © P. Frutier, Altimage

des cours d'eau. Les pluies se poursuivent les deux semaines suivantes. Surviennent des averses plus intenses les 22 et 23 novembre (environ 50 mm) qui déclenchent les premières crues significatives.

Un nouveau front pluvio-orageux très actif aborde la région par l'ouest le 26 et affecte tout particulièrement l'ouest et le nord-ouest du département du Pas-de-Calais. Les cumuls journaliers sont exceptionnels. On relève le 26 novembre plus de 70 mm, dont plus de 50 mm entre 9 heures et 23 heures. Les sols gorgés d'eau ne retiennent plus rien. Les ruissellements et les coulées de boue se multiplient alors que le niveau des cours d'eau varie désormais au rythme des averses.

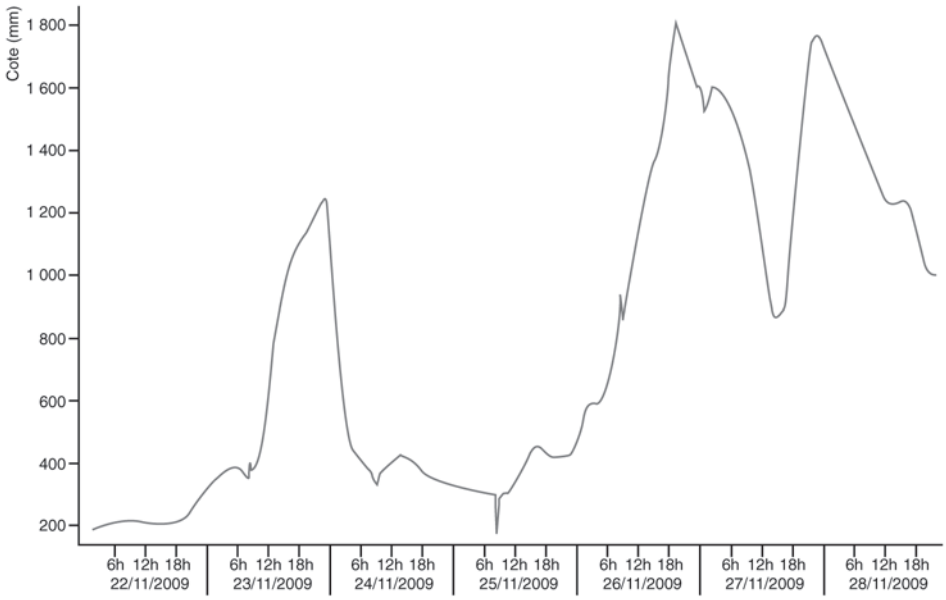


Figure 2-16. Limnigramme des crues de la Hem à Guémy entre le 22 et le 28 novembre 2009. Source : Diren NPC

La Hem entre en crue instantanément avec des débits de période de retour comprise entre 40 et 50 ans. Un premier maximum est atteint le 26 novembre en soirée, après une hausse du niveau d'un mètre en 12 heures. On relève la cote de 1,80 m pour 40 m^3/s à la station de Guémy à Tournehem-sur-la-Hem (fig. 2-16).

Les inondations affectent de nombreux secteurs (fig. 2-17). Parcelles agricoles, routes et habitations riveraines sont sous les eaux. Un grand nombre de communes sont touchées : maisons isolées, quartiers inondés. À Recques-sur-Hem, l'eau atteint 60 cm dans les habitations. Les pompiers procèdent à 80 évacuations. Les secteurs des wateringues et du marais audomarois sont inondés par des remontées de nappe. Ruissellements et coulées de boue frappent tout particulièrement les villages d'Acquin et Bonningues-lès-Ardres.

a)

b)

Figure 2-17. Inondations de la Hem de novembre 2009 : (a) village de Polincove ; (b) Andres, secteur des wateringues. Source : Diren NPC

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec orage • Précipitations à la station de Bainghen : 320 mm du 1er au 28 novembre • Ruissellement, débordement et remontées de nappe	• Vallée de la Hem, wateringues et marais audomarois	• Le long du cours de la Hem, nombreux villages inondés, jusqu'à 60 cm dans les habitations et 80 évacuations à Recques-sur-Hem, parcelles et routes submergées • Très nombreux champs recouverts par l'eau en Audomarois et dans les wateringues • Routes et rues des villages envahies par les ruissellements et coulées de boue, notamment à Acquin et Bonningues

Unité Canche-Authie-Boulonnais

Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de l'unité « Canche-Authie-Boulonnais » est constitué de cinq cours d'eau principaux : la Slack, le Wimereux et la Liane pour le Boulonnais ; la Canche et l'Authie pour le reste du territoire. Leurs bassins sont indépendants, sans connexion hydraulique.

La topographie des bassins est contrastée. La partie supérieure, constituée par le prolongement du plateau d'Artois, est entaillée par les cours d'eau. Dans la partie inférieure dominent les zones marécageuses avant écoulement à la mer. Estuaires et Bas-Champs sont par ailleurs exposés aux submersions marines.

Le Boulonnais a une vocation essentiellement agricole. Il renferme aussi les plus grandes forêts domaniales du Pas-de-Calais. Ce territoire est ponctué par quelques sites d'extraction de minerais (ancien bassin minier du Boulonnais, carrières de Rinxent, Marquise, Ferques, Dannes). Deux gros bourgs structurent le maillage urbain : Desvres (5 100 habitants) et Marquise (5 100 habitants). Sa partie médiane est dominée par un paysage de type bocager où les rivières serpentent entre haies et verts pâturages. Ce maillage participe au ralentissement du ruissellement et à l'infiltration des eaux pluviales. Notons que le fonctionnement de la nappe et des rivières est perturbé par la présence d'un ancien bassin minier de 2 500 hectares. À l'aval, l'urbanisation est plus marquée et constitue un enjeu en matière de défense contre les inondations. C'est le cas notamment dans les communes de Wissant et Wimereux (7 600 et 4 500 habitants) où les résidences et les installations touristiques conquièrent les estuaires de la Slack et du Wimereux. Celui de la Liane est largement industrialisé avec la présence du port de Boulogne-sur-Mer et de la zone commerciale et industrielle de Saint-Léonard - Outreau, où sont installés une quinzaine de sites

ICPE relevant de la directive IPPC. Le lit majeur de la Liane a par ailleurs fait l'objet d'aménagements en vue d'assurer la protection de Saint-Léonard contre les crues.

Le bassin versant de la Canche est l'un des plus vastes du département du Pas-de-Calais. Situé en zone côtière, il s'étend sur les régions agricoles de l'Artois et des Bas-Champs. La topographie est bien marquée avec un encaissement prononcé des cours d'eau. Dans la partie amont du bassin, les affluents de la Canche découpent le plateau de l'Artois en plusieurs vallées étroites de direction nord-sud. La partie inférieure du bassin s'étend sur les Bas-Champs et présente une morphologie quasi plane avec un élargissement important de la vallée. L'activité agricole est orientée vers la culture des céréales et des plantes sarclées, mais on trouve ponctuellement des zones d'élevage. Les forêts occupent une part marginale du bassin, essentiellement sur les versants des collines. L'armature urbaine est constituée par quelques bourgs et villages implantés le long de la Canche et de la Ternoise, où se regroupent les quelques industries présentes sur le bassin.

L'Authie matérialise la limite sud du département du Pas-de-Calais et forme la frontière entre l'Artois et la Picardie. L'Authie compte six affluents principaux. Les autres, tant en rive gauche qu'en rive droite, sont de moindre importance et la plupart intermittents. Son bassin versant est aujourd'hui voué essentiellement aux activités agricoles et touristiques, alors que dans le passé le développement de la vallée avait donné lieu à l'édification de nombreux moulins. Sur le littoral, on notera également le souci ancien de se préserver des submersions marines à travers l'édification de renclôtures ou hautes digues.

Typologie des inondations

L'unité est sujette à quatre types principaux d'inondation qui peuvent dans certains cas être associés : les débordements de cours d'eau, les ruissellements, les remontées de nappe et les submersions marines.

La Slack, le Wimereux et la Liane sont caractérisés par des crues rapides, très localisées avec des vitesses d'écoulement importantes. Plusieurs éléments expliquent l'origine des débordements : l'importance et la rapidité de concentration des eaux au niveau des confluences ; la capacité insuffisante du lit à évacuer ces volumes ; la rupture de pente au niveau des plaines marécageuses associée à la restriction des zones naturelles d'expansion liée aux divers aménagements. Au total, la surface soumise au risque d'inondation atteint environ 1 200 hectares pour les trois rivières.

Plus au sud, la Canche et l'Authie se caractérisent par un régime de crues hivernales. Celles-ci sont alimentées et amplifiées par les remontées de nappe. Les submersions s'étendent alors sur plusieurs semaines, voire sont supérieures au mois. En période estivale, les phénomènes orageux peuvent générer des inondations par ruissellement. Les inondations sont plus importantes à l'aval sur la frange littorale, dans la zone des Bas-Champs où les écoulements de l'Authie et de la Canche s'inversent à marée haute en fonction de l'importance des coefficients de marée.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 2-18)** pour illustrer la typologie des phénomènes : submersion marine (février 1990), débordements de cours d'eau (décembre 1999, décembre 2006) avec remontée de nappe (février à mai 2001) ou ruissellement (novembre 1998).

Tempêtes et submersions marines du 26 au 28 février 1990 sur les bassins côtiers de la Manche

Sur le littoral picard, les deux événements les plus importants se produisent coup sur coup les 26 et 28 février. Dans la nuit du 26 février, on enregistre des pointes à 137 km/h à la station de Boulogne-sur-Mer, et 151 km/h au cap Gris-Nez. En mer, les marées de vives-eaux atteignent un coefficient de 108. Vents et marées engendrent une surcote de + 1,60 m à Étaples-sur-Mer alors que la houle atteint une hauteur de plusieurs mètres.

Toutes les communes de la plaine maritime picarde subissent des dégâts, de Groffliers à Wissant. Les ouvrages de défense contre la mer sont les plus impactés, notamment à Hardelot, Le Portel, Ambleteuse, Le Touquet. Dans cette dernière le centre de thalassothérapie est submergé. Le cordon dunaire est érodé sur plusieurs communes, comme au Cucq ou au Portel. Une brèche se forme dans la dune de Wissant. Le recul du trait de côte atteint 50 mètres sur la commune de Tardinghen. À Saint-Josse, la mer envahit 200 hectares au niveau du champ de Merlimont. Enfin, la station balnéaire de Wimereux subit d'importantes dégradations sur sa promenade.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique tempétueux avec submersion marine • Entre le 26 et le 28 février, trois tempêtes (jusqu'à 151 km/h au cap Gris-Nez) couplées à des marées hautes à forts coefficients	• 200 hectares inondés (champs de Merlimont)	• Sur de nombreuses communes du littoral : recul du cordon dunaire, avec brèches, endommagement ou destruction d'ouvrages de protection contre la mer, recul du trait de côte, envahissement des promenades

Crues du 29 octobre au 1er novembre 1998 sur les bassins côtiers de la Manche

Les précipitations ont été largement excédentaires au cours du mois d'octobre 1998, avec 25 jours de pluie et 241,8 mm relevés à Desvres. C'est plus du double de la moyenne climatologique mensuelle. La dernière décade a été particulièrement arrosée, et en particulier 69,2 mm le 31 octobre. Cette dernière valeur correspond à une période de retour de 100 ans. De nouveaux cumuls notables sont relevés le 3 novembre, puis les 13 et 14.

Les cours d'eau sont en crue du 24 octobre au 16 novembre. Chaque averse réactive la montée des eaux. La Liane, le Wimereux, la Canche et la Slack connaissent chacun trois ou quatre épisodes de crue sur la période. À celui du 31 octobre correspond une période de retour de débit de 20 ans. On relève 56 m^3/s sur la Liane à Wirwignes, 25 m^3/s sur le Wimereux à Wimille et 30,5 m^3/s sur la Canche à Brimeux. Les temps de montée sont rapides. La Liane passe de 0,50 m à 4,32 m en 18 heures, puis décroît tout aussi vite. L'épisode aura duré à peine plus d'une journée.

Les principaux débordements sont le fait de la Liane dans la nuit du 31 octobre au 1er novembre. Le Boulonnais est particulièrement touché, on dénombre près de

300 sinistrés dont de nombreux commerces et entreprises. Saint-Étienne-au-Mont est spécialement affectée. À Boulogne-sur-Mer, la crue met au chômage technique 500 personnes dans la zone industrielle.

Quelques heures avant le pic de crue de la Liane, deux de ses affluents, les ruisseaux de Belle Isle et d'Aix, engendrent des débordements qui surprennent les riverains par leur rapidité. À Hesdigneul, la place Panchet est recouverte par 80 cm d'eau boueuse en provenance du ruisseau d'Aix. Sur la commune d'Estrée, le torrent de Course, affluent de la Canche, inonde une dizaine d'habitations. À Wimille, le Wimereux submerge la rue principale durant une journée. Enfin, des ruissellements et des coulées de boue inondent rues et caves à Aubin-Saint-Vaast, et deux maisons à Conchil-le-Temple.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Fortes pluies en octobre : 241,8 mm à Desvres • Cumul journalier exceptionnel le 31 octobre : 69,2 mm (T = 100 ans) • Plusieurs crues (3 ou 4) de la Liane, du Wimereux, de la Canche et de la Slack • Périodes de retour de 20 ans pour les pics les plus hauts • Crues rapides de deux affluents de la Liane	• Nombreuses communes du Boulonnais	• 300 sinistrés dont deux tiers à Saint-Étienne-au-Mont, nombreux commerces et industries touchés (notamment dans la zone industrielle de Boulogne, avec 500 personnes au chômage technique) • Autres villages impactés par les crues du Wimereux, des affluents de la Canche, ou par des ruissellements

Inondations généralisées du 12 au 31 décembre 1999 sur les bassins côtiers de la Manche

Le cumul de décembre atteint 281 mm à Desvres **(fig. 2-19),** soit l'équivalent de 2,5 fois la moyenne climatologique (T comprise entre 25 et 50 ans). La saturation des sols est telle qu'à partir de la mi-décembre chaque nouvelle lame d'eau précipitée ruisselle et entraîne instantanément une crue des cours d'eau. Certains n'en connaissent qu'une, c'est le cas de la Canche (35 m^3/s à Brimeux, T = 50 ans), d'autres plusieurs à la suite. On en dénombre sept sur la Liane, toutes inférieures au débit décennal, six sur le Wimereux, toutes supérieures ou égales au débit vicennal, trois sur la Ternoise, la plus importante est vicennale, quatre sur la Slack, etc.

La crue de l'Authie provoque l'évacuation de plusieurs centaines de personnes à Doullens. La Ternoise inonde gravement Pernes-en-Artois, où l'on relève jusqu'à 1,50 m d'eau et de boue dans les rues. Une cinquantaine de personnes sont évacuées. Même scénario à Auchy.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Précipitations abondantes en novembre et décembre 1999 (281 mm à Desvres en décembre) • Crues multiples des cours d'eau de l'unité (dont Canche : T = 50 ans, Wimereux avec six crues $T \geq 20$ ans, Ternoise, Authie…)	• Pernes-en-Artois, Doullens, Auchy…	• Plusieurs centaines d'évacuations ; rues de Pernes-en-Artois inondées jusqu'à 1,50 m

Crues de février à mai 2001 sur le bassin de l'Authie

En sept mois, le bassin de l'Authie a reçu en moyenne un mètre de précipitations, un peu moins en amont (918 mm à Doullens), un peu plus sur le littoral (1 090 mm à Dompierre). C'est à peu près 1,7 à 2 fois la moyenne climatologique. Déjà bien rechargé par trois années pluvieuses, le niveau des nappes phréatiques est au plus haut.

Les débordements de l'Authie sont associés à ces remontées de nappe. Les communes les plus touchées se situent entre Saulchoy et Tigny-Noyelle (fig. 2-20). L'eau reste en certains endroits plus de deux semaines, avec des hauteurs de submersion proches de l'occurrence centennale. Dans le reste de la vallée, les zones inondées sont plus disparates. Les dégâts se limitent principalement à la submersion de parcelles agricoles. Les zones habitées sont approchées mais épargnées.

Figure 2-20. Plaine de Roussent lors des inondations de 2001. Source : Diren NPC

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Précipitations excédentaires durant les sept mois précédant le phénomène (un mètre en moyenne sur le bassin de l'Authie) • Submersions par débordement du cours d'eau et par remontée de nappe	• Principalement entre Saulchoy et Tigny-Noyelle • Submersions discontinues ailleurs	• Parcelles agricoles submergées, parfois plus de 15 jours

Crues du 4 au 11 décembre 2006 sur les cours d'eau du Boulonnais

Les pluies de la première décade de décembre 2006 sont abondantes, notamment sur le Boulonnais, avec une série d'averses plus intenses. Sur le bassin versant de la Liane, on relève plus de 40 mm et jusqu'à 49,9 mm à Henneveux les 3 et le 4 décembre, puis 50 mm du 8 au 10 décembre, pour un total de 157,9 mm en huit jours à Desvres. Ces valeurs journalières ne sont pas exceptionnelles (l'occurrence décennale n'est jamais atteinte), mais la succession régulière de ces épisodes pluvieux, sur des sols déjà saturés, génère une réponse rapide des cours d'eau.

Les rivières du littoral boulonnais connaissent une série de crues, dont deux assez importantes (T = 10 ans) les 4 et 9 décembre. À Wirwignes (fig. 2-21), la Liane atteint 3,80 m et 45,4 m³/s, tandis qu'à Wimille, le Wimereux débite 28,2 m³/s. On relève par ailleurs une série de ruissellements dans la vallée de la Slack ainsi que des remontées de nappe.

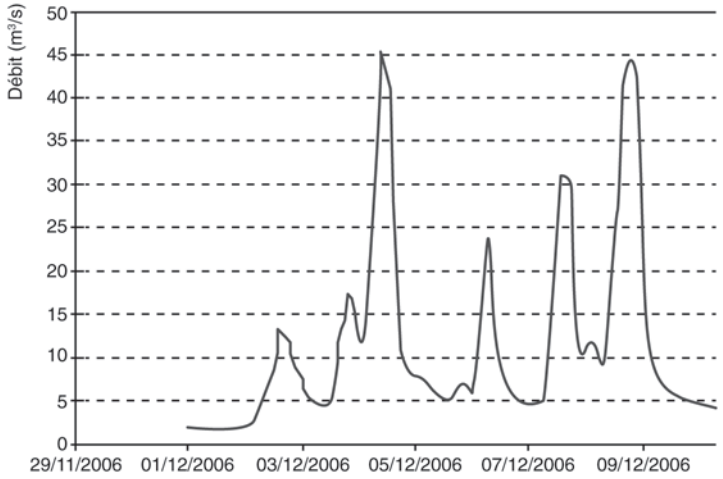


Figure 2-21. Débits de la Liane (m³/s) en décembre 2006 à la station de Wirwignes.
Source : Diren NPC, 2008

De nombreux secteurs sont inondés, particulièrement sur le bassin aval de la Liane (fig. 2-22). De son côté la Slack envahit principalement les terres agricoles, alors qu'à Blécourt et Zoteux les ruissellements submergent les points bas. On relève également des remontées de nappe dans le secteur de Hardenthun (commune de Marquise). L'échangeur de Le Wast sur la RN 42 est sous les eaux.

Figure 2-22. Vallée de la Liane en décembre 2006. Source : Diren NPC

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Précipitations abondantes la première décade de décembre : 157,9 mm en 8 jours à Desvres, dont deux forts modules journaliers • Crue de la Liane, du Wimereux, de la Slack ($T \leq 10$ ans) • Ruissellements et remontées de nappe	• Principalement le bassin aval de la Liane, et de la Slack • Ruissellements dans les communes de Blécourt et Zoteux	• Parcelles agricoles, routes, et villages inondés

Unité Lys-Deûle-Marque

Réseau hydrographique

L'UP est composée de deux bassins hydrographiques principaux, celui de la Lys (1 800 km²) et celui de la Deûle (1 120 km²). Ils ne forment plus qu'un à partir de la commune de Deûlémont en Belgique. La topographie est peu marquée, avec des altitudes comprises entre 16 m à Deûlémont et 200 m au niveau des monts de l'Artois. Les sols argileux expliquent un réseau hydrographique fortement développé sur le bassin de la Lys. Son cours est naturel jusqu'à Aire-sur-la-Lys, puis canalisé.

Le canal à grand gabarit, qui assure la liaison hydraulique entre le bassin de la Seine et le Nord, a modifié les conditions naturelles d'écoulement sur l'unité « Lys-Deûle-Marque ». Sa branche amont, correspondant à la Deûle canalisée, reçoit en rive gauche les apports du canal de Lens. Elle se divise ensuite en deux branches. La première prend la direction de la Belgique (canal de la Deûle), passe près de Lille et récupère les apports de la Marque (217 km²). La seconde (canal d'Aire) s'avance en direction de la mer du Nord, traverse la région des wateringues et rejoint les villes de Calais et Dunkerque. Sur le bassin de la Lys, le tracé du canal d'Aire s'est accompagné d'ouvrages de maintien d'un certain nombre de connexions hydrauliques : siphons au croisement des cours de la Nave, de la Clarence et de la Lawe ; série d'ouvrages au niveau du nœud hydraulique d'Aire-sur-la-Lys.

Typologie des inondations

Les inondations de l'unité se répartissent en trois grands types : les débordements de cours d'eau (lents ou rapides), les ruissellements qui peuvent donner naissance à des coulées de boue, et les remontées de nappe.

Le secteur est densément peuplé, avec potentiellement environ 900 000 habitants concernés par les inondations. En aval immédiat de Lens, du fait des affaissements miniers, le canal de Lens présente la particularité d'être aujourd'hui en surélévation par rapport aux terrains voisins. Il les expose donc potentiellement aux phénomènes de surverse. La métropole lilloise, quant à elle, est exposée aux ruissellements pluvieux et aux débordements de la Marque. L'ensemble des communes de la plaine de la Lys peuvent subir ses débordements et ceux de ses affluents, avec des durées de submersion allant de quelques jours à plusieurs semaines.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 2-23)** pour illustrer la typologie des phénomènes : débordement de cours d'eau (novembre 1974, décembre 1993-janvier 1994, décembre 1999, fin octobre-début décembre 2000) et ruissellement (juillet 2000).

Inondations de la Lys et de ses affluents du 13 au 30 novembre 1974

Les mois de septembre et octobre 1974 ont été très pluvieux, avec respectivement 139 et 179 mm en moyenne sur le bassin de la Lys. Une série d'averses survient à partir de la mi-novembre. On relève 80 mm en six jours, suivis de quatre jours de pluies plus faibles, puis de nouveau 27 mm en deux jours. Au total, en 14 jours, le cumul atteint 118 mm, et même 150 mm sur le haut bassin (Fruges, Fauquembergues).

Les périodes de retour des crues sont comprises entre 10 et 20 ans. Aux deux salves pluvieuses correspondent les deux pics de crue observés sur la Lys, le second se greffant sur la décrue. Même phénomène sur la Bourre, alors que la Lawe et la Clarence connaissent une période de hautes eaux deux semaines durant (fig. 2-24).

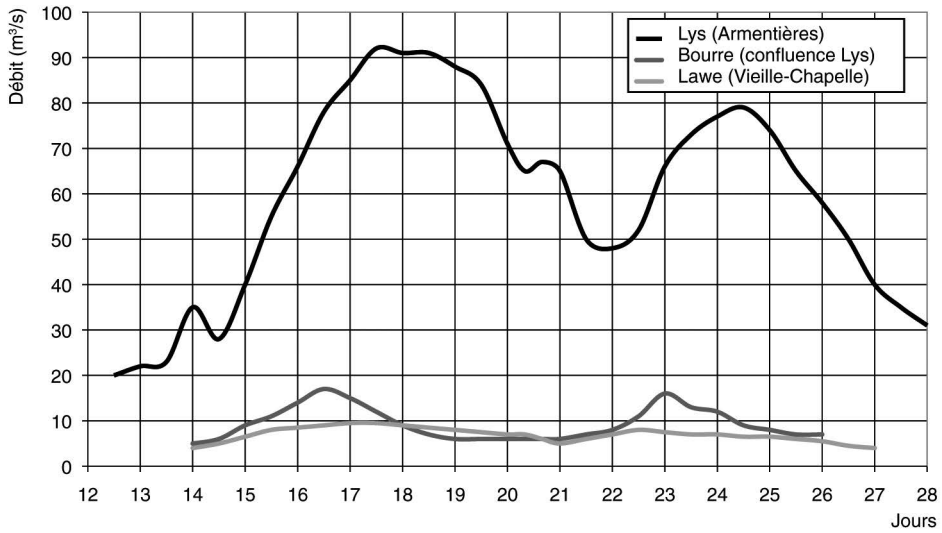


Figure 2-24. Hydrogrammes de la Lys, de la Bourre et de la Lawe lors des crues de novembre 1974. Source : Sogreah, 1981

Les débordements affectent avant tout les zones de prairies proches des cours d'eau. Les secteurs urbanisés ne sont pas touchés. Le périmètre submergé fera référence dans le PPRI de la Lys jusqu'aux crues plus importantes de 1993.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique, avec 14 jours de pluies en deux cycles (114 mm en moyenne)	• Lit moyen de la Lys et affluents	• Prairies inondées

Crues de décembre 1993 et janvier 1994 sur le bassin de la Lys

Sur le bassin de la Lys, la station de Herbelles enregistre près de 300 mm de précipitation en deux mois (déc. 1993-janv. 1994).

La Lys canalisée connaît une crue significative. Le différentiel de hauteur par rapport au niveau normal de navigation atteint régulièrement deux mètres, presque trois mètres en aval de l'écluse de Merville. À Armentières, le débit dépasse 100 m³/s (*T* entre 10 et 20 ans). De nombreux affluents sont également en crue, notamment la Lawe canalisée, la Marque, la Bourre, la Clarence, la Laquette, la Nave. La Deûle canalisée dépasse ses digues et submerge les terres dans les secteurs de Deûlémont et

Warneton. La Marque a deux maximums : le 22 décembre et le 3 janvier. Au total, les périodes de retour des débits sont comprises entre 10 et 20 ans.

À Merville, l'inondation de la Lys est la plus forte enregistrée depuis 1924. Plus de 1 500 maisons sur les 3 000 que comporte le bourg sont inondées. Certaines s'effondrent. À Saint-Venant, des dizaines de maisons sont évacuées (230 habitants) suite à une brèche dans la digue. Le canal d'Aire déborde et inonde des quartiers à Beuvry. Toute la vallée est sous les eaux, soit plusieurs dizaines de km². La situation ne redevient normale qu'au début du mois de janvier.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Un mois de fortes précipitations (200 à 300 mm sur le bassin de la Lys en décembre 1993) • Crues généralisées de période de retour entre 10 et 20 ans	• Plusieurs dizaines de km² dans la vallée de la Lys • La Marque et la Deûle débordent plus ponctuellement	• 1 500 maisons inondées à Merville • Secteur très touché dans le périmètre Estaires-Merville-Aire : routes submergées, habitations inondées, des centaines d'évacuations

Crues de la Lys et de ses affluents en décembre 1999

De nombreuses crues sont enregistrées sur les bassins versants de la Lys et de la Marque au cours des deux dernières décades de décembre. La Lys entre quatre fois en crue en 15 jours (fig. 2-25), avec des débits de pointe allant crescendo (près de 30 m³/s relevés à Delettes pour la dernière, soit une période de retour de 50 ans), et des temps de montée de plus en plus courts (9 heures pour la première, 3 heures pour la dernière). Les décrues sont tout aussi rapides.

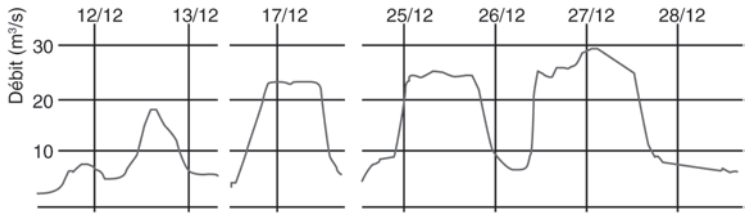


Figure 2-25. Hydrogrammes des crues de la Lys à la station de Delettes en décembre 1999. Source : Diren NPC, janvier 2000

La Laquette, la Clarence connaissent également des crues multiples avec des montées rapides et des périodes de retour allant jusqu'à 20 ans. La Lawe est principalement impactée par le deuxième pic de précipitations qui génère une crue brève mais très marquée sur son haut bassin, plus longue en aval (plusieurs jours). La Marque connaît également une crue vicennale.

La Lys et ses affluents inondent de nombreuses communes riveraines (fig. 2-26). La submersion est rapide. À Aire-sur-la-Lys, l'hôpital et la maison de cure sont évacués (160 personnes). À Merville, 30 rues sont sous les eaux et 40 habitations

sont touchées. Des brèches provoquent la submersion de nombreuses parcelles et routes. Les évacuations et les maisons inondées ne se comptent plus, notamment à Saint-Venant.

Figure 2-26. Inondations de décembre 1999 : la Lys à Saint-Venant ; Source : Diren NPC

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Novembre et décembre très arrosés (2,5 à 3 fois la moyenne climatologique) • Deux ondes pluvieuses intenses en décembre • Pluies de période de retour 25 à 50 ans • Crues multiples de la Lys et de ses affluents, crue de la Marque • Débits de période de retour 20 à 50 ans	• Vallées de la Lys et de ses affluents, assez globalement.	• Centaines de maisons inondées à Bruay-la-Buissière (la Lawe) • Quartier complètement inondé à Marles-les-Mines (la Clarence) • Communes de Merville, Saint-Venant et Aire-sur-la-Lys (la Lys) affectées

Ruissellements et coulées de boue sur le bassin versant de la Marque le 29 juillet 2000

Dans l'après-midi du 29 juillet 2000, un violent orage s'abat sur le bassin versant de la Marque. À Phalempin, proche de l'épicentre, les cumuls de pluie avoisinent les 63 mm en trois heures, soit une période de retour largement supérieure à 100 ans. Ils décroissent très rapidement au-delà de quelques kilomètres. À la station de Lille-Lesquin, 12 km plus au nord, la période de retour est à peine de deux ans. La rivière Marque réagit sans pour autant déborder. L'inondation est avant tout le fait des ruissellements.

Les communes de Wahagnies, Ostricourt et Libercourt sont les plus touchées. Le très fort ruissellement pluvial sur les terres agricoles entourant ces villages génère des torrents d'eau et de boue qui s'engouffrent dans les rues. Les hauteurs atteignent plus de 80 cm sur des linéaires parfois importants. Tourmignies est envahie par les eaux. À Libercourt, la rue Quinet est inondée sur 700 m de longueur. Les caves et rez-de-chaussée sont sous les eaux. Dans le bas quartier des Tritons de Wahagnies, l'eau boueuse atteint en certains endroits un mètre de haut. L'eau met plusieurs jours à être évacuée, sans compter la boue.

L'événement sert aujourd'hui de référence au PPRI.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Violent orage localisé : 62,5 mm en trois heures à Phalempin, entraînant des ruissellements	• Wahagnies, Ostricourt et Libercourt	• Torrents de boue dans les rues, la hauteur atteint parfois un mètre

Inondations et ruissellements de fin octobre à début décembre 2000 sur le bassin de la Marque

La pluviométrie des mois d'octobre et novembre 2000 a été largement excédentaire sur l'ensemble de l'unité. On enregistre 367 mm à Bruay-la-Buissière (fig. 2-27) sur les deux mois, soit 2,5 fois la moyenne climatologique, avec un système d'averses bien marqué. Dans la nuit du 2 au 3 décembre, un ultime noyau pluvieux très intense engendre de forts ruissellements sur le bassin versant de la Marque où l'on relève 43,5 mm en sept heures au pluviomètre de Phalempin (dont plus de 30 mm en trois heures), soit une période de retour comprise entre 30 et 50 ans.

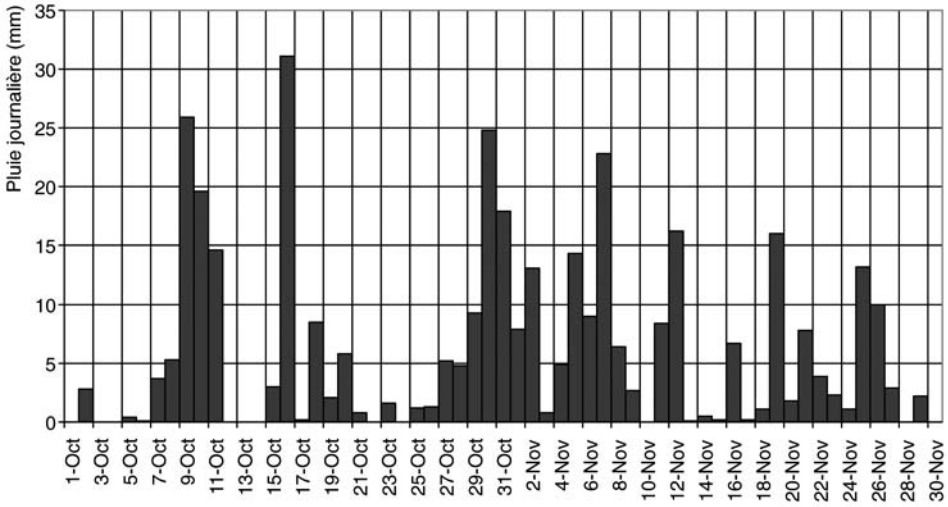


Figure 2-27. Précipitations journalières à Bruay-la-Buissière en octobre et novembre 2000.
Source : Diren NPC, 2000

La succession d'averses sur un sol saturé entraîne un important ruissellement. La Lys, ses affluents et la Marque ne tardent pas à réagir. Les crues suivent le rythme des averses. Des deux crues de la Lys enregistrées à Delettes, celle du 30 octobre est la plus notable (T = 20 ans), de même pour la Laquette à Witternesse (T = 20 ans). À Pont-à-Marcq, la hauteur de 2,40 m est enregistrée le 3 décembre, c'est la plus forte depuis la mise en service de la station en 1984.

Les dégâts liés aux débordements des cours d'eau sont limités. On retiendra surtout ceux occasionnés par les ruissellements de décembre sur les communes de Phalempin, Camphin, et Libercourt, avec des chaussées inondées et jusqu'à un mètre d'eau dans les habitations.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Période très pluvieuse de deux mois (367 mm en octobre-novembre à Bruay-la-Buissière) • Forts cumuls journaliers (31 mm en un jour, 43 en 2 jours et 60 mm en 3 jours à Bruay-la-Buissière) • Forts cumuls horaires (30 mm en trois heures à Phalempin le 2 décembre)	• Débordements limités de la Lys et de la Marque au quatrième trimestre 2000 • Ruissellements importants sur le bassin versant de la Marque en décembre 2000	• Impacts limités pour les débordements, mais jusqu'à un mètre d'eau dans les habitations à Libercourt suite aux ruissellements

Unité bassin de la Sambre

Réseau hydrographique

La Sambre prend sa source en France près de Le Nouvion-en-Thiérache, parcourt 90 km et pénètre en Belgique où elle se jette dans la Meuse à Namur. Son bassin versant s'étend sur une superficie totale de 2 740 km^2 dont 1 250 km^2 en France. Le sous-sol, constitué principalement de schistes et de calcaires, explique sa faible perméabilité et sa sensibilité au ruissellement pluvial. La quasi-totalité des affluents français de la Sambre se situent en rive droite (Helpe Mineure, Helpe Majeure, Solre). Canalisé à partir de Landrecies sur 70 km, le cours de la Sambre a une pente moyenne très faible (0,2 ‰) à la différence de celle de ses affluents aux vallées encaissées : Helpe Mineure (2,2 ‰), Helpe Majeure (1,3 ‰) et Solre (4,5 ‰). Les rares zones perméables se situent en rive gauche.

Le bassin de la Sambre a une densité de population modérée (100 hab./km^2), sauf dans la vallée elle-même (500 hab./km^2 dans la région de Maubeuge) et à Avesnes-sur-Helpe. Près de 70 % de son bassin est occupé par des surfaces agricoles dont les deux tiers sont consacrés à l'élevage. Les surfaces boisées en couvrent encore 20 %. Le barrage du Val Joly sur l'Helpe Majeure a été construit en 1968 en vue d'assurer l'alimentation de la

centrale de Pont-sur-Sambre en période d'étiage. Sa capacité atteint 4,6 millions de m^3. Cet ouvrage joue un rôle secondaire dans l'écrêtement des crues de cet affluent.

Typologie des inondations

Le bassin de la Sambre connaît principalement des inondations par débordement de cours d'eau. De l'automne au début du printemps, le train des perturbations atlantiques est à l'origine de la saturation des sols. La persistance de périodes pluvieuses (plusieurs semaines) sur un substrat peu perméable et une topographie marquée favorise l'apparition de crues, même si la présence du bocage a tendance à tempérer le ruissellement. Les deux Helpes contribuent de façon significative au volume des crues qui transite ensuite dans la Sambre canalisée. Les eaux s'étalent alors largement dans les plaines affectant surtout des espaces agricoles en amont et les zones urbaines et industrielles en aval. Le temps de montée des crues est rarement inférieur à la journée et les décrues s'étalent également sur plusieurs jours. En période estivale, les systèmes orageux accompagnés de pluies intenses peuvent générer des crues rapides, avec des ruissellements importants sur les coteaux.

Inondations remarquables

Six événements ont été retenus **(fig. 2-28)** pour illustrer la typologie des phénomènes : débordements de cours d'eau par crue océanique (décembre 1993-janvier 1994, novembre 2010), sur sol gelé avec fonte nivale (mars 1956), et crues estivales (août 1850, juillet 1980).

Crue de la Sambre des 15 et 16 août 1850

La crue de 1850 est la plus importante connue à ce jour sur la Sambre. Les 15 et 16 août 1850 des pluies torrentielles s'abattent sur le bassin. Très vite, les deux Helpes puis la Sambre débordent et inondent leurs plaines. Seule la Solre, au nord-est, semble épargnée par les précipitations. « À Avesnes, l'Helpe envahit la partie basse de la ville et menace le magasin à poudre » ; « la Sambre sort de son lit ; la plaine de Maubeuge à Valenciennes est couverte d'eau » ; « à Namur, la Sambre passe par-dessus les digues, et tombe avec violence dans la Meuse » (Champion, 1858).

Même s'il est aujourd'hui délicat de prendre en compte des valeurs aussi éloignées dans le temps, notamment en raison des aménagements réalisés sur le bassin versant depuis cette époque, il n'en demeure pas moins que les hauteurs atteintes en 1850 dépassent de plusieurs dizaines de centimètres toutes celles relevées par la suite : 4,2 m à Liessies sur l'Helpe Majeure et 3,2 m à Berlaimont sur la Sambre. Seule cette dernière station a connu une valeur équivalente en 1956. Malgré le peu d'éléments dont nous disposons, cet épisode, qualifié « d'exceptionnel » dans tous les documents parcourus, semble bien le plus important recensé et sa période de retour est au moins de 100 ans.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage estival • Hauteurs historiques record sur la Sambre et les deux Helpes	• Sambre et deux Helpes	• Non précisé

Crue de la Sambre du 3 au 5 mars 1956

Redoux et pluies généralisés sur toute l'Europe marquent un coup d'arrêt au rigoureux hiver 1955-1956. Alors que les sols, encore profondément gelés, ne peuvent absorber les précipitations, de nombreux cours d'eau sont sujets à des débâcles glaciaires.

Une sévère crue des Helpes fait rapidement augmenter le niveau de la Sambre de + 1,20 m en une demi-journée. Les hauteurs relevées en stations sont inédites depuis 1850. Selon les sources on relève 3,19 m ou 3,36 m sur la Sambre à Berlaimont, et 3,85 m, 4,00 m ou 4,28 m à Maubeuge.

Les dégâts sont très importants. Les flots abattent les murs du jardin du couvent d'Avesnes-sur-Helpe. La ville est coupée en deux, l'hôpital évacué, les jardins dévastés, les maisons inondées. Berlaimont, Haumont, Maubeuge, Assevent connaissent le même sort. Toute la plaine est submergée, des dizaines d'habitations sont évacuées. Les industries fonctionnent au ralenti ou sont à l'arrêt mettant au chômage technique des milliers d'ouvriers. Les routes sont très dégradées par le courant ainsi que les ouvrages de navigation. Le secteur agricole est également très impacté.

La Solre échappe au phénomène, sa pente un peu plus forte ayant limité la formation de glace, et son bassin versant plus réduit la rendant moins réactive aux pluies durables.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Pluie sur sol gelé et fusion nivale	• Sambre et deux Helpes	• Secteur agricole et zones industrielles, nombreuses habitations inondées

Crue de la Sambre du 30 janvier au 6 février 1961

Les sols déjà saturés par les pluies de décembre 1960 (220 mm à Fourmies) subissent en janvier l'effet du gel. Survient alors une averse plus intense qui est à l'origine d'une crue exceptionnelle.

Moins de cinq ans après l'événement de l'hiver 1956, le bassin versant de la Sambre est de nouveau sous les eaux. L'intégralité du linéaire fluvial de l'Helpe Majeure et de l'Helpe Mineure est concerné, avec, respectivement, cinquante-huit kilomètres et 2 300 hectares submergés, et 40 kilomètres et 800 hectares submergés. Les hauteurs record de 1956 sont dépassées de + 10 à + 20 cm, avec 3,28 m et 3,25 m respectivement à Liessies et Étrœungt. Sur la Sambre canalisée, les hauteurs relevées aux écluses sont en moyenne trois à quatre mètres au-dessus du niveau normal de navigation. Les périodes de retour sont comprises entre 60 et 100 ans sur la Sambre et les deux Helpes. La Riviérette, la Sambrette ou le ruisseau des Arbreux (Berlaimont) connaissent également une crue remarquable.

Des dégâts comparables à ceux de 1956 affectent l'ensemble du bassin. Le plan Orsec est déclenché. L'événement sert aujourd'hui de référence au PPRI de la Sambre.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Période pluvieuse en décembre, suivie fin janvier de précipitations intenses sur sol gelé	• Sambre, deux Helpes et affluents	• Dommages comparables à ceux de la crue de 1956 • Plan Orsec déclenché • Événement de référence pour le PPRI de la Sambre

Crue de la Solre et des deux Helpes du 19 au 26 juillet 1980

Après une période pluvieuse qui avait entraîné une première crue en début de mois – 80 mm du 6 au 14 juillet en moyenne sur l'unité –, le niveau des rivières redevient normal. À partir du 18 juillet, une nouvelle perturbation, plus importante, traverse le bassin. Les précipitations sont hétérogènes d'un secteur à l'autre. Sur le haut bassin de la Solre, on enregistre respectivement 11, 17 et 56 mm les 18, 19 et 20 juillet, avec une pointe de 29 mm en 6 heures en fin d'épisode sur des sols déjà saturés. La période de l'événement est inhabituelle.

La crue est particulièrement importante sur la Solre. Le débit atteint 55 m^3/s à Ferrière-la-Grande avec des périodes de retour comprises entre 30 et 70 ans. Tous les bourgs riverains sont inondés. À Solre-le-Château, certaines rues sont recouvertes par quatre mètres d'eau. Les hauteurs relevées aux stations des deux Helpes (3,38 m à Liessies, 4,32 m à Maroilles) sont les plus importantes enregistrées depuis la mise en place du service hydrométrique. La Sambre déborde seulement à partir du 21 juillet alors que le beau temps est revenu. On relève + 3,37 m au-dessus du niveau normal de navigation en aval de l'écluse de Maubeuge.

Une vingtaine de communes sont sinistrées, les routes coupées et l'électricité interrompue. Les agriculteurs payent le plus lourd tribut (récoltes perdues, animaux noyés).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Succession de deux épisodes pluvieux (du 6 au 14 juillet et du 18 au 20 juillet), avec une intensité de 29 mm en six heures le 20 juillet • Crue importante sur le bassin de la Solre et niveaux record sur les deux Helpes	• Bassin de la Solre et les deux Helpes	• Dommages agricoles, une vingtaine de communes sinistrées

Crues de décembre 1993 et janvier 1994 sur le bassin de la Sambre

Le mois de décembre 1993 a été très pluvieux, particulièrement la dernière quinzaine. Les cumuls mensuels sont 2,5 à 3 fois supérieurs à la moyenne climatologique. On relève 220 mm à Fourmies, dont 78 mm entre le 18 et le 20 décembre.

Les crues débutent le 13 décembre et se maintiennent durant 20 jours. Les débits atteignent 46 m³/s sur l'Helpe Majeure à Liessies, 63 m³/s sur l'Helpe Mineure à Maroilles **(fig. 2-29)** et 142 m³/s sur la Sambre à Maubeuge. Les inondations ont lieu au même moment plus en aval en Belgique. C'est l'événement le plus important du xx^{e} siècle sur les deux Helpes et la partie amont de la Sambre. Il sert aujourd'hui de référence.

L'activité économique est sévèrement touchée. La plupart des rivières occupent le lit majeur et inondent plaines agricoles, villes et zones industrielles. À Ferrière-la-Grande et Cerfontaine, une trentaine de personnes et les résidents d'une maison de retraite sont évacués. La plupart des communes du bassin versant de la Sambre font l'objet d'une procédure de classement pour catastrophe naturelle.

Particularité hydro-météo (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Mois de décembre pluvieux avec 220 mm à Fourmies, dont 78 mm entre le 18 et 22 décembre • Crues durant toute la seconde moitié du mois de décembre	• Sambre amont et deux Helpes	• Secteurs agricoles et industriels • Évacuation d'une trentaine de personnes et des résidents d'une maison de retraite

Crues du 13 au 15 novembre 2010 sur le bassin de la Sambre

Entre le 13 et le 15 novembre 2010, une perturbation ondulante génère de fortes précipitations sur le nord-ouest de la France et la Belgique. Les intensités sont soutenues. En 36 heures, on relève l'équivalent d'un mois de pluies.

Les quatre rivières principales du bassin de la Sambre entrent en crue simultanément. L'événement est moins important que celui de 1993. La période de retour des débits est inférieure à 10 ans. Les parcelles proches des cours d'eau sont submergées ainsi que quelques routes secondaires et fermes isolées (fig. 2-30).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Fortes précipitations sur 36 heures, du 13 au 15 novembre	• Sambre, deux Helpes et affluents	• Coupure de routes et inondation de sites agricoles

a)

b)

Figure 2-30. Inondation de novembre 2010 : (a) la Sambre à Noyelles ; (b) l'Helpe Mineure à Maroilles. Source : Dreal Artois-Picardie, photos P. Bocquet

Unité Scarpe-Escaut-Sensée

Réseau hydrographique

L'unité est constituée par les trois bassins hydrographiques de la Scarpe, de la Sensée et de l'Escaut.

La topographie de l'unité est peu marquée, avec des altitudes comprises entre 150 m (sources de la Sensée) et 18 m à l'exutoire français de l'Escaut, à Mortagne-du-Nord. L'Escaut canalisé de Cambrai à la Belgique reçoit d'abord, en rive gauche, les apports de la Sensée puis, principalement en rive droite, les apports de cours d'eau de petits bassins ruraux (Erclin, Selle, Écaillon, Rhônelle, Aunelle, Hogneau), suivis de ceux de la Scarpe. L'Escaut prend sa source en France, près de Saint-Quentin (département de l'Aisne), et après avoir traversé la Belgique, le fleuve rejoint les Pays-Bas où il se jette dans la mer du Nord. Elle traverse les villes de Cambrai et Valenciennes, puis en Belgique, Tournai, Gand, et finit à Anvers. Son bassin versant total s'étend sur plus de 20 000 km^2.

Les trois cours d'eau sont interconnectés au sein du réseau de canaux de navigation du nord de la France. Aux sections amont naturelles succèdent ainsi des parties aval entièrement artificialisées, à partir d'Arras pour la Scarpe, de Cambrai pour l'Escaut et d'Arleux pour la Sensée. Le dispositif est structuré autour du canal à grand gabarit qui relie Dunkerque au bassin de l'Escaut avec une liaison, vers le bassin de la Seine via le canal du Nord. Localement, le canal de la Sensée interconnecte les bassins de l'Escaut, de la Sensée et de la Scarpe au canal de la Deûle.

Typologie des inondations

On rencontre avant tout ici des inondations dues aux débordements des cours d'eau et canaux suite à un régime océanique d'hiver et de printemps, avec localement quelques remontées de nappe, et parfois des crues rapides en période estivale avec des ruissellements localisés pouvant générer des coulées de boue.

Près de 100 000 habitants sont potentiellement concernés par les inondations de la Scarpe, de la Sensée, de l'Escaut et de ses affluents rive droite, principalement dans le secteur compris entre Arras, Douai et Valenciennes.

Inondations remarquables

Sept événements ont été retenus **(fig. 2-31)** pour illustrer la typologie des phénomènes : débordements de cours d'eau par crues océaniques d'hiver et de printemps (novembre 1872-avril 1873, décembre 1993, janvier-février 2002), et par pluies et orages estivaux (août 1850, juillet 1980) avec coulées de boue (juillet 1995, juin 2007).

Orage du 16 au 18 août 1850 sur le Valenciennois

On sait encore relativement peu de chose sur l'épisode météorologique qui a touché le bassin de l'Escaut en août 1850. Des pluies torrentielles s'abattent sur la région les 15 et 16 août 1850. L'observatoire de Bruxelles enregistre 111 mm au cours de ces deux journées. La plupart des cours d'eau du bassin réagissent rapidement et génèrent « la plus forte inondation connue » de l'Escaut (Champion, 1858).

Toute la vallée est sous les eaux. Les hauteurs atteignent en certains endroits près de trois mètres au-dessus des niveaux habituels. Les pertes sont énormes, en particulier pour le monde agricole : moissons, bâtiments d'exploitation, moulins. La région de Valenciennes est tout particulièrement touchée par les débordements de l'Aunelle, de la Rhônelle et de l'Écaillon. Même situation à Condé, Crespin, Orsinval, Aulnoy, Verchin, Monchaux-sur-Écaillon et Bouchain. Les débordements de la Scarpe affectent durement Saint-Amand et ses environs. De gros dégâts sont également recensés en Belgique.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Pluies importantes les 15 et 16 août 1850 (111 mm à Bruxelles)	• Inondation générale du Valenciennois par l'Escaut et ses affluents	• Pertes agricoles sévères

Inondation de la Traitoire et de la Fontaine d'Hertain de novembre 1872 à avril 1873

Des pluies intenses et durables affectent le bassin de la Scarpe au cours du mois de novembre 1872. La Traitoire et la Fontaine d'Hertain réagissent rapidement. L'eau submerge la commune d'Hasnon. Une trentaine de maisons sont envahies sans que les habitants aient le temps de mettre en sécurité leur mobilier. Le monde agricole paie le plus lourd tribut. Plus de 270 hectares de terres labourables sont submergés six mois durant. Au total, les pertes sont estimées à plus de 200 000 francs-or pour cette seule commune, sans parler des problèmes sanitaires (cas de typhoïde) associés à la présence prolongée de l'eau.

Le plus remarquable ici est bien le décalage entre la brièveté de la crue elle-même et la très grande lenteur du ressuyage. Les causes sont multiples : faibles pentes naturelles, concomitance des phénomènes entre affluents et cours d'eau principal, cloisonnement des espaces par diverses infrastructures, introduisant des effets de seuil. Certains dénonceront à cette occasion le manque de coordination entre les travaux de drainage et de recalibrage réalisés à l'amont des bassins et la situation plus en aval.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Pluies durables en novembre	• Plaine et village d'Hasnon	• Submersion rapide et long ressuyage (six mois)

Crue des affluents de l'Escaut le 21 juillet 1980

Du 7 au 14 juillet 1980, le bassin de l'Escaut reçoit une première série de pluies modérées. Les cumuls voisinent les 50 mm en moyenne sur la période. Les sols se saturent peu à peu. Après une interruption de quelques jours, les pluies reprennent de manière plus intense et avec une répartition très homogène à l'échelle du bassin

versant. On relève 80 mm les 18, 19 et 20 juillet, dont plus de 40 mm le dernier jour. En quinze jours, les cumuls atteignent au total 130 à 150 mm, bien au-delà de la moyenne climatologique.

La réponse des cours d'eau est remarquable à double titre. L'ensemble des bassins versants est concerné, et les maxima instantanés – souvent journaliers – sont les plus élevés jamais enregistrés sur les stations du secteur. La montée des eaux est assez comparable sur l'Hogneau, l'Écaillon et la Selle. La première phase d'accroissement est suivie d'une légère décrue, puis d'une remontée brutale le 21 juillet. La Rhônelle ne réagit qu'en fin de cycle. La Selle garde à l'inverse des débits soutenus tout au long du mois de juillet avec une pointe le 21 à 17,3 m^3/s (Noyelles-sur-Selle).

Les dommages se font sentir sur tout le bassin. À Haspres, Noyelles et Douchy-les-Mines les bâtiments publics, les habitations, les routes et les parc sont sous les eaux de la Selle. Les ponts de Solesmes et d'Haussy sont mis en charge. Tous les villages riverains de l'Écaillon sont noyés sous plus d'un mètre d'eau. Le village de Thiant est totalement inondé. Les eaux, bloquées par la digue de l'Escaut, s'épandent et s'accumulent très rapidement dans les pâtures où le cheptel est menacé de noyade. À Verchin, le courant défonce les portes et les vitres des maisons, et l'eau monte jusqu'à 1,50 m de hauteur. On procède à de nombreuses évacuations. À Quiévrechain et Crespin, l'Hogneau s'élève de plus de trois mètres : caves, jardins et champs sont inondés. Une digue rompt sous le pont autoroutier à Crespin. Même scénario le long de la Rhônelle, où l'on relève 10,8 m^3/s à Aulnoy.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique, avec 130 à 150 mm en 15 jours, dont 80 mm les 3 jours précédant les crues	• Plaines et villages le long de la Selle (référence AZI), de l'Écaillon, de l'Hogneau	• Nombreuses maisons inondées • Villages les plus impactés : Haspres et Noyelles (Selle) ; Thiant et Verchin (Écaillon)

Crues des affluents de l'Escaut en décembre 1993

Le mois de décembre 1993 est particulièrement pluvieux sur le bassin de l'Escaut. Les cumuls sont compris entre 180 et 200 mm sur 25 jours. Les précipitations se sont principalement concentrées en deux phases de quelques jours, les 12 et 19 décembre. Un premier épisode d'environ cinq jours sature les sols (entre 40 et 50 mm), suivi de quelques jours d'accalmie puis d'une nouvelle vague pluvieuse les 18, 19 et 20 décembre (50 à 60 mm supplémentaires) qui ruisselle immédiatement.

La quasi-totalité des cours d'eau entrent en crue. Les événements sont plus remarquables par leur caractère généralisé que par leur intensité propre. Les périodes de retour sont comprises entre 10 et 20 ans, et même un peu supérieures à 20 ans sur l'Écaillon (à Thiant). Les maximums sont atteints entre le 20 et le 21 décembre. Certaines rivières gardent un débit soutenu plusieurs jours (Hogneau) alors que d'autres connaissent, au contraire, une crue plus brève (Écaillon).

Les impacts restent assez limités. L'Aunelle submerge plusieurs ponts. L'Écaillon inonde légèrement quelques maisons à Louvignies-Quesnoy. Sur le bassin de la

Scarpe (fig. 2-32), la superficie totale inondée atteint malgré tout 9,5 km². On relève également, ici ou là, quelques affleurements de nappe. L'Hogneau inonde diverses communes : Thivencelle (30 m³/s), Quiévrechain, Crespin, Saint-Aybert. La situation est identique le long de l'Escaut, de la Rhônelle et divers autres affluents.

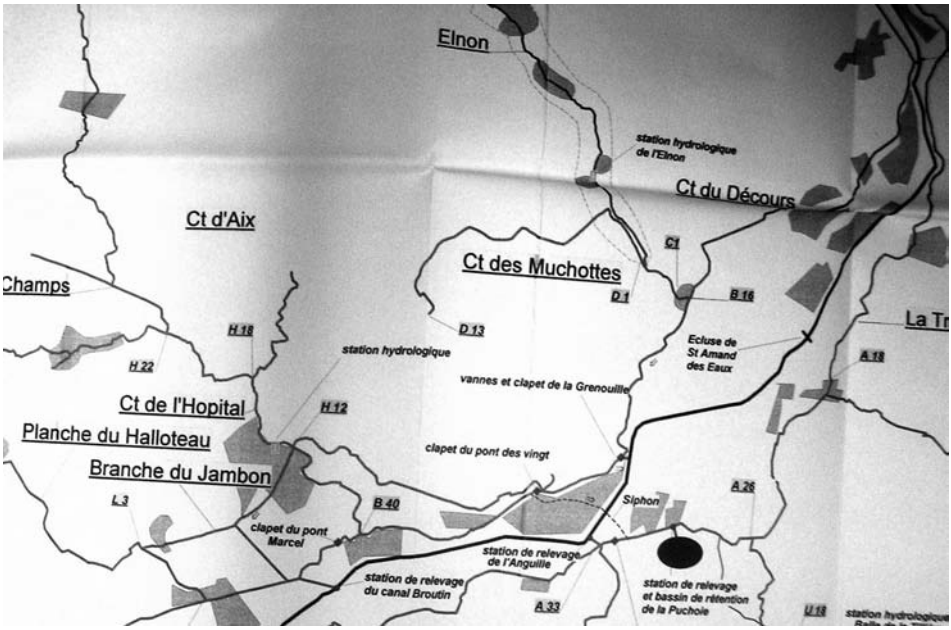


Figure 2-32. Extrait de carte schématisant, en grisé, les principales zones inondées par la Scarpe et ses affluents en décembre 1993. Source : Diren NPC, 1997

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique, avec 180 à 200 mm en 25 jours	• Plaines des affluents de l'Escaut, dont la Scarpe (9,5 km² submergés)	• Dégâts limités (parcelles agricoles, routes, quelques maisons inondées)

Ruissellements et coulées de boue sur le bassin de l'Escaut les 11 et 12 juillet 1995

Dans la soirée du 11 juillet 1995, des développements pluvio-orageux ponctuels mais très intenses se développent dans la région de Douai et de Cambrai. La quasi-totalité des précipitations a lieu entre 19 heures et 21 heures. On relève 55 mm **(fig. 2-33)** en une heure sur la base aérienne d'Épinoy, 62,6 mm en deux heures à Lécluse (dont la majorité en une heure également). L'événement est accompagné de chutes de grêle et de fortes rafales de vent. À Épinoy comme à Lécluse, la période de retour des pluies sur une journée atteint 70 ans, et dépasse 100 ans rapportée au pas de temps horaire.

Les eaux ruissellent le long des coteaux agricoles et affluent vers les points bas occupés par les villages, en empruntant les thalwegs, le réseau des routes ou les divers remblais et fossés. À Abancourt, les rues se transforment en véritables torrents. L'eau atteint localement deux mètres de hauteur et reste en place près d'une journée. Complètement saturé, le réseau d'évacuation des eaux pluviales ne peut écouler le surplus. De nombreuses maisons sont inondées. Deux d'entre elles s'effondrent suite au délitement de leurs fondations. Blécourt, Bantigny, Paillencourt subissent des dégâts comparables. L'autoroute A 2, recouverte par la boue sur 800 mètres, est coupée à la circulation plusieurs heures entre Hordain et Cambrai. En dépit de la rapidité et l'intensité du phénomène, on ne déplore aucun blessé. Au total, 29 communes de la région de Cambrai et de Douai font l'objet d'une procédure CatNat.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage localisé mais violent • Cumul horaire plus que centennal (55 mm en une heure à Épinoy)	• Village d'Abancourt et communes voisines	• Torrents de boue jusqu'à 2 m de hauteur dans les rues • 4 maisons effondrées, et de très nombreuses rues inondées

Crue des affluents rive droite de l'Escaut en janvier et février 2002

Entre la fin janvier et la mi-février 2002, le nord de la France est soumis à d'importantes précipitations. Les cumuls de février sur la région Nord-Pas-de-Calais sont trois fois supérieurs à la moyenne climatologique. Certaines valeurs journalières sont supérieures à 30 mm. Les inondations affectent le Pas-de-Calais et une partie du département du Nord. La crue est d'occurrence cinquantennale sur les principaux affluents de l'Escaut : l'Hogneau à Thivencelle, l'Écaillon à Thiant, la Rhônelle à Aulnoy.

Le 28 janvier, une brèche se forme sur une digue de l'Hogneau. L'eau submerge les parcelles agricoles voisines, coupe les routes et atteint rapidement les secteurs habités de Thivencelle, Saint-Aybert et Crespin. Trois cents bovins sont évacués dans l'urgence. Les eaux mettront plusieurs semaines à s'écouler et gagneront d'autres communes (Quiévrechain, Angre, etc.).

La crue de l'Aunelle se fait particulièrement ressentir à Quiévrechain, celle de l'Écaillon à Verchin, Vendegies, Bermerain et Thiant, et celle de la Rhônelle à Aulnoy-lez-Valenciennes et Maresches. Partout, le même type de dommages est constaté : nombreuses parcelles inondées, routes coupées par les eaux, rues et habitations inondées (fig. 2-34).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique, avec 15 jours de pluies abondantes • Crues cinquantennales des affluents de l'Escaut	• Plaines de l'Hogneau, de l'Écaillon, de la Rhônelle, de l'Aunelle	• Rupture de digue de l'Hogneau : Thivencelle et Crespin très touchées • Ailleurs, prairies, routes, villages et maisons inondés

a)

b)

Figure 2-34. Crue de janvier-février 2002 : (a) rupture de digue sur l'Hogneau ; (b) débordement de l'Écaillon à Verchin. Source : Dreal NPC

Ruissellements et coulées de boue sur le bassin versant d'Estreux le 7 juin 2007

En dépit des faibles pentes (1,4 % en moyenne), les volumes mobilisés (50 000 m^3 environ) et le débit de pointe en centre bourg (7,4 m^3/s) sont considérables. Le ruissellement sur les terres agricoles (maïs, pommes de terre, betteraves) cause des pertes notables.

À Estreux **(fig. 2-35)**, le ruissellement prend, selon les témoins, la forme d'une véritable vague de boue qui submerge le centre du village. La totalité des maisons

situées dans l'axe principal des écoulements sont sinistrées. 50 foyers sont touchés, huit maisons sont entièrement dévastées. On relève en centre-ville des hauteurs d'eau de 1,70 m et jusqu'à 2 m dans les points bas. Les chaussées sont défoncées, les voitures emportées et la boue recouvre tout. Le reste du bassin connaît des dommages mineurs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage : 75 à 100 mm en deux heures	• Village d'Estreux	• Vague de boue déferlant sur le village, jusqu'à plus de deux mètres de hauteur en aval • 50 maisons impactées, dont 8 sévèrement

Unité bassin de la Somme

Réseau hydrographique

La Somme prend sa source dans le département de l'Aisne, traverse le plateau picard et le département de la Somme puis, après un parcours de 245 km et la traversée des villes de Saint-Quentin, Amiens et Abbeville, se jette dans la Manche entre Le Crotoy et Saint-Valery. Elle draine un bassin versant d'environ 6 500 km². Les très faibles pentes, le soubassement crayeux, la présence superficielle des tourbes et l'occupation humaine ont généré un paysage hydraulique complexe fait de cours d'eau, de marais, d'étangs, de canaux et d'ouvrages hydrauliques divers. On soulignera dans ce contexte le rôle déterminant des nappes souterraines sur le niveau des eaux superficielles. Tout au long de son parcours, la Somme reçoit seize affluents dont l'Ancre, l'Avre et la Selle.

Le bassin de la Somme est à dominante agricole, peu urbanisé avec une densité moyenne de 100 hab./km². La population se concentre autour de quelques agglomérations : Amiens, Saint-Quentin, Abbeville et dans une moindre mesure autour d'Albert, Péronne et Corbie.

Typologie des inondations

Le bassin versant est soumis à un climat d'influence océanique à caractère légèrement continental dans sa partie est. Les crues sont de type océanique d'hiver et de printemps, et plus rarement d'été suite à des orages. Les inondations sont principalement liées aux débordements des cours d'eau, régulièrement associés aux remontées de nappe. Par ailleurs, les Bas-Champs (polders) de la façade maritime sont exposés aux risques de submersion marine.

Le sous-sol du bassin versant de la Somme est presque entièrement constitué de craie, formation qui atteint localement 200 mètres d'épaisseur, reposant sur un sol argilo-marneux. La craie se caractérise par une forte porosité qui lui permet de stocker une grande quantité d'eau. Les communications entre les eaux souterraines et les eaux de surface sont omniprésentes sur l'ensemble de ce territoire, notamment en raison de

la perméabilité de cette structure géologique. Ainsi, un même cours d'eau peut occasionner une crue lente, une crue rapide ou une crue liée à une remontée de nappe, en fonction des conditions hydrométéorologiques.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 2-36)** pour illustrer la typologie des phénomènes : débordements de cours d'eau par crues océaniques avec fonte nivale (février 1784 et janvier 1841) ou avec remontée de nappe (février-mai 2001), orage estival (juillet 2001), submersion marine (février 1990).

Crue nivale de la Somme du 20 au 24 février 1784

L'hiver 1783-1784 apparaît dans les annales comme une période exceptionnellement froide et neigeuse. On relève 70 jours continus de gel au 20 février, dont 24 accompagnés de chutes de neige. Survient alors un brusque redoux associé à la pluie qui génère des inondations exceptionnelles sur une large moitié nord de la France.

À Amiens :

« Le 24 (février), les eaux descendirent en telle quantité de la vallée de Conty, que la Hautoie et la chaussée de Hem furent couvertes d'eau. Tous les hortillonnages au-dessus d'Amiens furent ravagés ; la perte fut évaluée à plus de 100 000 francs. Les eaux dépassèrent les ponts du Cange, des Célestins, de Saint-Pierre et le nouveau pont de la Citadelle. Le jardin des Plantes et la maison du château d'eau furent inondés. Les eaux coulèrent avec une grande impétuosité dans la ville. L'eau monta environ de 12 pieds (3,7 m). Il y avait eu plus de 3 pieds (0,9 m) de neige. » (Champion, 1858)

Au niveau national, les inondations de 1784 ont eu un impact significatif dans le domaine de la sécurité et de la responsabilité publique. Outre la prise en compte du risque et les tentatives d'atténuation d'une crise prévisible, les autorités de l'époque ont déployé une panoplie de solutions pour venir en aide aux sinistrés et prendre des mesures préventives pour éviter qu'une catastrophe de ce type ne se reproduise.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Redoux et pluie après une longue période de neige	• Amiens	• Ville inondée

Crue nivale de la Somme et de ses affluents du 13 au 26 janvier 1841

Si les inondations dans la basse plaine de la Somme ont été fréquentes au cours des siècles passés (fig. 2-37), celle de 1841 les surpasse toutes par son ampleur et les destructions occasionnées. C'est a priori le phénomène le plus important depuis le XVII^e siècle.

Au cours de l'hiver 1840-1841, la neige est tombée en abondance sur le département de la Somme. Les températures durablement négatives ont par ailleurs entraîné un gel des rivières. Un réchauffement soudain courant janvier, accompagné de fortes

pluies, provoque une fonte rapide des neiges et des glaces. Les cours d'eau, les sols, et les nappes phréatiques ne peuvent absorber le surcroît d'eau.

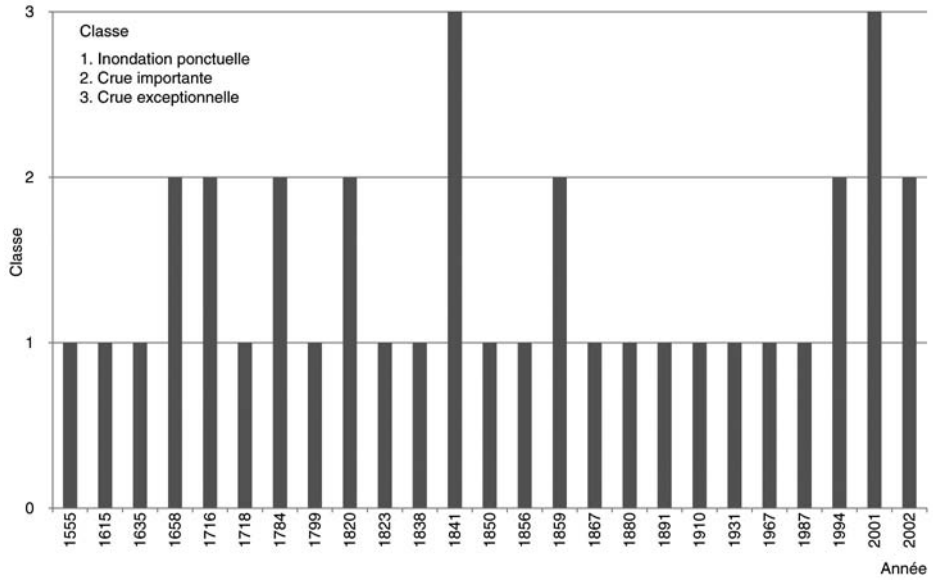


Figure 2-37. Frise historique des crues de la Somme. Source : Ameva, 2009

Toutes les vallées du bassin versant de la Somme sont impactées. L'Avre submerge sa plaine de Miraumont à sa confluence. Le Viardon, le Morion, la Vautine sont également en crue. Les eaux de la Somme gonflées par les apports de la haute vallée s'élèvent progressivement et commencent à inonder Amiens le 13 janvier. Quelques jours plus tard, la plupart des quartiers sont sous les eaux. Rue Toucauze, quatre maisons sont entièrement détruites par le courant.

Les eaux atteignent leur maximum au cours de la dernière décade de janvier. De nombreuses routes sont dégradées, y compris certains axes principaux. La vallée est submergée de Péronne à Saint-Valery. La Somme est « un grand lac roulant comme un torrent ». Les portions canalisées ne sont pas épargnées, les eaux passent par-dessus les digues. Entre Longpré et Abbeville, 84 maisons sont abandonnées. Pont-Remy,

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale et débâcle glaciaire • Redoux et fortes pluies après une longue période de neige	• Vallées de la Somme et de ses affluents, dont la Bresle et l'Avre	• Un décès par noyade, nombreux villages inondés et isolés, plusieurs bâtiments détruits dont 4 à Amiens (largement inondée), routes submergées, communications coupées, prairies noyées

Liercourt, Fontaine-sur-Somme sont durement affectées. Les dégâts agricoles sont particulièrement remarquables dans la région du Marquenterre. La décrue s'amorce le 26 janvier et s'étale sur plusieurs jours. On déplore une victime par noyade.

Tempêtes et submersions marines du 26 au 28 février 1990 sur la baie de Somme

La tempête de février 1990 génère des phénomènes de submersion marine sur tout le littoral de l'unité « bassin de la Somme ». L'événement météorologique est décrit globalement au niveau du district Artois-Picardie. En baie de Somme, les événements les plus importants se produisent coup sur coup les 26 et 28 février, avec des pointes de vent respectivement de 137 et 155 km/h à la station d'Abbeville. En mer, les marées de vives-eaux atteignent un coefficient de 104 le 26 février. Vents et marées engendrent une surcote de + 1,30 m au-dessus des plus hautes eaux (valeur centennale) alors que la houle atteint une hauteur de cinq mètres.

Les premières brèches apparaissent à Cayeux-sur-Mer le long de la digue des Bas-Champs le 14 février. L'eau pénètre à l'intérieur des terres. Les deux dépressions successives des 26 et 28 février aggravent la situation. Au sud de Cayeux, l'ouvrage s'affaisse sur plus de 800 m. Au nord de la ville, il rompt sur 2,5 km et est gravement endommagé sur encore 1,5 km. 2 000 hectares des Bas-Champs sont submergés. Le centre-ville de Cayeux est envahi par la mer à plusieurs reprises lors des périodes de haute mer. Près de 150 maisons sont inondées.

Les communes de Brutelles, Woignarue et les hameaux de Hurt, Watiéhurt et Laleu sont submergés. La mer s'avance en certains endroits jusqu'à 3 km à l'intérieur des terres. À Saint-Valery le quai est submergé.

Au total, quelque cinq kilomètres de rivage et 3 000 hectares de terre sont durement atteints en baie de Somme. On ne compte plus les maisons inondées. L'eau se retire à partir du 2 mars. Cela prendra plusieurs semaines dans le secteur des Bas-Champs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique tempétueux avec submersion marine • Succession de tempêtes (jusqu'à 155 km/h relevés à Abbeville) couplées à des marées hautes de vives-eaux	• 3 000 ha en baie de Somme dont 2 000 ha pour les Bas-Champs • L'eau de mer s'engouffre jusqu'à 3 km à l'intérieur des terres	• Rupture de digues, terres agricoles submergées, villes et villages envahis : Cayeux, (150 maisons impactées), mais aussi Brutelles, Woignarue, Hurt, Watiéhurt, Saint-Valery…

Crue de la Somme de février à mai 2001

L'événement météorologique est décrit globalement au niveau du district Artois-Picardie. Outre la suralimentation des nappes qui atteignent des niveaux remarquables, les pluies ont saturé les sols constitués pour la plupart de limons et de craie, très perméables. La reprise des précipitations en mars – on enregistre 26 jours

de pluie avec des cumuls trois à quatre fois supérieurs à la moyenne mensuelle – puis en avril – cumuls entre 2,5 et 3 fois la moyenne – va déclencher les inondations, à la fois par débordement de cours d'eau et par remontée de nappe.

L'amplitude du phénomène croît d'amont en aval, le haut bassin étant moins touché. Au plus fort de l'événement, on mesure 24,3 m^3/s à Péronne (T = 30 ans), 90,5 m^3/s à Hangest-sur-Somme (T = 100 ans) et 104 m^3/s à Abbeville (T = 120 ans).

Le débordement de la Somme (fig. 2-38) est exceptionnel tant par son ampleur que par sa durée (plusieurs mois). Les premières zones sont inondées fin février par les premiers affleurements de nappe. Tout s'accélère fin mars. La submersion du lit majeur de la Somme commence. Chaque jour la conjugaison des débordements du fleuve et de ses affluents, des remontées de nappe et des ruissellements du bassin versant, accroît les superficies inondées. À la mi-avril, 155 communes sont touchées. De nombreuses zones urbanisées sont durement impactées. À Abbeville, on mesure, en certains endroits, plus de deux mètres d'eau. La gare est hors d'usage. De multiples sites historiques et touristiques sont endommagés (cf. Amiens), avec des conséquences durables sur l'économie locale. Quant au réseau routier, 23 routes départementales sont coupées, 15 ponts détruits ou très endommagés. Même scénario sur les affluents. L'Ancre inonde sous plus d'un mètre d'eau la commune d'Albert et toute sa vallée. Le débit de l'Avre atteint 8,59 m^3/s à Moreuil (T = 85 ans) avec plusieurs ruptures de berges.

La crue atteint son paroxysme mi-avril, avant de décroître très lentement ensuite. Le véritable retour à la normale ne sera effectif qu'au début de l'été. Au final, plus de 3 400 maisons sont inondées, dont 739 évacuées et 32 vouées à la destruction. Plus de 1 100 personnes sont relogées. Côté activités économiques, 200 entreprises et 450 exploitations agricoles sont sinistrées. Les dommages s'élèvent à environ 150 millions d'euros pour tout le département, concentrés principalement sur les communes d'Abbeville, Fontaine-sur-Somme, Mareuil-Caubert, Amiens, Cagny, Camon et Pont-Remy. Quelque 108 communes du département de la Somme bénéficieront du dispositif CatNat.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec remontées de nappe • Précipitations exceptionnelles sur sept mois (de 1,7 à 2 fois la moyenne climatique sur tout le département de la Somme) • Crue centennale pour la Somme à Abbeville (T = 120 ans)	• Toute la vallée de la Somme en aval de Péronne, pendant deux à cinq mois	• Plus de 3 400 maisons inondées, plus de 1 100 personnes évacuées, 200 entreprises, 450 exploitations agricoles sinistrées • Environ 150 M€ de dégâts sur le département

a)

b)

Figure 2-38. Inondation de la Somme en 2001 : (a) Faubourg des Planches au sud-ouest d'Abbeville ; (b) Mareuil-Caubert, en périphérie d'Abbeville. Sources : (a) Diren Picardie, photo Ph. Fruitier ; (b) INA

Orage sur le bassin de l'Avre du 6 au 8 juillet 2001

Une pluie d'orage d'intensité exceptionnelle s'abat début juillet 2001 sur le bassin de l'Avre. On enregistre un cumul d'environ 200 mm les 6 et 7 juillet **(fig. 2-39)**. La saturation des sols, due aux précipitations excédentaires de la fin 2000 et début 2001, et l'extrême intensité du phénomène génèrent une crue soudaine de l'Avre. Le débit atteint 10,2 m^3/s à Moreuil (T = 120).

La région de Roye est tout particulièrement affectée. La commune de Montdidier, riveraine des Trois Doms, affluent rive droite de l'Avre, est la plus touchée du département de la Somme. Plus de 150 maisons sont inondées et près de 200 personnes évacuées. Au total, 68 communes du département ainsi qu'une vingtaine du Nord-Pas-de-Calais sont classées en état de catastrophe naturelle. Le haut bassin de l'Avre a payé le plus lourd tribut à l'inondation.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'orage • Près de 200 mm sur le bassin versant de l'Avre en 2 jours, dont une grande partie en une nuit	• Communes riveraines de l'Avre et des Trois Doms, notamment Roye et Montdidier	• Nombreuses maisons inondées, jusqu'à 2 m d'eau à Roye • 150 maisons inondées, 200 personnes évacuées à Montdidier

Références

Sources

Agence de l'eau Artois-Picardie, 2006. Évaluation économique des dommages liés aux inondations.

Agence de l'eau Artois-Picardie, 2009. SAGE de l'Yser, état des lieux.

Ameva, 2009. Les inondations de la Somme : comprendre, prévenir, protéger.

Bastide J., 2005. Le littoral des Bas-Champs (Picardie, France) soumis aux risques perpétuels d'inondation, université de Reims.

BCEOM, 1968. Inventaire des zones inondables : Artois-Picardie.

BCEOM, 2005. Atlas des zones inondables du bassin versant de la Bresle.

Carter L., 2003. Les catastrophes naturelles dans la Somme au XIX^e^ siècle.

CE3E, 2003. Étude du plan de gestion globale et équilibre des écoulements et des crues de la Melde du Pas-de-Calais et du contre fossé du canal de Neufossé.

Communauté de communes Sambre-Avesnois, 2010. Dicrim de la commune d'Hautmont.

Créocéan, 2008. Élaboration du plan de prévention des risques naturels sur les Bas-Champs du sud de la baie de Somme.

Danloux J., 2002. Inondations et crues de l'Helpe Majeure à Wallers-Trélon.

DDE Nord, 1980. Inondation de Solre-le-Château en juillet 1980.

DDE Nord, 1983. Rivière de Sambre canalisée, crue de décembre 1993.

DDE Nord, 1987. PERI Vallée de la Sambre (rapports de présentation par commune).

DDE Nord, 1993. Helpe Majeure : report 25 000e du levé de la crue de 1993

DDE Nord, 1993. Photos de la crue de décembre 1993 : Helpe Mineure à Maroilles.

DDE Nord, 1993. Photos des crues de la Sambre de décembre 1993 à Boussières, Tarcy, Noyelles, et autres communes.

DDE Nord, 1994. Cartographies des crues de la Sambre de décembre 1993, sur Landrecies, Maubeuge, Maroilles.

DDE Nord, 1994. Document de travail : cartes des zones inondées sur l'Helpe Mineure en décembre 1993.

DDE Nord, 1994. Extrait de la revue de presse Solre décembre 1993.

DDE Nord, 1994. Inondation hiver 1993-1994, communes de Ferrière-la-Grande et de Cerfontaine.

DDE Nord, 1994. Relevé des inondations hiver 1993-1994, subdivision Bailleul-Merville.

DDE Nord, 1994. Vallée de la Solre 1/5 000. Rapport sur la crue de l'hiver 1993-1994

DDE Nord, 2008. PPRI vallée de la Solre.

DDE Nord, 2011. PPRI Vallée de l'Helpe Majeure.

DDE Nord, s.d. Carte des zones inondées sur Avesnelles.

DDT Nord, 1961. Crues de janvier et février 1961, hydrogrammes.

DDT Nord, 2006. Descriptif de l'Helpe Majeure et ses événements historiques.

DDT Nord, 2006. Descriptif de la Sambre et ses événements historiques.

DDT Nord, 2006. Descriptif de la Solre et ses événements historiques.

DDT Nord, s.d. PPRI des deux Helpes.

DDTM Nord, s.d. Le bassin de la Lys.

DDTM Nord, s.d. Carte des zones inondées par la crue de 1974 sur le bassin de la Lys.

DDTM Nord, 2007. PPRI vallée de l'Yser.

DDTM Nord, 2011. Cotes atteintes sur le bassin versant de l'Yser.

DDTM Pas-de-Calais, 2000. PPRI de la vallée de la Hem.

DDTM Pas-de-Calais, 2005. Atlas des zones inondables vallée de l'Authie.

DDTM Pas-de-Calais, 2009. PPRI sur la vallée de l'Aa supérieure.

Devred D., 1989. Étude pluviométrique du bassin de la Sambre, étude hydrologique du sous-bassin de la Solre, thèse de doctorat en hydrologie, université Lille I.

Devred D., 1990. Analyse et critique des données pluie/débit. Recherche de relations de prévision de crues sur la Sambre, laboratoire d'hydrogéologie, université Lille Flandres-Artois.

Direction régionale de la navigation du Nord-Pas-de-Calais, 1987. PERNPI de la vallée de la Sambre, secteur Haumont-Jeumont.

Diren Nord-Pas-de-Calais, s.d. Cartographie des crues historiques, vallée de l'Authie.

Diren Nord-Pas-de-Calais, s.d. Cartographie des inondations de l'Authie, depuis Doullens jusqu'à la mer.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 1993. Campagne aérienne Diren, crue 1993.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 1993. Rapport pluviométrique et hydrologique provisoire pour les communes inondées du département du Nord : inondations du mois de décembre 1993.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 1994. Rapport de crue, hiver 1993-1994.

Diren Nord Pas-de-Calais, 1995. Crues de décembre 1994 et janvier 1995 dans la vallée de la Lys, données hydrologiques.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 1998. Atlas des zones inondables de la région NPdC : Vallée de l'Helpe Mineure.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 1998. Rapport des crues du 24 octobre au 16 novembre 1998.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 1998. Photos de la crue de la Liane en novembre 1998.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 1999. Photos aériennes : Lys et Audomarois, crue décembre 1999.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2000. Rapport CatNat crues décembre 1999.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2000. Rapport des crues du mois de novembre 2000.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2001. Atlas des zones inondables de la région NPdC : Vallée de la Solre.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2001. Atlas zones inondables région NPdC : vallée de la Sambre est et vallée de la Sambre ouest.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2001. Photos aériennes : crue Yser et affluents, septembre 2001.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2001. Photos aériennes : Authie, crue d'avril 2001.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2002. Cartographie des inondations de mars 2002 : Aa et Marais.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2002. Inondation de l'Yser, cartographie.

Diren Nord Pas-de-Calais, 2002. Photos aériennes : Hogneau, crue janvier 2002.

Diren Nord Pas-de-Calais, 2002. Photos aériennes : crues février 2002.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2002. PNR et indépendant : Photos aériennes crues mars 2002.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2002. Rapport de la Diren sur les inondations du 1er mars 2002.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2002. Rapport sur les crues de l'hiver 2002.

Diren Nord Pas-de-Calais, 2003. Atlas des zones inondables vallée de la Selle, 10/2003

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2005. Atlas des Zones inondables vallée de l'Authie.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2005. PPRI sur la vallée de la Lys aval.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2006. Bulletin de situation hydrologique, bassin Artois-Picardie.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2006. Inondations de la Hem de Licques à Polincove, 11/2006.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2006. Limnigramme de la Hem à Guémy du 10 au 13 août 2006.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2006. Photos aériennes crues août 2006.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2006. Rapport sur les inondations du 12 au 14 août 2006.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2007. Rapport sur les inondations du 3 au 5 décembre 2006.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2007. Rapport sur les inondations du 7 au 9 décembre 2006.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2008. PPRI communes de Wahagnies, Ostricourt, Thumeries, Camphin, Phalempin, La Neuville.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2009. Fiches hauteur-dommage et seuils de la crue de novembre 2009.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2009. Photos aériennes des crues de novembre 2009.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2009. Photos aériennes : Lys et Audomarois, crue de décembre 1999.

Diren Nord-Pas-de-Calais, 2010. Retour sur les crues de fin novembre 2009.

Diren Nord-Pas-de-Calais, Frutier Ph., Altimage, 2006. Photos aériennes des crues d'août 2006.

Diren Picardie, 2001. Photos aériennes : Abbeville, crue avril 2001.

Diren Picardie, 2001. Photos aériennes : crue de la Somme, mai 2001.

Dreal Nord-Pas-de-Calais, 2009. Fiches hauteur-dommage, seuils.

Dreal Artois-Picardie, 2009. PPRI Vallée de l'Helpe Mineure.

Dreal Artois-Picardie, 2010. Photos aériennes des crues de novembre 2010.

Douvinet J., 2008. Les bassins versants sensibles aux crues rapides dans le Bassin parisien : analyse de la structure et de la dynamique de systèmes spatiaux complexes, thèse de doctorat, université. de Caen Basse-Normandie, 381 p.

Dutouquet L., 1873. Commune d'Hasnon : rapport sur l'inondation pendant l'hiver de 1872 à 1873.

Géos, 2009. Détermination de l'aléa de submersion marine intégrant les conséquences du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais.

Institution interdépartementale des wateringues, 2007. Un territoire soumis au risque de submersion marine : Les tempêtes de 1949 et 1953 à Dunkerque.

IWACO, 1998. Études hydrauliques en vue de la réalisation d'un AZI La Marque.

Lefrou C., Sauzey P., Monadier P., 2001. Rapport de la mission d'expertise sur les crues d'avril 2001 du bassin de la Somme, IGE, ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement.

Mairie de Montdidier, 2001. Bulletin municipal d'information, n° 2.

Safege, 2000. Atlas des zones inondables de la région NPdC : étude hydraulique de la Sambre amont et de la Riviérette, phase 1.

Safege, 2000. Atlas des zones inondables du Nord-Pas-de-Calais : étude hydraulique des affluents de l'Escaut.

Safege, 2002. PPRI Vallée de la Somme et ses affluents, rapport de phase 1.

Safege, 2003. PPRI Vallée de la Somme et ses affluents, rapports de phases 2 et 3.

Safege, Sogreah, 2005. PPRI Lawe.

Sénat, 2001. Rapport de la commission d'enquête sur les inondations de la Somme, session ordinaire de 2001-2002.

SHC Artois-Picardie, 1983. Annonce des crues sur le bassin Artois-Picardie, réunion du 31 mars 1983.

SHC Artois-Picardie, 1988. Étude hydrologique du bassin de la Sambre.

Sogreah, 1981. Étude hydrologique des crues du bassin de la Lys Française.

Sogreah, 1997. Modélisation de la vallée de la Scarpe inférieure, carte des informations disponibles sur la crue de 1993-1994.

Sogreah, 2003. Atlas des zones inondables du bassin versant de la Lys, de la Lawe et de la Clarence, secteur Clarence.

Sogreah, 2008. Étude de modélisation d'enveloppe des crues sur le bassin versant de la Liane, rapport final, version provisoire.

Vanhoutte F., 2003. Étude du risque inondation par ruissellement des eaux pluviales sur la commune d'Abancourt.

Vanhoutte F., 2003. Analyse du risque d'inondation par ruissellement des eaux pluviales sur le bassin versant du Ravin du Bois (affluent de la Sensée, 59).

VNF Nord-Pas-de-Calais, 1976. Aménagement de la Lys entre Merville et Armentières, calcul des lignes d'eau en période de crues.

VNF Nord-Pas-de-Calais, 1980. Inondation de Leval, crue de la Tarsy 1980.

VNF Nord-Pas-de-Calais, 1986. Crues de la Sambre, extraits de la presse locale, 05/1986

VNF Nord-Pas-de-Calais, DDE Nord, 1994. Inondations de l'hiver 1993-1994, département du Nord, AZI.

VNF Nord-Pas-de-Calais, 1995. Étude de faisabilité pour l'amélioration de l'évacuation des crues du bassin de la Lys par le canal à grand gabarit, 06/1995

VNF Nord-Pas-de-Calais, 1996. Profil en long comparé des crues de la Lys.

VNF Nord-Pas-de-Calais, 1998. Étude hydraulique du canal de Condé Pommeroeul.

VNF Nord-Pas-de-Calais, 2001. Évacuation des crues du bassin de la Lys canalisée.

VNF Nord-Pas-de-Calais, 2002. Canal de la Colme, rapport sur la crue de 2002.

VNF Nord-Pas-de-Calais, 2002. Hydrogrammes des crues de 2002, Aa et marais Audomarois.

VNF Nord-Pas-de-Calais, s.d. Carte des zones inondées, crue de 1961, Avesnes.

VNF Nord-Pas-de-Calais, s.d. Carte des zones inondées, crue de juillet 1980, Avesnes.

VNF Nord-Pas-de-Calais, s.d. Divers profils en travers, crue de juillet 1980, Helpe Majeure.

Presse

Le Figaro, 8 juin 2007. Orages et coulées de boue dans le nord de la France.

La Voix du Nord, octobre 1992. Bientôt un PERI pour la Sambre.

La Voix du Nord, juillet 2003. Photos de la crue de la Selle en juillet 1980.

La Voix du Nord, 17 novembre 2010.

Publications

Caspar R., Costa S., Jakob E., 2007. Fronts froids et submersions de tempête dans le nord-ouest de la France : le cas des inondations par la mer entre l'estuaire de la Seine et la baie de Somme, *La Météorologie*, 57, 37-47.

Champion M., 1858-1864. *Les inondations en France du VI^e^ siècle à nos jours…,* vol. 1 à 6., V. Dalmont & Dunod, Paris, (réédition Cemagref, 2000).

Sneyers R., 1953. La Tempête et le débordement de la mer du 1^er^ février 1953, *Ciel et Terre*, 69, 97.

Internet

http://cayeux-citoyens.asso-web.com/73+innondations-de-1990.html

http://climat.meteofrance.com

http://forums.infoclimat.fr (crue, orage et inondations dans le Pas-de-Calais, reportage sur les crues de la Liane et la Hem, le 26 novembre 2009)

http://histoire.thiant.fr (inondation de juillet 1980)

http://lci.tf1.fr/politique/2007-06/vote-deplace-pour-cause-inondation-4886786.html?xtmc=inondation,juin 202007&xtcr=12

http://www.ina.fr

http://l.brenet.free.fr/baschamps.htm

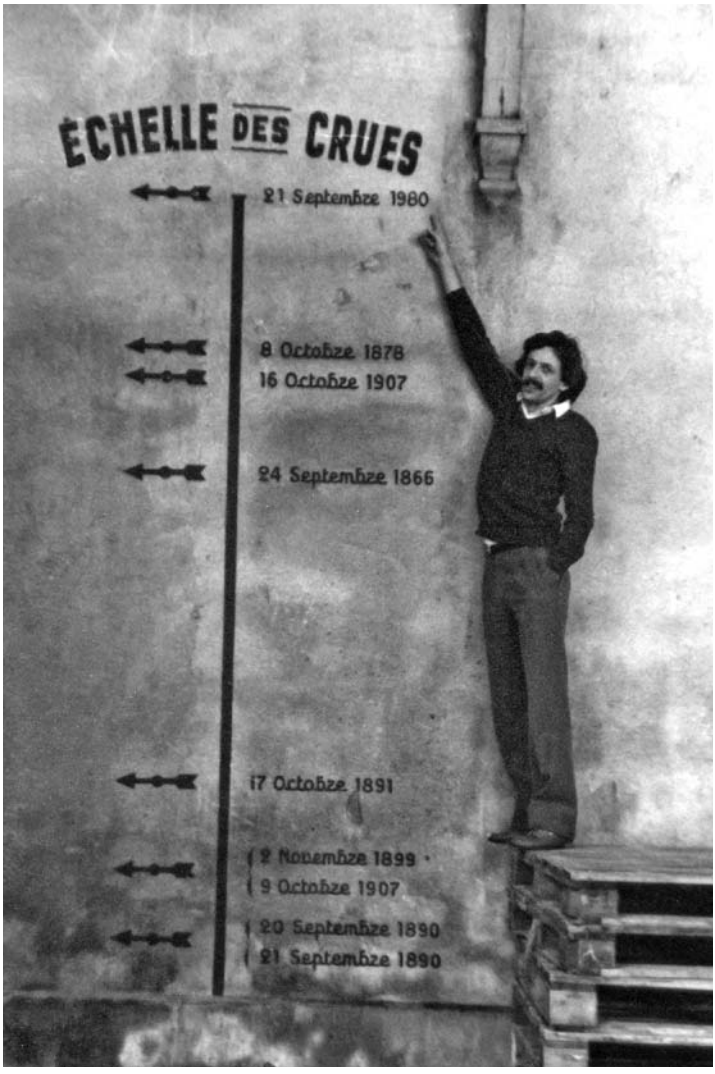
http://www.lobservateurduvalenciennois.fr/article/07/05/2010/estreux--trois-ans-apres-le-deluge--estreux-se-souvient/2070

http://www.meteorologie.eu.org/mothy/surcotes/surc_1953.html

http://www.nord.equipement-agriculture.gouv.fr

http://pluiesextremes.meteo.fr

3
District Loire-Bretagne



Échelle des repères de crue sur la Loire au Puy-en-Velay

Antoine Bard

Les inondations à l'échelle du district Loire-Bretagne

Géographie

Le district Loire Bretagne couvre une superficie d'environ 157 000 km². Dans le cadre de l'EPRI, cinq unités de présentation ont été retenues **(fig. 3-1)** :
– « Allier et Loire amont » (32 000 km²) ;
– « basse Loire » (56 000 km²) ;
– « côtiers bretons » (30 000 km²) ;
– « côtiers vendéens » (9 000 km²) ;
– « Loire moyenne » (30 000 km²).

Description des enjeux

Près de 12 millions de personnes vivent dans le district Loire-Bretagne, constitué du bassin de la Loire et des bassins côtiers bretons et vendéens. Cet ensemble géographique couvre 28 % du territoire métropolitain et 40 % de la façade maritime (2 600 km de côtes), et concerne 10 régions et 36 départements. On recense huit agglomérations de plus de 200 000 habitants : Nantes, Saint-Étienne, Tours, Rennes, Orléans, Clermont-Ferrand, Angers et Brest (Insee 2007). Bien que 20 villes comptent plus de 50 000 habitants, avec une densité moyenne de 75 habitants au km², le district présente plutôt un caractère rural. Cette densité n'est toutefois pas uniformément répartie. La population est plus concentrée à proximité du littoral et le long des grands cours d'eau. Par ailleurs, pendant la période estivale, la population des zones littorales augmente de manière conséquente.

Sur le plan économique, les deux tiers de l'élevage et la moitié de la production des céréales françaises proviennent de ce district. La pêche et la conchyliculture sont aussi des activités très présentes. Après le recul des productions manufacturières au début des années 1980, l'activité des pôles urbains s'oriente aujourd'hui vers le tertiaire. L'estuaire de la Loire à Saint-Nazaire accueille une zone portuaire de première importance pour le commerce. Les châteaux historiques, les vignobles, les plages, les paysages, avec notamment le val de Loire classé au patrimoine mondial de l'Unesco, composent quant à eux un environnement favorable au développement du tourisme. La production d'électricité sur le bassin est importante. Quatre centrales nucléaires sont implantées le long de la Loire et une cinquième le long de la Vienne pour une puissance installée de 14 500 MW. Par ailleurs, l'ensemble du réseau hydrographique accueille environ 500 centrales hydroélectriques pour une puissance installée de 995 MW.

Les enjeux liés aux inondations sont situés :
– sur la partie amont du bassin de la Loire, avec des crues violentes pouvant affecter les communes riveraines de cours d'eau ;
– sur la partie moyenne et aval du bassin de la Loire, avec des inondations de plaine susceptibles de provoquer des dommages importants si les systèmes d'endiguement de la Loire venaient à rompre en cas de crue exceptionnelle (cf. crues de 1846, 1856, 1866). On peut citer notamment une série de vals urbanisés, avec des agglomérations importantes comme Orléans, Blois et Tours ;

– sur les bassins côtiers bretons et vendéens, en cas d'épisodes océaniques à répétition (cf. crues de 1995 et 1999-2000) ou de submersions marines liées à une tempête (cf. Xynthia 2010).

Deux millions de personnes résident en permanence dans des zones potentiellement inondables (EPRI 2011), que ce soit par débordement de cours d'eau ou submersion marine (respectivement 1,7 et 0,3 millions). Une crue généralisée de la Loire similaire à celles de 1846, 1856 ou 1866 occasionnerait aujourd'hui un montant de dommages estimé à six milliards d'euros (Plan Loire grandeur nature). Sur le littoral, on ne rencontre pas de concentration d'enjeux en tant que telle, mais une vulnérabilité assez continue liée à l'implantation de constructions de plain-pied.

Topographie et occupation du sol

Le relief du district Loire-Bretagne est marqué par la présence de deux massifs anciens. Au sud-est, le Massif central est essentiellement composé de roches granitiques et métamorphiques. Il présente un profil fortement dissymétrique, incliné du sud-est (plus de 1 500 m d'altitude) vers le nord-ouest (300 à 400 m d'altitude). Des bassins d'effondrement et des chaînes volcaniques ponctuent son relief. Le Puy de Sancy, avec 1 886 m, en constitue le point haut. À l'ouest, le Massif armoricain, composé de schistes cristallins, de granite et de gneiss, fournit des reliefs plus modestes. Trois groupes de monts, à peine au-dessus des 400 m pour les plus élevés, constituent ses hauteurs : les Montagnes noires, les monts d'Arrée, le Mené et les collines normandes. La partie méridionale du Bassin parisien forme une vaste plaine d'origine sédimentaire, sans relief marqué qui rejoint le nord du Bassin aquitain.

Avec 1 012 km la Loire est le plus long fleuve entièrement compris dans le territoire français. Son bassin hydrographique de 117 800 km^2 s'étend du Massif central (Loire supérieure) au sud du Bassin parisien (Loire moyenne), et au sud-est du Massif armoricain (basse Loire). Le fleuve naît à 1 400 m d'altitude, sur le plateau ardéchois, près du mont Gerbier-De-Jonc, et se dirige d'abord vers le nord en raccordant par des gorges le bassin du Puy-en-Velay, la plaine du Forez et la plaine de Roanne. En sortant des reliefs, le fleuve s'élargit. Il traverse les plaines du Bourbonnais avant de rejoindre l'Allier en aval de Nevers, à une altitude de 167 m. Sa vallée prend alors une nouvelle ampleur et son cours dessine une vaste courbe vers l'ouest, sans affluent important. Orléans en constitue le sommet et Tours l'extrémité. À l'aval de cette agglomération, la Loire reçoit en rive gauche, les eaux du Cher, de l'Indre et de la Vienne. Puis, en rive droite, avant de pénétrer dans le Massif armoricain pour se diriger vers Nantes, elle reçoit les eaux de la Maine, réunion du Loir, de la Sarthe et de la Mayenne. Depuis le Bec d'Allier jusqu'en amont de Nantes, le fleuve est enserré par des digues (levées) construites pour se protéger des crues. En aval de Nantes, la Loire parcourt encore une quarantaine de km avant de se jeter dans l'océan Atlantique. Les dernières crues importantes de la Loire datent de septembre 1980, décembre 2003 et novembre 2008. Même si elles ont été marquées sur l'amont du bassin, elles restent des événements sans commune mesure avec les phénomènes survenus au milieu du XIX^e siècle, notamment en Loire moyenne.

Le réseau hydrographique des bassins côtiers bretons est constitué de petits cours d'eau (superficie inférieure à 1 000 km^2) marqués sur leur partie aval par l'influence

maritime, et celui des bassins côtiers vendéens est drainé en grande partie par le marais poitevin (6 250 sur 8 900 km²).

Les terres agricoles représentent 60 % de la surface du district. Les surfaces boisées sont bien inférieures à la moyenne nationale (27,5 %) en Bretagne et Loire aval, et de l'ordre de la moyenne ailleurs (sauf sur la partie amont de la Loire et de l'Allier : 35 à 45 %).

Typologie des inondations

Deux types principaux d'inondation se rencontrent sur le district Loire-Bretagne, associés ou non à des phénomènes aggravants. Les débordements de cours d'eau sont les événements les plus courants commandés par la double influence des perturbations d'origine océanique et méditerranéenne. Il s'agit pour une bonne part d'inondations de plaine à cinétique lente. On trouve néanmoins sur les têtes de bassin du Massif central, ou ponctuellement ailleurs à la faveur de violents orages et d'un relief propice, des phénomènes de crues rapides à caractère torrentiel. Les cumuls des pluies peuvent dépasser plusieurs dizaines de millimètres par heure. Les ruissellements consécutifs aggravent alors les débordements, voire constituent dans certains cas la source principale de l'inondation. Il en va de même ponctuellement pour les remontées de nappe. Enfin, la présence d'un important front littoral expose le district aux phénomènes de submersions marines associés en général à de fortes tempêtes.

Inondations par débordement de cours d'eau

Dans le district Loire-Bretagne, les inondations par débordement de cours d'eau trouvent leur genèse dans quatre grandes familles d'influence climatique, la **figure 3-2** illustre les deux premières.

Les crues océaniques

D'importance très variable, les crues océaniques affectent l'ensemble du district. Elles se produisent principalement pendant la période automne, hiver, printemps, provoquées par la succession des fronts pluvieux en provenance de l'océan Atlantique. Au fil des semaines, les cumuls pluviométriques peuvent être importants. La saturation progressive des sols induit une réactivité accrue des bassins lors des derniers épisodes pluvieux. Les reliefs jouent un rôle important dans la répartition des précipitations et leur cumul sur le territoire.

Les crues cévenoles

Elles présentent un caractère saisonnier marqué, de septembre à décembre. Ce sont les crues les plus brutales. Elles sont issues des épisodes dits cévenols qui se produisent au sud du Massif central et s'avancent parfois plus au nord. Elles affectent principalement les territoires de l'Allier, de la Loire amont et de la Loire moyenne. Ces épisodes sont la résultante des masses d'air chaud et humide proches du sol qui remontent depuis la Méditerranée par flux de sud - sud-est. Leur rencontre avec des masses d'air froid en altitude provoque de puissants systèmes orageux animés d'importants phénomènes de convection. Butant sur les premiers reliefs des Cévennes et du Massif central, et toujours alimentées en air chaud et humide par le sud, les cellules orageuses déversent des quantités d'eau considérables, tout en se réactivant (cumuls de l'ordre

de 200 à 600 mm en 48 heures). Les crues consécutives affectent principalement le haut bassin de l'Allier et de la Loire. Sans apport océanique, elles s'amortissent très rapidement. À la faveur d'un flux plus puissant, le dispositif peut s'avancer plus avant à l'intérieur du bassin et toucher à la fois l'Allier et la Loire. Les crues générées acquièrent alors suffisamment de puissance pour se propager plus en aval en Loire moyenne, comme ce fut le cas en 1907.

Les crues mixtes ou « cévenoles extensives »
Elles naissent de la conjonction, plus ou moins marquée, des orages cévenols et des pluies océaniques et se traduisent par une montée généralisée des eaux sur l'ensemble du district, accompagnée par des débits très importants sur les têtes de bassin Loire et Allier. Une succession défavorable d'épisodes océanique et cévenol peut induire des phénomènes de concomitance amont-aval très dommageables. Ces configurations ont été à l'origine au XIXe siècle des plus graves crues qu'ait connues le bassin de la Loire.

Les crues d'orage
Ces crues sont caractérisées par de fortes intensités de pluie sur de courtes durées, généralement inférieures à la journée. Associées à la formation des orages, elles sont géographiquement très localisées et ne concernent que des petits bassins versants. Leurs temps de concentration sont faibles (inférieurs à 12-24 heures). Ces phénomènes sont particulièrement nombreux sur les bassins côtiers de Bretagne et de Vendée.

Inondations par submersion marine

L'inondation par submersion marine se caractérise par l'intrusion des eaux marines par-dessus le cordon ou les protections littorales. Ces niveaux d'eau extrêmes sont généralement la résultante de la combinaison de la pleine mer (marée haute) et d'un phénomène de surcote (dépassement du niveau des eaux par rapport au niveau de la marée). La surcote est associée en général à une tempête qui génère une onde de tempête ou houle. La force du vent et l'importance du centre dépressionnaire contrôlent la genèse et le développement de cette surcote.

L'importance des événements de submersion dépend donc :
– du creusement de la dépression qui conditionne la surcote ;
– de la trajectoire de la dépression qui conditionne la direction des vents et de la houle, et donc des portions du littoral touchées selon leur exposition ;
– de l'importance des marées astronomiques qui conditionne le niveau initial de la mer ;
– de la concomitance ou non de la tempête avec la marée haute qui constitue un facteur aggravant de première importance.

Notons que les deux événements de submersion associés aux tempêtes Johanna de mars 2008 et Xynthia de février 2010, particulièrement dévastateurs en Bretagne et en Vendée, ne résultent pas des phénomènes atmosphériques les plus extrêmes observés sur ces territoires.

Ajoutons également que la puissance de la houle qui impacte le littoral peut être accentuée par la configuration de la côte : orientation par rapport au vent, profondeur et inclinaison du fond marin, rétrécissement créant un effet entonnoir.

L'intrusion d'eau de mer au-delà du cordon littoral et/ou des ouvrages de protection peut alors survenir de trois manières :
– par ouverture de brèches-rupture des ouvrages de protection littorale ou du cordon dunaire ;
– par débordement au-dessus des ouvrages de protection, le niveau de la mer ayant une cote supérieure à celle du sommet des ouvrages ;
– par franchissement dû au déferlement des vagues (effet de run-up) par-dessus les ouvrages, le niveau de la mer restant inférieur au niveau des ouvrages (également appelé franchissement par paquet de mer).

Inondations remarquables

Vingt-six inondations ont été retenues (tab. 3-1) du XVIIIe siècle à aujourd'hui pour illustrer la typologie des événements remarquables du district Loire-Bretagne et

Tableau 3-1. Inondations remarquables retenues pour le district et les UP « Loire-Bretagne »

Inondation	District	Allier et Loire amont	Basse Loire	Côtiers bretons	Côtiers vendéens	Loire moyenne
26-27 nov. 1770	●		●			●
17-18 août 1773				●		
Janv. 1789						●
Nov. 1790		●				
17 juillet 1835		●				
14 août 1837		●				
Oct. 1846	●	●				●
Mai-juin 1856	●	●	●			●
Sept.-oct. 1866	●	●	●			●
Janv. 1881				●		
26 oct. 1909					●	
Nov.-déc. 1910			●			
Hiver 1935-1936					●	
13-14 mars 1937					●	
15-16 juillet 1958						●
Oct.-nov. 1960			●		●	
Oct. 1966				●		
4 juil. 1973	●			●		
Fév. 1974				●		
21 sept. 1980	●	●				
Déc. 1982					●	
8-11 avril 1983					●	
Janv. 1995	●		●	●		
Nov. 2000- janv. 2001	●			●		
10 mars 2008				●		
27-28 fév. 2010	●				●	

N.B. Ce tableau ne rend pas compte de l'emprise géographique réelle des événements

souligner en même temps les spécificités de chacune des cinq unités hydrographiques composant ce territoire. C'est bien peu au regard des quelque 500 événements répertoriés lors de l'enquête documentaire réalisée en 2011. En tête de bassin, les phénomènes cévenols sont à l'origine des crues les plus violentes comme ce fut le cas en septembre 1980. Les épisodes nés de la double influence océanique et cévenole sont ceux qui, dans l'histoire, ont marqué le plus durement le territoire, comme ce fut le cas en 1846, 1856 et 1866. Force est de constater que depuis de tels phénomènes ne se sont jamais reproduits à cette échelle. Inversement, si Xynthia a marqué une prise de conscience en matière de vulnérabilité des littoraux face aux submersions marines, la connaissance historique de ces phénomènes reste à ce jour encore très partielle. À l'échelle du district, neuf événements ont été retenus **(fig. 3-3)**.

Crues des 26 et 27 novembre 1770 sur la basse Loire et la Loire moyenne

Les 26 et 27 novembre 1770, à la suite de pluies continues sur plus de 32 heures, le Cher, l'Indre, la Creuse, la Vienne, le Thouet, la Sèvre Nantaise et leurs affluents connaissent des crues remarquables. Partout les hauteurs d'eau dépassent les niveaux connus. De nombreux ouvrages sont emportés et on dénombre au moins 57 morts.

De nombreuses villes sont inondées :
– en basse Loire, le Clain inonde Poitiers, et la Vienne, Chauvigny. Sur le Thouet, Thouars, Parthenay, Saint-Loup et Saumur connaissent des inondations importantes. Sur la Sèvre Nantaise, le pont Rousseau au niveau de Nantes est emporté dans la nuit du 26 au 27 novembre ;
– en Loire moyenne, sur l'Indre, Richelieu, Cormery, Loches, Reignac, Veigné et Montbazon connaissent des inondations considérables. Sur la Sauldre, d'importants débordements ont lieu à Villeherviers et Romorantin.

Crues généralisées de la Loire d'octobre 1846, mai-juin 1856 et octobre 1866

La Loire moyenne a connu une série de crues très importantes au cours de la première moitié du XVIII^e^ siècle, puis une période d'accalmie propice à la naissance d'un faux sentiment de sécurité de la part des populations vivant dans le val et les villes ligériennes. Cent ans plus tard, les trois crues d'octobre 1846, mai-juin 1856 et octobre 1866 sont venues leur rappeler la dure réalité fluviale (tab. 3-2).

Crues de type mixte, c'est-à-dire avec pluies plus ou moins généralisées et orages diluviens sur les bassins amont, et à chaque fois l'un des phénomènes a prédominé sur l'autre :
– en octobre 1846 et 1866, les orages cévenols de grande ampleur génèrent l'onde de crue sur la Loire amont et l'Allier. Elle se propage à l'aval dans un contexte pluvieux océanique d'intensité moyenne. En deçà du Bec d'Allier, aucun autre affluent de la Loire n'est en crue ;
– la crue de mai-juin 1856 survient à la suite de plus d'un mois de pluies océaniques avec quelques crues sur la Loire début mai. À la fin du mois le niveau des cours d'eau est déjà très haut et les sols saturés. Dès lors, il a suffi d'un épisode cévenol d'intensité limitée en tête des bassins de l'Allier et de la Loire pour générer une onde de crue exceptionnelle, renforcée en aval du Bec d'Allier par tous les affluents de la rive gauche.

Tableau 3-2. Cotes (en m) atteintes en 1846, 1856 et 1866 sur la Loire et ses affluents

Unité	Cours d'eau	Lieu	1846	1856	1866
Allier et Loire amont		Langogne	4,5	3,06	6,9
	Allier	Vichy		3,91	4,05
		Moulins	5	5,62	5,2
	Dore	Pont-de-Dore	3,54		3,04
	Sioule	Saint-Pourçain			5,2
		Roanne	6,94	4,85	6
	Loire	Decize	7,5	6,47	7,04
		Nevers	6,33	6,13	6,36
	Aron			En crue	En crue
Loire moyenne		La Charité	5,9	5,99	6,05
		Gien	7,12	7,19	7,19
	Loire	Orléans	6,78	7,1	6,92
		Blois	6,6	6,78	6,7
		Tours	7,15	7,52	6,59
	Cher	Montrichard		5,55	
	Indre	Cormery		3,01	
Basse Loire		Saumur	6,01	7	6,88
	Loire	Les Ponts-de-Cé		5,57	5,6
		Nantes		5,94	5,63
	Creuse			4	

Aspects hydrométéorologiques

Octobre 1846

À partir du 10 octobre 1846, une perturbation atlantique touche une bonne partie du bassin de la Loire. Elle génère des pluies continues durant plusieurs jours sur toute la Loire moyenne et la Loire supérieure. Le service des ponts et chaussées du Puy-de-Dôme mentionne des « trombes d'eau sur huit jours ». Le soir du 15 octobre survient un fort épisode d'orage cévenol sur les massifs en tête de bassin qui se prolonge jusque dans la matinée du 18 octobre.

Les inondations sont exceptionnelles sur tout le bassin de la Loire à l'exception de sa partie aval :

– Allier et Loire amont. L'Allier en crue déborde largement et dépasse les niveaux de 1790 à l'amont. La Dore et la Durolle sont également en crue. Sur la section supérieure de la Loire, les affluents comme le Furan et le Lignon apportent leur contribution. À Andrézieux, Roanne et Nevers, le fleuve déborde ;

– Loire moyenne. Le village du Bec d'Allier est submergé. La Charité, Herry, Cosne, Sancerre connaissent de graves inondations. La plupart des vals sont inondés jusqu'à

Orléans, et même si la crue s'étale par la suite, le niveau reste élevé jusqu'à Saumur. Au-delà, les dommages sont limités.

Mai-juin 1856

Les pluies continues et parfois importantes sur l'ensemble du bassin de la Loire, engendrent des crues dès le début du mois de mai 1856. Le 13 on relève des inondations entre le Bec d'Allier et Orléans, mais pour l'instant aucune concomitance critique. La situation se poursuit ainsi jusqu'à la fin du mois. Les 28 et 29 mai un épisode cévenol frappe le haut du bassin. « Depuis trente-six heures, il pleut à torrent », nous rappelle un témoin du village d'Andrézieux (Champion, 1858). Les maximums de l'Allier et de la Loire se combinent au Bec d'Allier. L'onde extraordinaire ainsi formée se nourrit jusqu'à Nantes des apports des différents affluents eux-mêmes en crue. Les débits sont de l'ordre de 7 500 m^3/s à la confluence du Bec d'Allier et 6 000 m^3/s à Tours.

Septembre-octobre 1866

Après un été déjà très humide, le mois de septembre 1866 est particulièrement arrosé. À partir du 23, les cours d'eau à l'amont des bassins de la Loire et de l'Allier entrent en crue. Le 24, de violents orages associés à de fortes précipitations éclatent en tête de bassin. Les pluies soutenues durent plus de 48 heures On relève des cumuls de 160 à 180 mm sur le département de la Haute-Loire au cours de l'épisode. Les maxima de l'Allier et de la Loire sont concomitants et génèrent une crue remarquable. À La Charité-sur-Loire, on relève 7 m (Saint-Cerre), à Gien 7,19 m et le débit est estimé à 7 200 m^3/s. La crue atteint le niveau de 1856. Plus en aval, les hauteurs sont moindres mais restent très élevées : 6,90 m à Orléans, 6,70 m à Blois, 6,60 m à Tours, 6,88 m à Saumur, 5,60 m aux Ponts-de-Cé et à Nantes. Heureusement en Loire moyenne et basse Loire, les affluents ne connaissent pas d'épisodes de même ampleur. L'onde de crue s'amortit.

Comparaison et dégâts engendrés

Selon l'ingénieur général des ponts et chaussées Comoy, la crue d'octobre 1846 a été plus forte que celle de juin 1856 dans la partie supérieure de la Loire, mais elle s'est écoulée plus vite. À Briare, leurs niveaux sont équivalents. Plus en aval, ceux de la crue de 1856 restent plus élevés. Les deux événements mettent à mal les digues en causant de nombreuses brèches. Mais alors qu'en 1846 les destructions ne concernent pas l'aval de la confluence du Cher, en 1856 la crue rompt tous les ouvrages sans exception, du Bec d'Allier à Nantes.

L'événement de 1856 (fig. 3-4), bien documenté, constitue aujourd'hui la crue de référence en Loire moyenne. Selon Comoy, sans les ruptures d'ouvrages, l'eau aurait atteint une hauteur de 9 m au-dessus de l'étiage. Le plus remarquable dans cet épisode est bien la combinaison défavorable à l'échelle du district des différents phénomènes intervenus simultanément dans chaque sous-bassin. Cette synchronisation fatale est à l'origine de l'onde de crue catastrophique qui a balayé les bords de Loire du Puy-en-Velay à Nantes.

Sur l'Allier et la Loire amont, la crue de 1866 fut sans conteste plus forte que celle de 1856. Sa brièveté explique aussi la nature différente des impacts entre les deux événements. L'épisode de 1866 rappelle davantage celui de 1846, avec toutefois des hauteurs d'eau inférieures, sauf à Nevers.

Figure 3-4. Illustration d'époque de la crue du 3 juin 1856 à Orléans. Source : musée de la marine de Loire

Orage du 4 juillet 1973 à Saint-Brieuc

Un orage violent en fin d'après-midi du 4 juillet 1973 touche le secteur de Saint-Brieuc. Les cumuls de précipitation sur 4 heures atteignent 124 mm sur la commune de Bréhand. Les bas quartiers de la ville de Saint-Brieuc sont particulièrement touchés : une coulée boueuse emporte une quarantaine de voitures, et une personne décède en essayant de retenir sa voiture. Les communes de Langueux, Plérin, Lamballe et Belle-Isle-en-Terre sont touchées. On dénombre deux victimes et une dizaine de blessés.

Crue cévenole du 21 septembre 1980 sur la Loire amont et l'Allier

L'épisode cévenol de septembre 1980 est particulièrement intense et dévastateur sur les hauts bassins de la Loire et de l'Allier. En moins de 20 heures les cumuls pluviométriques **(fig. 3-5)** dépassent 400 mm. La Loire réagit violemment. En sept heures, le 21 septembre, elle s'élève de 6 m à Brives-Charensac, passant de la cote 0,70 m à 6,70 m entre 8 heures et 15 heures. La vitesse de montée atteint 6 cm par minute. Les débits sont remarquables en amont et s'atténuent rapidement en aval : 2 000 m^3/s à Brives-Charensac (882 km^2), 3 300 m^3/s à Bas-en-Basset (3 234 km^2), 1 800 m^3/s à Villerest (6 585 km^2), seulement 930 m^3/s à Gien (35 500 km^2). On dénombre huit victimes et une trentaine de blessés. Les dommages sont estimés à 450 millions de francs (valeur 1980, source www.prim.net).

Crue de janvier 1995 sur la Bretagne

Après un automne et un début d'hiver particulièrement humide, le nord-ouest de la France subit, à partir du 17 janvier 1995, le passage de deux fronts pluvieux océaniques qui génèrent des cumuls exceptionnels. En Bretagne, on relève jusqu'à 300 mm de précipitations entre le 19 et le 30 janvier **(fig. 3-6)**. Sur le bassin de la Maine, ils sont tous supérieurs à 100 mm, voire à 200 mm pour les secteurs amont.

En Bretagne, le premier front pluvieux engendre des crues sur les bassins du sud et de l'ouest : Vilaine, Oust, Blavet, Laïta. Le deuxième épisode est plus intense sur l'ouest

de la région. Le Blavet et la Laïta sont de nouveau en crue ainsi que tous les bassins du Finistère. Les dégâts les plus importants surviennent dans les estuaires : Quimper, Quimperlé, Châteaulin, Redon.

Sur le bassin de la Maine, l'Oudon, la Mayenne et l'Huisne connaissent des crues importantes. Elles sont moins marquées sur la Sarthe et le Loir. Les surfaces inondées sont importantes, notamment à Angers.

Crues de novembre 2000 à janvier 2001 sur la Bretagne

De la mi-septembre 2000 à la fin de janvier 2001, un cortège de perturbations océaniques traverse la Bretagne et génère, en quatre mois et demi, l'équivalent pluviométrique d'une année moyenne. Il s'ensuit une série de quatre crues remarquables tant par leur ampleur géographique que par leurs débits.

Les inondations de la mi-novembre 2000 en Ille-et-Vilaine

Les cumuls de précipitations pour le mois d'octobre 2000 en Bretagne correspondent à deux fois la moyenne mensuelle. La séquence pluvieuse des 11 et 12 novembre (cumuls respectifs de 40 et de 60 mm) génère les premières crues sur les bassins nord-est de la région (T = 20 ans). À Rennes, la crue de l'Ille (T = 100 ans) inonde la ville.

Inondations de la mi-décembre 2000

Un nouvel épisode se produit les 11 et 12 décembre **(fig. 3-7)**. Les pluies s'abattent cette fois sur l'ouest de la Bretagne avec des cumuls sur 30 heures compris entre 80 et 110 mm. Sur les bassins de l'Odet et de la Laïta les débits enregistrés ont une période de retour estimée à 100 ans. Elles sont comprises entre 20 et 50 ans sur l'Aulne, le Jarlot, la Scorff et la Blavet, un peu moindre encore sur le bassin de la Vilaine. Les agglomérations de fond d'estuaire (Quimperlé, Pont-Aven, Quimper, Châteaulin, Landerneau, Morlaix) affrontent au même moment des marées de grande amplitude (coefficient de 99), ce qui les rend doublement vulnérables.

Inondations du 1er au 15 janvier 2001

Après dix jours d'accalmie, de nouvelles précipitations généralisées touchent la Bretagne entre le 31 décembre et le 5 janvier. Les cumuls atteignent 200 mm en certains endroits **(fig. 3-8)**. L'ensemble des cours d'eau bretons est en crue. Ceux du Finistère connaissent deux pointes de crue de forte intensité le 1er et le 5 janvier 2001. Même inférieurs à ceux enregistrés en décembre, les débits restent très importants. En Morbihan, les crues surviennent entre le 5 janvier matin et le 6 au soir. Les périodes de retour dépassent ici les 20 ans et atteignent régulièrement les 50 ans, voire 100 ans sur l'Arz à Morlac. Même chronologie, avec des amplitudes un peu moindres dans les Côtes-d'Armor où les périodes de retour sont comprises entre 10 et 20 ans, jusqu'à 50 ans sur l'Arguenon. En Ille-et-Vilaine, les débits sont plus élevés que ceux enregistrés les mois précédents. En aval de Rennes, les crues relevées sur les affluents sont toutes de période de retour supérieure à 20 ans et dépassent parfois 50 ans. À Redon, la combinaison des crues de l'Oust et de la Vilaine s'est traduite par de nombreux dommages aux habitations et aux entreprises implantées dans la zone d'activité.

Inondations du 24 au 28 janvier 2001

À partir du 24 janvier, un flux d'ouest-sud-ouest particulièrement actif génère des épisodes pluvieux d'intensité moyenne pendant près de 48 heures. Les rivières entrent

de nouveau en crue jusqu'au 28 janvier. Près de 120 habitations sont inondées sur le bassin de la Vilaine.

Aucun décès n'est à déplorer pendant ces inondations de l'hiver 2000-2001, mais 1 500 personnes sont évacuées dont une centaine relogée par les pouvoirs publics. À l'époque, sur l'ensemble, les pertes matérielles et économiques sont évaluées à plus d'un milliard de francs : 430 millions de francs pour les particuliers, 290 pour les entreprises, 35 pour l'agriculture, 290 pour les collectivités et l'État.

Tempête Xynthia et submersions marines des 27 et 28 février 2010

En un peu plus de dix ans, le littoral français a connu des tempêtes remarquables : Lothar le 25 décembre 1999 (vent à 173 km/h à Paris), Martin le 26 décembre 1999 (vent à 198 km/h sur l'île d'Oléron), Johanna le 10 mars 2008 (150 km/h sur la pointe du Finistère), Klaus les 23 et 25 janvier 2009 (170 km/h sur les côtes atlantiques). À chaque fois elles sont accompagnées de submersions marines.

Le scénario se répète avec Xynthia les 27 et 28 février 2010. La dépression, formée sur l'Atlantique au niveau du tropique du Cancer, évolue en tempête et remonte en direction des côtes européennes. Avec 140 km/h en pointe sur le littoral les rafales sont moins soutenues qu'en 1999. L'événement génère néanmoins des submersions exceptionnelles sur les côtes vendéennes et en Charente-Maritime. Cette intensité tient à la conjonction de plusieurs facteurs : une surcote marine importante (+ 1,5 m à La Rochelle), liée à la chute de pression atmosphérique ; une forte houle attisée par le vent (vagues de six à sept mètres) ; un niveau de mer très élevé du fait à la fois des grandes marées d'équinoxe (coefficient de 102 sur 120) et du passage de la tempête à l'heure de la pleine mer.

L'élévation du niveau de la mer et la puissance des vagues provoquent une très importante érosion des cordons dunaires. Plus de 200 km de digues littorales sont endommagés. L'eau pénètre à l'intérieur des terres et inonde plus de 50 000 hectares. Dans certains secteurs, comme à La Faute-sur-Mer, la montée des eaux est très rapide avec des hauteurs de submersion dépassant les deux mètres.

Le bilan est très lourd. Les submersions marines causent la mort de 47 personnes, dont 29 pour les communes vendéennes de La Faute-sur-Mer et L'Aiguillon, et 12 dans le département de Charente-Maritime. Les pertes matérielles sont évaluées par le ministère de l'Écologie en juin 2010 à 2,5 milliards d'euros : dégâts aux infrastructures (voirie, ponts, lignes de chemin de fer, réseaux d'assainissement ou d'adduction d'eau, stations d'épuration), dégâts à des milliers de bâtiments, impact sur les activités économiques (cultures d'hiver et de printemps, prairies, production de sel, pêche, conchyliculture, ostréiculture, élevage caprin et ovin).

Les inondations à l'échelle des unités de présentation

Unité Allier et Loire amont

Réseau Hydrographique

Ce sous-bassin d'une superficie de 32 000 km^2 est drainé par la Loire et l'Allier, leur confluence en marque l'extrémité aval. Les inondations sont avant tout dues au débordement de ces cours d'eau ou de leurs affluents.

L'Allier parcourt 425 km de ses sources au Moure de la Gardille (Lozère) à sa confluence avec la Loire, soit un dénivelé de plus de 1 250 mètres. Il est alimenté par un bassin versant de 14 300 km^2. Comme la Loire, il débute sa course sur le plateau ardéchois où des orages cévenols particulièrement violents sont susceptibles de générer des crues intenses de type torrentiel. Le régime hydrographique peut aussi être soumis à l'influence nivale. À partir de Brioude, le paysage de l'Allier s'apparente de plus en plus à de la plaine. Les crues y sont atténuées. Ses principaux affluents sont l'Alagnon, rivière de montagne rapide, puis les Couze, la Dore et la Sioule (rivières de gorges). Le bassin de l'Allier est principalement soumis aux influences atlantiques (venant de l'ouest) et cévenoles (remontées de la Méditerranée). Nombre de crues remarquables sont issues d'un régime mixte associant à des degrés variés l'une et l'autre influence.

Sur la Loire, au sud de Roanne, le caractère montagneux, la nature granitique et métamorphique des sols conjuguée avec les influences climatiques cévenoles peuvent générer des crues très rapides, voire torrentielles. Au nord de Roanne, après avoir traversé une zone de transition, le fleuve adopte un régime de plaine. Ses principaux affluents sont le Lignon, l'Ance, l'Arroux, l'Aron, et la Nièvre.

Au sein de cette unité, les villes de Roanne, Digoin, Decize, Nevers, Vichy et Moulins sont munies d'un système d'endiguement plus ou moins développé pour se protéger des crues. Depuis 1985, un ouvrage écrêteur de crues a été mis en service sur la Loire à Villerest, en amont de Roanne. Si les villes de Roanne et Nevers en bénéficient directement, le barrage de Villerest a été construit pour accroître le niveau de protection en Loire moyenne, en complément du dispositif d'endiguement existant. Lors de crues exceptionnelles, cet ouvrage, d'une capacité de stockage maximale de 235 millions de m^3, pourrait diminuer le débit à l'entrée de la Loire moyenne de 1 000 m^3/s dans les configurations les plus favorables, et de l'ordre de 500 à 700 m^3/s pour des événements similaires à ceux du XIX^e siècle.

Typologie des inondations

Les crues « cévenoles »
Ce sont les crues les plus brutales. Elles sont dues aux précipitations qui accompagnent les orages cévenols venant de Méditerranée et s'étendant sur le haut bassin de l'Allier et de la Loire. Sans apport océanique, elles s'amortissent très rapidement. Mais parfois, comme en 1907, si le front orageux remonte à l'intérieur du bassin et touche à la fois l'Allier et la Loire, les crues acquièrent suffisamment de puissance pour se propager en Loire moyenne.

Les crues océaniques
Elles ont lieu surtout en hiver et au printemps, provoquées par des fronts pluvieux atlantiques. D'importance très variable, ces crues affectent l'ensemble de l'unité. Les reliefs, notamment ceux du Morvan, jouent ici un rôle important dans la répartition des précipitations et leur cumul.

Les crues mixtes
Elles naissent de la conjonction, plus ou moins marquée, d'une crue cévenole et d'une crue océanique. Elles se traduisent par une montée généralisée des eaux sur l'ensemble du secteur, accompagnée par des débits très importants de la Loire, de l'Allier et de leurs affluents.

Inondations remarquables

Sept événements remarquables **(fig. 3-9)** ont été sélectionnés selon différents critères associant à la fois le régime hydroclimatique et les impacts. Les crues d'orages ponctuels peuvent être très destructrices (juillet 1835 sur la Tiretaine à Chamalières, ou août 1837 sur le Furan à Saint-Étienne), de même que les orages d'origine cévenole (septembre 1980). Les phénomènes généralisés de type océanique affectent l'ensemble du secteur (novembre 1790). Les épisodes les plus remarquables associent les deux influences, comme ce fut le cas à des degrés divers en octobre 1846, mai-juin 1856 et octobre 1866.

Crue nivale de novembre 1790 sur l'Allier et la Loire amont

Des précipitations soutenues touchent presque l'ensemble du territoire français en ce début novembre 1790. Elles s'accompagnent sur le bassin supérieur de la Loire d'une augmentation des températures qui entraîne la fonte d'une neige tombée en abondance sur les montagnes d'Auvergne.

La Loire et ses affluents connaissent à cette occasion une crue remarquable : « […] Tous les cours d'eau tributaires de la Loire, dans sa partie supérieure, grossirent d'une manière extraordinaire » (Champion, 1858). Les eaux atteignent la cote 6,24 m à Roanne et 6,3 m à Decize et à Nevers. L'Allier, fortement alimenté par ses affluents, en particulier la Dore, connaît l'une de ses plus fortes crues. On relève 5,85 m à Pont-du-Château, 4,86 m à Vichy, 6,49 m à Moulins dans la nuit du 11 au 12 novembre, et 4,68 m sur la Dore à Pont-de-Dore. En aval du Bec d'Allier, la crue générée par la rencontre des deux maximums se fait sentir jusqu'à Tours, avec 6,52 m à Gien, 6 m à Orléans et 6,65 m à Tours. Elle s'amortit ensuite.

Les dégâts sont conséquents. À Nevers, la Loire dépasse la levée Sermoise et inonde les quartiers bas, cinq arches du pont sont emportées. Sur l'Allier, Moulins est tout particulièrement touchée. La crue arrivée subitement dans la nuit du 11 au 12 inonde toute la ville basse. On y enregistre jusqu'à trois mètres d'eau. Au total, 654 maisons sont envahies par les eaux. Vichy connaît également quelques inondations où l'eau reste 16 jours.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique accompagné d'une hausse des températures entraînant une importante fusion nivale	• Sur la Loire : Nevers • Sur l'Allier : Moulins, Vichy	• Ponts endommagés et nombreuses habitations inondées

Orage du 17 juillet 1835 dans le secteur de Clermont-Ferrand

L'événement de 1835 reste aujourd'hui encore mal connu. Le 17 juillet, à la suite d'un violent orage sur l'est de la chaîne des Puys, la Tiretaine (16 km) entre subitement en crue. Les localités de Royat, Chamalières et Riom (aujourd'hui intégrées à l'agglomération de Clermont-Ferrand) sont fortement affectées. Outre d'importants

dommages aux ouvrages de défense établis au passage des bourgs (canalisation), l'inondation entraîne la mort de 11 personnes.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage	• Royat, Chamalières, Riom	• 11 morts • Importants dégâts matériels

Orage du 14 août 1837 dans le secteur de Saint-Étienne

Comme pour l'épisode précédent, cet événement demeure peu documenté à ce jour. Le 14 août 1837, le Furan (ou Furens) entre en crue, sans doute à la suite d'une pluie torrentielle d'origine orageuse. Les eaux gagnent la ville de Saint-Étienne où la rivière est canalisée et en partie couverte. Les nombreux embâcles et débris bouchent les arches des ponts et l'entrée des parties souterraines provoquant une subite inondation, aggravée par une deuxième onde de crue.

On dénombre une vingtaine de morts à Saint-Étienne et d'importants dégâts.

« Bientôt aussi les débris entraînés s'arrêtèrent devant les arches des ponts et causèrent l'inondation instantanée, la submersion immédiate de la ville. Depuis la Badouillère et en suivant par la place Royale, la rue de la Comédie, la place de l'Hôtel-de-Ville, la rue Gérentet, la place Marengo, la ville offrait l'aspect d'une vaste rivière ou d'une cité construite sur l'eau. À peine les eaux commençaient-elles à s'écouler, qu'une recrudescence de la crue se fit sentir ; la pluie recommença à 8 heures et demie avec une nouvelle violence, et l'inondation arriva plus furieuse, chassant devant elle des flots plus rapides et plus nombreux que la première fois. Bien des rues qui n'avaient pas été submergées furent envahies par ce torrent. Les eaux grossirent sans cesse jusqu'à minuit passé. » (*Le Moniteur*, 22 août 1837)

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage	• Saint-Étienne	• Inondation du centre-ville, une vingtaine de morts

Crue généralisée d'octobre 1846 sur l'Allier et la Loire amont

Dès janvier 1846, des crues conjointes de l'Allier et de la Loire avaient déjà par endroit dépassé les niveaux de 1790. À l'amont d'Andrézieux, la Loire entre en crue à partir du 16 octobre. Son débit augmente jusqu'au 17 au soir où il atteint son maximum. La décrue s'amorce ensuite jusqu'au lundi 19 octobre au matin. À Roanne la crue atteint son maximum dans la nuit du 17 au 18 octobre avec 6,94 m à l'échelle du pont du Coteau (plus haute cote relevée à Roanne). À Nevers, la Loire submerge les levées dans la nuit du 18 au 19 octobre. On relève 6,33 m au pont de la route Royale

soit le niveau de 1790. D'autres observateurs indiquent un dépassement de ce niveau de + 0,4 m. Dans le bassin de l'Allier les affluents réagissent les premiers. La Dore et la Durolle connaissent des crues soudaines dans la nuit du 17 au 18 octobre. On relève 3,54 m au Pont-de-Dore. La crue de l'Allier prend de l'ampleur dans la nuit du 18 au 19 octobre sans atteindre toutefois le niveau de 1790. On relève tout de même 5,20 m à Moulins et 8,50 m à Brioude.

Sur la Loire, les ponts de Retournac, Bas, Saint-Just, Andrézieux, Feurs et Balbigny sont emportés. À Saint-Étienne, le Furan inonde la ville. À Andrézieux, 15 à 18 maisons sont détruites, et la voie de chemin de fer est coupée. À Roanne, la crue survient brutalement et fait rompre la toute récente digue sur 300 m. La submersion de la ville entraîne de très nombreux dégâts : 112 maisons détruites et 200 endommagées. Les eaux atteignent l'hôtel de ville, un pont est détruit. À Nevers, l'ouverture de nombreuses brèches dans les levées inonde un tiers de la cité. Le courant moins puissant qu'à Roanne est aussi moins destructeur.

L'Allier déborde largement : « L'Allier s'étend dans la plaine sur une largeur de 3 à 4 kilomètres, entraînant avec une effrayante rapidité mille débris de toute nature » (Champion, 1858). À Pont-du-Château, Créchy, Chazeuil, Dompierre et Vichy les ponts sont détruits totalement ou en partie, de nombreuses habitations sont également emportées. Dans le département de la Nièvre, la crue provoque la destruction de 3,6 km de levées (25 brèches).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et cévenol extensif à prédominance cévenole	• Saint-Étienne, Roanne, Nevers • Bassin de l'Allier	• Nombreux ponts emportés • Maisons détruites à Andrézieux, Roanne • Inondations à Nevers suite à des brèches dans les levées

Crue généralisée de mai-juin 1856 sur l'Allier et la Loire amont

La crue de mai-juin 1856 est souvent citée comme la crue de référence sur la Loire. De fait, même si elle n'atteint pas les niveaux des événements de 1846 et 1866 sur la Loire amont et l'Allier, elle engendre de sérieux dégâts. L'événement survient une quinzaine de jours seulement après une première série de submersions courant mai (Moulins, Roanne, Nevers).

Le 28 et 29 mai un épisode de précipitations intenses s'abat sur le sud du bassin : « Depuis trente-six heures, il pleut à torrents » note un témoin (Champion, 1858). Sur l'Allier, la crue débute le 31 mai en fin de journée. Le 1er juin à 12 heures, elle dépasse les niveaux de 1846 et atteint la cote 5,62 m à Moulins (pont de Régemortes) pour un débit estimé à 3 500 m^3/s. C'est ici l'événement le plus remarquable depuis 1790. Sur la Loire amont, les affluents du Morvan et du Bourbonnais sont les principaux contributeurs. On relève 6,47 m à Decize (écluse rive gauche), et 6,13 m à Nevers pour un débit de 4 000 m^3/s.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et cévenol extensif à prédominance océanique • Concomitance des crues de l'Allier et de la Loire	• Loire amont (Morvan, Bourbonnais) et Allier (Moulins)	• Dégâts sérieux le long de la Loire et de l'Allier

Crue généralisée de septembre-octobre 1866 sur l'Allier et la Loire amont

Comparable à la crue de 1846, l'événement de 1866 est particulièrement remarquable sur l'Allier et la Loire amont. Le bassin de l'Allier connaît une crue similaire en 1875.

À Vichy, l'Allier atteint la cote 4,05 m (plus haute eau connue) pour un débit estimé à 3 700 m^3/s. À Moulins, le débit est équivalent pour une cote de 5,20 m. La Sioule atteint la cote 3,50 m à Ébreuil et 5,20 m à Saint-Pourçain, et la Dore 3 m au Pont-de-Dore. Sur la Loire, l'Aron déborde à Decize alors que la Loire est au même moment à 7 m à l'écluse rive gauche. Le 27 septembre, la Loire atteint 6,36 m à Nevers (plus haute cote connue), pour un débit estimé à 4 500 m^3/s.

Sur l'Allier, les ponts de Vichy et Chazeuil sont détruits. Tous les bourgs sont touchés, routes et chemins de fer sont coupés. La Loire cause des pertes très importantes à Andrézieux. À Roanne, la levée principale se rompt et submerge la ville. À Decize, le débordement conjoint de l'Aron et de la Loire provoque de nombreux dégâts. À Nevers, les levées cèdent sur plusieurs centaines de mètres, mais n'entraînent pas d'inondations majeures dans la ville même. La levée de Sermoise est percée sur 100 m et inonde le val Saint-Antoine jusqu'à Plagny. Le canal latéral de la Loire est endommagé.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et cévenol extensif à prédominance cévenole	• Bassin de l'Allier, toute la Loire amont	• Nombreux ponts détruits ou endommagés • Multiples villes et bourgs inondés • Rupture de la levée à Roanne

Crue cévenole du 21 septembre 1980 sur la Loire amont et l'Allier

Mi-septembre 1980, une dépression froide, installée sur le golfe de Gascogne et alimentée par un courant d'air froid polaire, génère une remontée d'air chaud et humide depuis la Méditerranée. Leur rencontre induit des cellules orageuses intenses sur les reliefs cévenols avec des cumuls de pluie très importants sur l'amont des bassins de la Loire et de l'Allier. Du 20 septembre à 22 heures au 21 septembre à 16 heures, on enregistre jusqu'à 518 mm à Lanarce. Le gradient est très marqué vers l'aval où l'on ne relève plus que 123 mm pour la même période à Langogne, et environ 50 mm sur le reste du bassin.

La Loire réagit violemment. En sept heures, le 21 septembre, elle s'élève de 6 m à Brives-Charensac (fig. 3-10), passant de la cote 0,70 m à 6,70 m entre 8 heures et 15 heures. La vitesse de montée atteint 6 cm par minute. Les débits sont remarquables en amont et s'atténuent rapidement en aval suite notamment à la rupture de la digue de Nervieux dans la plaine du Forez : 2 000 m^3/s à Brives-Charensac (882 km^2), 3 300 m^3/s à Bas-en-Basset (3 234 km^2), 1 800 m^3/s à Villerest (6 585 km^2), seulement 930 m^3/s à Gien (35 500 km^2).

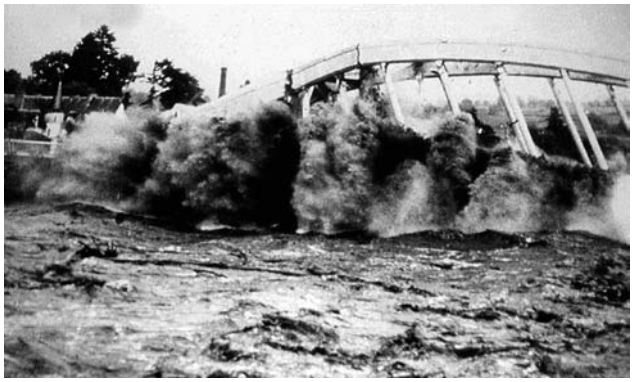


Figure 3-10. Crue de la Loire du 21 septembre 1980 : effondrement du pont de Coubon en amont de Brives-Charensac. Source : R. Gallien

L'Allier est en crue à partir du 21 septembre. On relève 8,5 m à 13 heures à Langogne, 6,5 m à Monistrol pour un débit estimé à 1 400 m^3/s. La crue s'amortit ensuite rapidement faute d'un apport suffisant des affluents (Alagnon, Sioule, Dore). Au Veurdre la cote est de 1,50 m pour 350 m^3/s.

Le bilan humain est dramatique sur la Loire avec huit morts et une trentaine de blessés. Sur l'Allier, 200 maisons sont inondées dans la commune de Brassac. Les dégâts matériels sont partout conséquents : entreprises au chômage technique et dégâts agricoles. Au total, les pertes sont estimées à 356 millions de francs (biens particuliers : 54 MF ; industries : 175 MF ; commerces : 20 MF ; artisans : 24 MF ; agriculteurs : 3 MF ; équipements publics : 53 MF ; lignes électriques : 27 MF).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol	• Loire amont et Allier amont	• 8 morts, une trentaine de blessés, 356 MF de dégâts

Unité basse Loire

Réseau hydrographique

L'arrivée des eaux de la Vienne en Loire marque le début du bassin de la basse Loire. Sur ce sous-bassin de près de 56 000 km^2, après cet apport, la Loire ne recevra plus

en rive gauche que des affluents secondaires comme le Thouet et la Sèvre Nantaise. En aval de la Vienne, l'apport le plus important viendra de la rive droite avec les eaux de la Maine. La Loire pénètre alors dans le socle du Massif armoricain, où une trentaine de kilomètres en amont de Nantes l'influence maritime commence à se faire ressentir. En aval de Nantes, l'estuaire est marqué. La Loire occupe une vaste dépression enclavée entre le sillon de Bretagne et le coteau de Saint-Père-en-Retz. La configuration des courants est complexe et elle contraint les chenaux du lit à divaguer entre les deux rives de l'estuaire. Après une quarantaine de kilomètres, le fleuve rejoint l'océan Atlantique.

La Vienne s'écoule sur 372 km dans un bassin de 21 000 km^2. Elle prend sa source dans les contreforts du Massif central, à 885 m d'altitude. À sa sortie du Massif central, la Vienne oblique au nord. Elle devient alors une rivière de plaine et reçoit les eaux du Clain en amont de Châtellerault. Après cette agglomération, elle est rejointe par la Creuse, rivière d'une importance comparable dont les eaux sont grossies par la Gartempe. Le cours aval de la Vienne s'infléchit ensuite vers le nord-ouest pour aller confluer avec la Loire, en amont de Saumur.

La Maine est une rivière sans source. Son cours de 12 km naît de la jonction de la Mayenne et de son principal affluent l'Oudon, de la Sarthe et de son principal affluent l'Huisne, et du Loir. Son bassin d'une superficie de 22 000 km^2 repose, pour la partie la plus à l'est, sur les terrains sédimentaires du sud du Bassin parisien. L'autre partie, la plus importante, repose quant à elle sur les roches cristallines du socle du Massif armoricain. L'amont du bassin de l'Huisne est équipé d'un barrage (Margon) assurant une fonction d'écrêtement de crue.

Jusqu'à Nantes, des digues situées le long de la Loire protègent encore les vals contre les inondations. Le val d'Authion se détache par l'importance de la population protégée et sa longueur.

Typologie des inondations

Le territoire est principalement soumis aux inondations par débordement de cours d'eau, éventuellement couplées à des marées dans l'estuaire de la Loire. Leur influence peut se faire sentir jusqu'au niveau d'Ancenis. Le risque de submersion marine est également présent.

Débordements de cours d'eau

Les débordements de cours d'eau sont essentiellement dus aux crues des rivières du bassin de la Vienne et du bassin de la Maine ainsi qu'aux crues de la Loire, provenant de la Loire moyenne, ou encore une combinaison de ces différents phénomènes. Les bassins de la Sèvre Nantaise et du Thouet peuvent eux aussi réagir. En général, les crues y sont assez rapides. En 1983, un événement d'une période de retour supérieure à 100 ans a ainsi touché la Sèvre Nantaise aval et la Moine.

Les crues de la Vienne et de ses affluents sont rapides, voire torrentielles, comme ce fut le cas en octobre 1960 sur la Creuse. À sa sortie du Massif central, la Vienne devient une rivière de plaine avec des temps de montée plus atténués. Sur le bassin de la Maine, la plupart des crues sont enregistrées durant l'hiver et le printemps.

Sur la Loire même, en dehors des crues de débâcle qui sont toujours possibles, les phénomènes de concomitance peuvent aggraver localement les débordements. Les maxima sont alimentés par les apports de la Vienne, qui peuvent dépasser les 2 500 m^3/s, ou de la Loire moyenne, ou des deux à la fois. Ainsi, une crue exceptionnelle au Bec d'Allier peut garder un caractère dangereux en basse Loire suite aux apports du Cher et de la Vienne. Les crues importantes de la Maine, très étalées dans le temps, peuvent aussi occasionnellement se cumuler avec celles de la Loire.

À Nantes, on soulignera qu'à l'occasion d'un événement du type de celui de 1856, l'onde de crue se propageant jusqu'à Nantes pourrait ne plus bénéficier de l'écrêtement offert historiquement par la mise en eau des vals (val d'Authion en particulier). Les débits pourraient alors être très supérieurs à ceux enregistrés à l'époque. En même temps, l'enfoncement du lit de la Loire, suite aux extractions de granulats sur ce secteur au cours de la seconde moitié du XX^{e} siècle, a entraîné un abaissement des lignes d'eau. Ainsi, avec un débit comparable, la crue de 1982 est passée à Nantes sous le niveau de la crue de décembre 1910.

Submersions marines

Enfin, de l'estuaire jusqu'à Nantes, le marnage des grandes marées et les surcotes marines enregistrées lors du passage des dépressions influencent aussi le niveau des crues et rendent complexe l'analyse des phénomènes. À ce titre, lors du passage de la tempête Xynthia (2010), la surcote marine observée s'est propagée dans l'estuaire de la Loire sans atténuation jusqu'à l'agglomération nantaise. Sans crue importante de la Loire, elle fut pourtant à l'origine des plus hautes eaux connues dans ce secteur de l'estuaire.

Inondations remarquables

Six événements remarquables ont été retenus **(fig. 3-11)** selon divers critères pour illustrer cette typologie : l'intensité ou la période de retour (novembre 1770 constitue toujours une référence sur la Vienne ou la Creuse), l'extension spatiale (phénomènes généralisés comme en 1856 et 1866, ou localisés à un bassin comme en octobre 1960 sur la Creuse), le régime hydroclimatique (océanique strict en novembre-décembre 1910 et janvier 1995, méditerranéen en 1960, ou régime mixte en 1856 et 1866).

Crues des 26 et 27 novembre 1770 sur la basse Loire

Les pluies des 26 et 27 novembre 1770 engendrent des crues sur le Cher, l'Indre, la Creuse, la Vienne, le Thouet, la Sèvre Nantaise et leurs affluents. Partout les crues atteignent des hauteurs record.

Poitiers est inondée par le Clain (graves dommages mais non documentés pour l'instant) et la Vienne inonde Chauvigny. Sur le Thouet, les communes de Thouars, Parthenay, Saint-Loup et Saumur connaissent des inondations importantes. Ainsi, les 26 et 27 novembre, la montée rapide du Thouet inonde le faubourg Nantilly à Saumur. Le 28, le phénomène s'intensifie : la Loire, gonflée par l'Indre, le Cher, la Creuse et la Vienne, reflue dans le Thouet et submerge une grande partie de Saumur. Les habitants sont évacués vers les campagnes. Dans la nuit du 26 au 27 novembre, la Sèvre Nantaise emporte le pont Rousseau de Nantes.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Pluies continues sur 32 heures	• Sur le Thouet : Saumur, Saint-Loup, Parthenay et Thouars • Sur le Clain : Poitiers • Sur la Vienne : Chauvigny	• Saumur est à moitié détruite

Crue généralisée de mai-juin 1856 sur la basse Loire

Cette crue était l'événement de référence sur la basse Loire jusqu'à la crue de décembre 1910. Elle se singularise toutefois par sa durée, son étendue et le rôle joué par les affluents.

À Saumur, le Thouet refoulé par la Loire menace, mais la rupture des digues du val d'Authion préserve finalement la ville, la Loire atteint néanmoins la cote de sept mètres. L'inondation du val d'Authion illustre bien la réalité de la situation : l'eau s'étend sur 74 km de Bourgueil, Beaufort, à Mazé. La Maine n'est pas en crue mais, refoulée par la Loire, elle déborde à Angers. On relève 5,57 m aux Ponts-de-Cé. À Nantes la cote atteint 5,94 m au pont de la Bourse.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et cévenol extensif à prédominance océanique	• Val d'Authion	• Rupture des digues, les eaux s'étendent de Bourgueil à Mazé • La Maine déborde à Angers

Crue généralisée de septembre-octobre 1866 sur la basse Loire

Similaire à la crue de 1846, l'évènement est particulièrement important sur la Loire supérieure, mais engendre bien moins de ruptures de levées que les deux événements de 1846 et 1856. La crue qui n'est plus alimentée s'amortit vers l'aval et perd peu à peu de sa puissance. Elle s'est néanmoins propagée en basse Loire avec des hauteurs conséquentes. On relève 6,8 m à Saumur, 5,6 m aux Ponts-de-Cé et à Nantes. Elle ouvre deux brèches entre Angers et Saumur. Le val d'Authion est inondé mais la lenteur de l'écoulement entraîne des dommages limités.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et cévenol extensif à prédominance cévenole	• Val d'Authion	• Brèches entre Angers et Saumur

Crues de novembre-décembre 1910 sur la basse Loire

L'année 1910 a été particulièrement humide. Les pluies de janvier, février et mars occasionnent une première montée des eaux de la Loire. La crue atteint 5,62 m à Nantes, mais reste sans conséquence significative. L'événement des mois de novembre et décembre est beaucoup plus important. L'ensemble du bassin de la Loire est touché par une forte perturbation océanique. Les pluies ne cessent quasiment pas du 10 novembre au 20 décembre. On relève du 10 au 30 novembre, 81 mm sur la Loire supérieure et l'Allier, 86 mm sur la Maine, 129 mm sur le Cher, 104 mm sur l'Indre, 151 mm sur la Vienne et la Creuse.

Les débits sont modestes sur la Loire supérieure et la Loire moyenne. On relève 4,12 m à Digoin et 3,69 m à Orléans. Selon Babinet :

« c'est donc l'action des affluents d'aval, à partir du Cher inclus, qui a déterminé depuis Langeais l'importance des niveaux de la Loire, compte tenu naturellement, le cas échéant, des coïncidences plus ou moins heureuses des maxima et à Nantes de l'action de la marée ».

On relève ainsi sur le Cher 3,05 m à Noyers-sur-Cher, sur l'Indre 2,50 m à Châteauroux et 2,29 m à Cormery, et sur la Vienne 6,83 m à Nouâtre. La Loire atteint la cote de 6,4 m à Saumur pour un débit estimé à 5 300 m^3/s, 5,68 m le 30 novembre aux Ponts-de-Cé (plus haute cote connue), et 6,14 m au pont de la Bourse à Nantes.

Les débordements ont lieu principalement en aval de la confluence avec la Maine. Toutes les levées sont submergées, inondant successivement le val Saint-Georges (1 400 ha), le val de Montjean (1 400 ha également), le val de Varades et Anetz (950 ha), le val de la Divatte (2 650 ha), et le val d'Embreil (700 ha). La voie ferrée Tours-Nantes est coupée. On signale la destruction de nombreux ouvrages sans en préciser ni le nombre ni la nature. Les dégâts sont estimés entre 15 et 20 millions de francs-or (estimation faite sur la même base que pour les crues de 1846, 1856, 1866).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• Aval de la confluence avec la Maine : val Saint-Georges, val de Montjean, val de Varades, val de la Divatte, val d'Embreil	• Toutes les levées submergées en aval des Ponts-de-Cé, 7 100 ha inondés, ligne ferroviaire coupée, 15 à 20 millions de francs-or de dégâts

Crue des 3 et 4 octobre 1960 sur la Creuse et la Vienne

Le nord-ouest du Massif central reçoit des pluies intenses à partir du début du mois d'octobre 1960. Du 3 au 5 octobre, les cumuls sur deux jours dépassent les 100 mm dans les départements de l'Allier, de la Haute-Loire, de la Creuse, de la Corrèze et de la Haute-Vienne. On relève jusqu'à 200 mm à Faux-la-Montagne (205 mm) et à Saint-Merd-les-Oussines (211 mm) sur le plateau de Millevaches. Les sols arrivent rapidement à saturation. La Creuse, la Vienne et la plupart des rivières entrent en crue.

La Creuse connaît une crue brutale. Des inondations sans précédent ont lieu à Aubusson. La totalité du centre-ville est sous les eaux. On relève 2,75 m à l'hôtel de France. Le débit atteint 406 m³/s à Aubusson, en aval de la confluence du Fôt, soit une valeur bien supérieure à la crue centennale, estimée à 167 m³/s. À Argenton, la Creuse atteint 7 m pour un débit de 690 m³/s (T = 120 ans) et 4,70 m au Blanc. La Gartempe et la Vienne sont également en crue, avec 2,60 m à Saint-Priest-Taurion et 600 m³/s à la station de Palais-sur-Vienne (6 km en amont de Limoges).

Au total, sept départements sont affectés. Les événements causent la mort de 12 personnes et plusieurs maisons se sont effondrées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen	• Sur la Creuse : Aubusson principalement	• 12 décès, plusieurs maisons effondrées

Crue de janvier 1995 sur la basse Loire

Deux fronts pluvieux traversent l'ouest de la France au cours du mois de janvier 1995. La région Bretagne est fortement impactée ainsi que le bassin de la Maine. L'année 1994 avait déjà été très humide avec des cumuls annuels partout au moins supérieurs de 30 % à la moyenne et jusqu'à 70 % sur le sud-ouest du bassin. Pour le seul mois de décembre les cumuls ont varié de 55 à 174 mm. C'est dans ce contexte que surviennent les épisodes de janvier 1995. Du 19 au 30 janvier, en 11 jours, il tombe entre 150 et 200 mm du sud au nord des départements de la Mayenne et de la Sarthe : 203 mm à Lassay et 204 mm à Pré-en-Pail.

La succession des épisodes pluvieux génère des crues sur tous les sous-bassins de la Maine. L'Oudon atteint 253 m³/s à Andigné (T = 40 ans). La Mayenne atteint la cote 2,20 m à Laval pour un débit de 520 m³/s, et 2,40 m à Château-Gontier. La crue de l'Huisne se caractérise par une montée rapide du débit, puis un pic important et long. On relève la cote 2,45 m pendant cinq jours à Nogent-le-Rotrou pour un débit de 110 m³/s (T = 90 ans). La Sarthe et ses affluents (l'Hoëne, le Merdereau, l'Orne saônoise, le Berdin, la Vègre, l'Erve, la Vaige, la Taude) sont également en crue. Le 23 janvier 1995, la Sarthe atteint 2,20 m à Alençon et 3,30 m au Mans, en aval de la confluence de l'Huisne. La crue s'amortit ensuite. Au total, elle aura duré en moyenne 10 jours en amont du bassin et 15 en aval.

Le bassin du Loir est le moins arrosé, mais la crue est tout de même importante. Elle dure entre 10 et 15 jours. Son affluent principal, la Braye, y contribue pour beaucoup. On relève 294 m³/s à Port-Gautier un peu en aval de la confluence et 454 m³/s (T = 50 ans) à Durtal. À Angers, la Maine atteint 7,04 m au pont de la Haute-Chaîne et 6,69 m au pont de Verdun.

Les zones de débordement les plus importantes se situent sur :
– l'Oudon à Segré ;
– la Mayenne à Chailland, Laval, Mayenne et Château-Gontier ;
– l'Huisne à Rémalard, Le Theil et La Ferté-Bernard ;

– la Sarthe à Alençon, Le Mans et Cheffes ;
– le Loir à La Flèche et Vendôme ;
– la Maine à Angers.

Le bilan est lourd : 130 communes déclarées sinistrées, 3 000 habitations inondées, 959 personnes évacuées. On ne déplore heureusement aucun décès. Les secours sont intervenus 6 959 fois. 33 routes ont été coupées. D'un point de vue environnemental, on recense 79 cas de pollutions par hydrocarbures.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• 130 communes en Mayenne, Sarthe et Maine-et-Loire	• 3 000 habitations inondées, 959 personnes évacuées, 33 routes coupées

Unité côtiers bretons

Réseau hydrographique

La Bretagne est une péninsule bordée par la Manche au nord, la mer d'Iroise à l'ouest et l'Atlantique au sud. Sur le socle granitique du Massif armoricain, l'eau ruisselle sur un bassin de 29 700 km^2 et crée un chevelu très dense d'environ 30 000 km qui alimente les cours d'eau côtiers bretons. La région est divisée par une ligne de reliefs qui part des monts d'Arrée et des montagnes Noires à l'ouest, pour se diriger vers l'est. Au nord de cette ligne qui culmine entre 200 et 400 m, le Couesnon (800 km^2), la Rance (810 km^2), le Trieux (880 km^2) constituent les bassins les plus importants. L'Arguenon, le Gouessant, le Jaudy, le Léguer, la Rivière de Morlaix, la Penfeld et l'Elorn drainent des bassins versants plus modestes, avant de se jeter dans la Manche et la mer d'Iroise pour les deux derniers. Bassins parallèles, ils sont tous orientés sud-nord à l'exception du dernier. Entre les monts d'Arrée et les montagnes Noires, l'Aulne (1 800 km^2) inscrit son cours orienté est-ouest. Les bassins versants méridionaux sont quant à eux, plus importants qu'au nord. Ils sont drainés principalement par l'Odet (720 km^2), la Laïta (980 km^2), le Blavet (2 570 km^2) et la Vilaine (10 500 km^2).

Le bassin de la Vilaine représente à lui seul plus du tiers de la superficie du sous-bassin des côtiers bretons. Ce fleuve côtier de 230 km prend sa source à une altitude de 190 mètres. Sur ses 40 premiers kilomètres, la pente est de 2 m/km, puis elle se réduit rapidement à 0,4 m/km pour être pratiquement nulle au barrage d'Arzal. Après cet ouvrage construit à la fin des années 1960 pour bloquer la remontée de la marée, la Vilaine parcourt encore huit kilomètres et se jette dans l'océan Atlantique, à 30 km au nord de l'estuaire de la Loire. Les principaux affluents de la Vilaine sont l'Oust, une rivière de 137 km qui prend sa source à 240 mètres d'altitude et rejoint le fleuve en aval de Redon, et l'Ille, une rivière de 47 km. L'amont du bassin de la Vilaine est équipé de trois barrages (Valière, Haute-Vilaine, Cantache) assurant à la fois une fonction de soutien d'étiage et d'écrêtement de crue.

La Vilaine dans son cours principal, ainsi que ses deux affluents principaux, l'Oust et l'Ille, sont des cours d'eau historiquement très artificialisés. La construction de moulins, la mise en navigabilité, un programme de grands travaux hydrauliques sont autant d'aménagements qui ont modifié leur cours sur une grande partie de leur linéaire.

Globalement de taille modeste à petite, ces fleuves côtiers sont marqués par une influence maritime forte qui se fait ressentir souvent loin en amont, aboutissant à des estuaires profonds (appelés ria ou aven dans le Sud et aber dans le Nord-Ouest). Au fond de ces estuaires, à la limite de la remontée des marées, se situent des villes de taille importante à moyenne : Dinan sur la Rance, Lannion sur le Léguer, Morlaix sur la Rivière de Morlaix, Landerneau sur l'Elorn, Châteaulin sur l'Aulne, Quimper sur l'Odet, Quimperlé sur la Laïta, et Redon sur la Vilaine.

Le littoral de la Bretagne représente un tiers des côtes françaises. Il offre une variété remarquable de paysages et une exceptionnelle diversité biologique. Très découpé, il présente une myriade de zones basses déconnectées les unes des autres. Leur typologie est variée : dépressions localisées au sein de la côte rocheuse (géologie plus tendre, débouché des petits ruisseaux) ; zones littorales humides protégées à l'arrière d'un cordon dunaire ; estuaires soumis à l'intrusion de la mer au gré des marées ; polders gagnés sur la mer et protégés par des digues et parfois aussi par des cordons dunaires ; minces bandes terrestres au pied des reliefs (souvent des ports) ; côtes rocheuses basses.

La côte est parfois artificialisée. De multiples ouvrages et digues ont été réalisés sur le trait de côte pour gagner des terrains sur la mer (polder) ou se protéger de l'érosion côtière ou de la submersion marine. Les digues les plus importantes sont celles de Saint-Malo et du marais de Dol. De nombreuses îles au relief plus au moins marqué jalonnent le paysage : Bréhat, l'archipel des Sept-Îles, Batz, Ouessant, Molène, Sein, l'archipel de Glénan, Groix, Belle-Île, Houât, Hoedic, etc.

Typologie des inondations

Le réseau hydrographique relativement dense et sa situation péninsulaire exposent principalement l'unité « côtiers bretons » à deux types d'inondation : les débordements de cours d'eau et les submersions marines. En raison du climat, les rivières bretonnes connaissent essentiellement des crues d'hiver ou de printemps. Les épisodes pluviométriques déclencheurs sont systématiquement précédés d'une période de plusieurs dizaines de jours à pluviométrie soutenue. Elle contribue à saturer les sols en eau, et explique les forts ruissellements lors de la survenue de l'épisode déclencheur.

Les cours d'eaux bretons ne sont pas ou très rarement endigués. Aussi n'y a-t-il que peu de traces d'inondations brutales liées à des ruptures de digues. Néanmoins, on note historiquement des décès liés à des ruptures de barrages.

Les inondations par débordement de cours d'eau peuvent être aggravées au niveau des estuaires par la concomitance avec des phénomènes de submersions marines. Ainsi, à Morlaix, Landerneau, Châteaulin, Quimper et Quimperlé, des crues fluviales modérées peuvent générer des inondations en cas de fortes marées accompagnées de surcotes. En cas de crues marquées, les phénomènes sont amplifiés.

Inondations remarquables

Huit événements ont été retenus **(fig. 3-12)** selon différents critères : le type et le régime hydroclimatique, avec rupture de barrages en août 1773, débordement de la Vilaine avec fonte nivale en janvier 1881 et submersion marine en mars 2008 ; l'intensité ou période de retour, comme en octobre 1966 sur la Vilaine ; l'extension spatiale, soit ponctuelle pour l'orage de juillet 1973, soit généralisée lors des épisodes de février 1974, de janvier 1995 et de décembre 2000-janvier 2001.

Orage des 17 et 18 août 1773 sur les Côtes-d'Armor

Un orage d'une intensité et d'une durée exceptionnelles s'abat les 17 et 18 août 1773 sur toutes les Côtes-d'Armor et une partie du Morbihan. Les précipitations débutent dans la nuit du 17 août et ne s'achèvent que 18 heures plus tard, dans l'après-midi du 18 août. Les bassins du Leff et du Gouët connaissent des crues rapides importantes. Leurs cours aménagés depuis longtemps alimentent des étangs artificiels, dont trois sur le lit supérieur du Leff : Bois, Mihidy et la Chapelle, dont les superficies varient entre 1,75 et 2 hectares.

Le 18 août, le Leff entre en crue, « les eaux sont grandes comme en hiver » rappelle un témoin (Trévédy, 1773). Sous l'affluence des eaux, la chaussée du premier étang rompt et génère une onde de crue qui, à son tour, vient rompre successivement les seuils des deux autres étangs. La vague se propage sur plus d'une douzaine de kilomètres emportant tout sur son passage, ponts, moulins et habitations. À Châtelaudren, les vannes de l'étang sont relevées afin d'éviter la surverse. Peine perdue, la retenue cède à son tour dans la nuit du 18 août et déverse en quelques minutes des masses d'eau dans la petite ville. De nombreuses habitations sont submergées ou détruites. On relève près de trois mètres d'eau dans la cité. Le sinistre cause la mort de 36 personnes.

Sur le Gouët, la ville de Quintin connaît un sort similaire. La digue de l'étang cède et génère un flot puissant qui tue 15 personnes. Tous les ponts sont emportés jusqu'à l'estuaire. La Binic cause également d'importants dégâts (deux ponts détruits).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage entraînant la rupture en série de plusieurs barrages	• Le Leff, le Gouët, la Binic • Villes de Châtelaudren et Quintin	• Environ 50 victimes, nombreux ponts et habitations complètement détruits

Crue nivale de janvier 1881 sur le bassin de la Vilaine

Cette crue est considérée comme la plus grande crue du XIXe siècle et parmi les plus importantes sur le bassin versant de la Vilaine. Elle survient alors que tout le département est couvert de neige. L'élévation brutale de la température accompagnée d'un épisode de pluie « tiède » entraîne une fusion nivale qui vient se joindre aux précipitations. La Vilaine et ses affluents entrent en crue instantanément.

À Rennes, la crue de la Vilaine est concomitante avec celle de l'Ille. Les débits de pointe sont estimés à l'époque à 200 m^3/s pour la Vilaine et 80 m^3/s pour l'Ille. On relève 3,14 m à la station de Rennes Cabinet-Vert aval, et 2,30 m au Comte aval.

Le centre-ville est inondé ainsi que les quartiers de la Chapelle-Boby et du Bourg-l'Evêque. Deux maisons s'effondrent et trois sont partiellement détruites. Aucune perte humaine n'est à déplorer.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique suivi d'un phénomène de fonte rapide du manteau neigeux lié à une élévation brutale des températures	• Totalité du bassin de la Vilaine	• Pas de victimes • À Rennes deux maisons effondrées et trois partiellement détruites • Renseignements parcellaires sur les dégâts

Crue de la Vilaine d'octobre 1966

C'est l'une des crues majeures sur la Vilaine amont et de ses affluents rive gauche. Les pluies débutent le 28 septembre et durent un mois. Du 28 septembre au 25 octobre, on relève des cumuls de 200 à 300 mm entre Vitré et Redon. Du 23 au 25 octobre un épisode plus intense est à l'origine du pic. On enregistre 90 mm à Vitré sur le haut du bassin, 65 mm à Rennes et 117 mm à Redon.

La Vilaine est en crue les 25 et 26 octobre avec des hauteurs exceptionnelles sur l'amont du bassin. Les débordements concernent principalement les communes de Vitré, Châteaubourg, Rennes et Noyal-Châtillon-sur-Seiche : 2,70 m de 8 heures à 16 heures le 25 octobre à Vitré (échelle Bas-Pont) ; 3,47 m de 18 h 30 à minuit à Châteaubourg et 3,60 m à Rennes le 26 au Cabinet-Vert ; 2,59 m le même jour au Comte aval, entre 9 heures et 12 heures. En aval, la crue s'amortit pour revenir à des niveaux inférieurs à la crue de référence de janvier 1936.

À Rennes **(fig. 3-13),** les quartiers de Saint-Hélier, de l'Abattoir, et de Chapelle-Boby sont submergés à partir du 25 octobre. On procède à de nombreuses évacuations ainsi que dans la plupart des communes touchées. À Vitré, la situation de l'hôpital est critique. Le transfert des malades s'opère dans des conditions difficiles. Les captages d'eau potable sont touchés, et la consommation d'eau est réglementée par arrêté préfectoral.

Suite à la crue, d'importants travaux sont engagés sur la Vilaine dans la traversée de l'agglomération rennaise : rescindement et élargissement du lit, suppression du barrage-écluse de Joué en amont de la ville et du barrage du Cabinet-Vert en centre-ville (approfondissement du seuil et remplacement des anciennes vannes par une plus grande), curage et approfondissement du lit de 0,50 m dans la traversée.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• Amont du bassin de la Vilaine, communes de Vitré, Châteaubourg, Rennes et Noyal-Châtillon-sur-Seiche	• Pas de victimes, de nombreuses évacuations • Dégâts estimés à 10 MF sur l'Ille-et-Vilaine (valeur 1974)

Orage du 4 juillet 1973 à Saint-Brieuc

Le 4 juillet 1973, un violent orage frappe les Côtes-d'Armor dans la région de Saint-Brieuc. Les cumuls de précipitations **(fig. 3-14)** sur quatre heures atteignent 30 à 50 mm en moyenne sur le département et localement entre 83 (Plaintel) et 124 mm (Bréhand). Le Gouët entre instantanément en crue et inonde Saint-Brieuc. On observe également des coulées boueuses à l'origine d'importants dégâts. Les communes de Langueux, Plérin, Lamballe et Belle-Isle-en-Terre sont touchées. On dénombre au total deux morts et une dizaine de blessés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage	• Saint-Brieuc, Langueux, Plérin, Lamballe et Belle-Isle-en-Terre	• 2 morts, une dizaine de blessés, nombreux dégâts sur les voies de communication et véhicules

Crues de février 1974 en Bretagne

En ce mois de janvier 1974, les perturbations océaniques s'enchaînent sans discontinuer sur la Bretagne. Les cumuls de pluie **(fig. 3-15)** sont particulièrement importants sur l'ouest de la région où la moyenne mensuelle est dépassée de 1,5 à 2 fois. Le 10 février, une remontée d'air chaud tropical vient butter sur une nouvelle perturbation atlantique plus fraîche. Le front génère des précipitations très importantes. On relève jusqu'à 90 mm en deux jours sur les monts d'Arrée et les montagnes Noires. Même scénario à partir du 14 février, alors qu'une zone d'air froid s'est installée sur l'ouest de la France. On enregistre de nouveau jusqu'à 80 mm les 14 et 15 février sur les montagnes Noires.

La plupart des bassins côtiers bretons entrent en crue. Dans les Côtes-d'Armor, les inondations les plus importantes ont lieu le 11 février. On relève 69,5 m^3/s sur le Léguer à Belle-Isle-en-Terre, entre 70 et 85 m^3/s (cote 3,30 m) sur le Trieux à Guingamp, 65 m^3/s sur l'Arguenon à Plancoët pour une cote de 7,90 m, la plus haute jamais enregistrée. Les communes les plus touchées sont : Guingamp, Châtelaudren, Gouarec, Binic, Belle-Isle-en-Terre, Plancoët, Jugon-les-Lacs, Saint-André-des-Eaux, Pontrieux, et Yffiniac.

En Finistère, toute une série de cours d'eau connaissent des crues exceptionnelles : la Rivière de Morlaix, l'Aulne, l'Odet et le Steïr, l'Ellé et l'Isole. À Morlaix, la crue s'amorce le 10 février vers 22 heures pour atteindre son maximum le 11 à 9 heures avec une forte influence de la marée. La place des Otages est submergée sous deux mètres d'eau. La cote de 5 m est atteinte à l'échelle des Trois-Chênes. C'est la plus forte crue connue à ce jour. À Châteaulin, l'Aulne, en crue du 13 au 15 février, atteint la cote 1,33 m pour un débit estimé à 420 m^3/s. De nombreux quartiers et industries sont touchés. Plus au sud, sur les bassins de l'Odet, du Steïr et de la Laïta (Ellé et Isole), les maximums sont atteints le 15 suite au second épisode pluvieux. À Quimper, l'Odet atteint 110 m^3/s et le Steïr 75 m^3/s soit une période de retour de 50 ans environ. Le centre-ville de Quimper est sous 1,50 m d'eau. La zone industrielle est plus particulièrement

affectée. À Quimperlé, la crue du 11 février, renforcée par les fortes marées, entraîne des coupures de routes et touche également les industries. Le 15 février la crue reprend vers 6 heures et atteint son maximum à 11 heures, on relève la cote 4,40 m au quai Brizeux. Les crues de l'Ellé et de l'Isole à Quimperlé sont concomitantes avec respectivement 114 et 119 m³/s. La décrue s'amorce vers 16 heures.

En Morbihan, le Blavet atteint 215 m³/s le 11 février au barrage de Guerlédan, et 250 m³/s à Pontivy. La partie basse de la ville est inondée sous près d'un mètre d'eau.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique dans un contexte de tempête (vent fort)	• La quasi-totalité des bassins versants côtiers des Côtes-d'Armor (11 communes), du Finistère (au moins 4 communes) et du Morbihan (au moins 2 communes)	• Un marinier noyé à Nantes • Dégâts sur l'Aulne : 550 000 F • Dégâts sur le Blavet : 300 000 F • Dégâts industriels sur la Laïta : 780 000 F (valeur 1974, liste partielle)

Crue de janvier 1995 sur la Bretagne

Un premier épisode pluvieux survient sur les côtiers bretons entre le 17 et le 22 janvier. En cinq jours, on enregistre des cumuls compris entre 50 mm à l'est de l'Ille-et-Vilaine et 200 mm au centre du Morbihan. À l'exception du nord du département des Côtes-d'Armor et de l'Ille-et-Vilaine, les stations ont enregistré plus de 100 mm et dans de nombreux cas plus de 150 mm. Certains cumuls journaliers sont particulièrement intenses. On relève 70 mm le 19 janvier à Rennes.

Un deuxième épisode a lieu du 23 au 28 janvier avec des cumuls de pluie compris entre 60 à 90 mm, principalement sur le Morbihan, le sud-est du Finistère et les Côtes-d'Armor. L'événement est particulièrement remarquable tant par sa durée (dix jours), que par son emprise géographique (les trois quarts de la Bretagne), et l'intensité des pluies. On a relevé en dix jours l'équivalent de quatre mois de pluviométrie moyenne, avec des pointes de 405 mm en dix jours à Brennilis, 70 mm en un jour à Rennes. La période de retour des pluies est de 100 ans à Rennes et Rostrenen, et comprise entre 50 et 100 ans à Brest.

Les rivières sont en crue dès le 20 janvier au matin sur l'amont des bassins. La Vilaine, l'Oust, le Blavet et la Laïta sont particulièrement concernés. La gravité des inondations est amplifiée à l'aval par les effets de la marée (coefficients de 81 et 84 à Vannes) qui freinent l'évacuation des eaux. Les maximums sont atteints les 22 et 23 janvier. À Quimperlé, sur la Laïta, on relève 4,60 m au quai Brizeux. À Redon, la Vilaine atteint la cote 5,35 m, et l'Oust 5,62 m. Après une légère accalmie le 24 janvier, la crue reprend le 25. La Laïta, le Blavet retrouvent des niveaux comparables à l'épisode précédent, alors que le Scorff, l'Odet, l'Aulne, la Rivière de Morlaix, le Léguer et le Trieux subissent des crues plus importantes encore. On enregistre 2,88 m à Pont-Kerlo sur le Scorff, 4,54 m à Pont-Coblant à Châteaulin sur l'Aulne,

1,81 m à Morlaix aux Trois-Chênes, 4,53 m à Guingamp sur le Trieux. À Quimper, l'Odet écoule jusqu'à 127 m³/s, le Léguer 79 m³/s à Belle-Isle-en-Terre, et l'Arguenon 66 m³/s à Plancoët. Le retour à la normale s'opère à partir du 29 et 30 janvier.

Le bilan humain est de quatre morts par noyade. Les débordements atteignent quelques dizaines de centimètres et ont affecté Pont-Aven, Landerneau, Morlaix, Guingamp, Minihy-Tréguier. Les dégâts les plus importants sont situés près des estuaires. Logements, usines, commerces, équipements publics (hôpital de Pontivy), voies de communication sont affectés. Des quartiers entiers sont inondés à Quimper, Quimperlé, Châteaulin, et Redon. Les dégâts s'élèvent à 210 millions de francs pour la région, environ 70 millions pour chacun des trois départements les plus touchés (Ille-et-Vilaine, Morbihan et Finistère) et 10 millions pour les Côtes-d'Armor. Les dommages aux entreprises sont chiffrés à 16 millions de francs dans les Côtes-d'Armor et 12,4 millions en Ille-et-Vilaine.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts (valeur 1995)
• Régime océanique couplé à des phénomènes de marée	• Pont-Aven, Landerneau, Morlaix, Guingamp, Minihy-Tréguier, Quimper, Quimperlé, Châteaulin, et Redon	• 4 morts par noyade • Dommages aux infrastructures publiques (210 MF), usines et commerces (28,5 MF)

Crues de novembre 2000 à janvier 2001 sur la Bretagne

Au cours de l'hiver 2000-2001, un vaste système dépressionnaire couplé à un courant d'ouest d'altitude s'installe en Atlantique nord générant des pluviométries intenses en certains endroits et déficitaires en d'autres. La Bretagne connaît une succession d'épisodes pluvieux quasi ininterrompue du 18 septembre 2000 à la fin janvier 2001. C'est l'hiver le plus humide qu'ait connu la région depuis l'enregistrement continu des données, avec des cumuls sur six mois égaux ou supérieurs à la pluviométrie annuelle moyenne (entre 740 et 1 300 mm) :

– octobre 2000, le cumul pluviométrique est équivalent à deux fois la moyenne climatologique ;

– novembre 2000, des records de pluie sont battus avec 210 à 310 mm entre Landivisiau et La Mothe-Achard ;

– décembre 2000, la première quinzaine du mois est particulièrement arrosée. Il tombe plus de 200 mm sur la majeure partie du Morbihan et du Finistère ainsi qu'une partie de l'Ille-et-Vilaine. Les 11 et 12 décembre sont marqués par de fortes pluies en conjonction avec des coefficients de marée élevés (jusqu'à 100). Après une accalmie, on observe un retour des pluies le 31 avec des cumuls de 40 à 60 mm sur l'ouest ;

– janvier 2001, un nouvel épisode de pluies intenses survient les 3 et 4. Le cumul des pluies entre le 31 décembre et le 5 janvier est compris entre 100 et 200 mm sur la majeure partie du Morbihan, le sud-est du Finistère, le sud des Côtes-d'Armor et le sud-ouest de l'Ille-et-Vilaine.

Cette situation génère plusieurs épisodes d'inondations.

12 et 13 novembre 2000

Les bassins nord-est de la région connaissent des crues marquées (T = 20 ans) dès les 12 et 13 novembre. Les débits sont déjà importants sur le Couesnon et les affluents de la Vilaine (l'Illet, le Meu et l'Aff). L'Ille inonde Rennes avec un débit proche de la crue centennale.

12 et 13 décembre 2000

Entre le 11 et le 12 décembre au soir, de très fortes pluies s'abattent sur l'ouest de la Bretagne (de 80 à 110 mm en 30 heures). Elles coïncident avec des marées de grande amplitude (coefficients de 99-100), et des surcotes induites par les vents de sud-ouest. Cet effet combiné des marées et des crues fluviales rend très vulnérables les agglomérations implantées en fond d'estuaire : Quimperlé, Pont-Aven, Quimper, Châteaulin, Landerneau, Morlaix. À Quimper on relève 3,89 m sur l'Odet. À Quimperlé, la cote record de 5,43 m est atteinte sur la Laïta (T = 100 ans), et sur l'Ellé, son affluent principal, on mesure 250 m^3/s (T = 100 ans). À Morlaix, le Queffleuth atteint 50 m^3/s (T = 100 ans), l'Aulne la cote 4,04 m à Châteauneuf, 3,17 m à Châteaulin pour un débit estimé à 435 m^3/s. Sur l'Aulne, le Jarlot, le Scorff et le Blavet, les crues correspondent à des périodes de retour comprises entre 20 et 50 ans, un peu moins sur le bassin de la Vilaine.

1er au 7 janvier 2001

De nouvelles précipitations généralisées touchent la Bretagne du 31 décembre 2000 au 5 janvier 2001. Les cumuls atteignent jusqu'à 200 mm. Tous les cours d'eau bretons entrent en crue. Dans le Finistère, les débits sont très importants même s'ils restent inférieurs à ceux enregistrés en décembre. En Morbihan, les périodes de retour dépassent les 20 ans et atteignent régulièrement les 50 ans, voire 100 ans sur l'Arz à Morlac. Dans les Côtes-d'Armor, elles sont comprises entre 10 et 20 ans, jusqu'à 50 ans sur l'Arguenon. En Ille-et-Vilaine, les débits s'avèrent généralement plus élevés que ceux enregistrés en novembre et décembre. À Rennes, la Vilaine atteint 2,53 m (Compte). En aval de Rennes, les crues de l'ensemble des affluents ont des périodes de retour toutes supérieures à 20 ans et dépassent pour certaines 50 ans. À Redon, la Vilaine atteint la cote 5,34 m et l'Oust 5,62 m. Les débordements causent de nombreux dommages aux habitations et aux entreprises implantées dans la zone d'activité.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique couplé à des phénomènes de marée	• Châteaulin, Landerneau, Morlaix, Morlac, Pont-Aven, Quimper, Quimperlé, Redon, Rennes	• Aucune victime, 1 193 personnes évacuées, 2 600 habitations inondées • Total des dommages : 1 043 MF (biens aux particuliers : 430 MF ; entreprises : 289 MF ; agriculture : 34 MF ; communes : 86 MF ; départements : 135 MF ; État : 69 MF) (étude BCEOM estimation haute)

Les inondations de l'hiver 2000-2001 resteront marquantes avant tout par leur durée exceptionnelle. Aucune victime n'est à déplorer mais 1 193 personnes ont été évacuées sur la région, et plus de 2 600 habitations inondées.

Tempête Johanna et submersions marines du 10 mars 2008

Début mars 2008, une forte dépression se forme au large de l'Atlantique et se déplace lentement le long du 55e parallèle nord. Le 10 mars 2008 à 6 heures, le centre dépressionnaire de la tempête Johanna est au sud de l'Irlande. La dépression est particulièrement importante avec un gradient de 44 hPa entre Bordeaux et l'île de Dursey (Irlande du Sud). Un tel gradient n'a été enregistré que deux fois depuis 1960 sur ce type de situation dépressionnaire. De forts vents orientés sud-ouest affectent la façade sud et ouest de la Bretagne. La tempête poursuit son déplacement vers l'est. Le centre dépressionnaire se décale sur la côte est de l'Angleterre, et génère un flux de nord-ouest qui touche la côte nord de la Bretagne. Le système dépressionnaire est amplifié et alimenté par un fort courant d'altitude orienté ouest (courant-jet). On relève des vents jusqu'à 150 km/h pendant près de 12 heures sur la pointe du Finistère. Par ailleurs, les coefficients de marée, appuyés par une puissante houle d'ouest, sont très élevés (106 et 104) dans la journée du 10 mars 2008. Des phénomènes de surcote sont observés et contribuent à renforcer la pleine mer du matin. Au total, la combinaison des conditions atmosphériques et marégraphiques (en soi non exceptionnelles) génère des submersions remarquables et cause d'importants dégâts sur l'ensemble du littoral breton **(fig. 3-16)**.

La digue est franchie le 10 mars matin à Gâvres (une soixantaine d'habitations inondées) et à Larmor-Plage. Il en va de même à la pointe de l'île de Tudy (rues inondées), au Téven (brèche d'une dizaine de mètres), à Saint-Guénolé (Penmarc'h), Camaret (supermarché), Concarneau (quarantaine de boutiques). Sur la côte nord, la région du Trégor est très touchée. À Trédrez-Locquémeau, on constate la rupture d'un banc de galet entraînant l'inondation d'une dizaine d'habitations et coupant une partie du port du continent. À l'extrême nord-est, Saint-Malo et Saint-Coulomb connaissent aussi des franchissements.

Au total, la tempête Johanna a généré plus d'inondations par submersion en Bretagne que tout autre événement depuis 50 ans. On ne déplore aucune perte humaine mais les dégâts matériels sont importants. Les surfaces inondées sont estimées à 24,4 hectares en zones urbanisées. Près de 100 communes sont classées en état de catastrophe naturelle au titre « inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues ».

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Submersions marines par flux de sud-ouest puis nord-ouest : tempête Johanna	• Quasi-totalité du littoral breton, 98 communes plus particulièrement sinistrées font l'objet d'un arrêté CatNat	• 24,4 ha inondés en zones urbanisées • Commerces et habitations touchés

Unité côtiers vendéens

Réseau hydrographique

À la pointe méridionale du Massif armoricain, les collines du bocage Vendéen et des Gâtines culminent à moins de 300 mètres d'altitude. Elles donnent naissance à un bassin hydrographique de 8 900 km^2 situé au sud de la Loire.

Sa partie septentrionale est drainée par plusieurs petits fleuves côtiers comme la Vie, l'Auzance, le Falleron. Sa partie méridionale est occupée par le Marais poitevin dont le bassin versant de 6 350 km^2 est drainé principalement par le Lay, la Sèvre Niortaise et son affluent, la Vendée. Ces rivières rejoignent l'océan Atlantique, au nord de La Rochelle, dans la baie de l'Aiguillon. La Sèvre Niortaise (1 074 km^2), prend sa source à une altitude de 153 mètres. Avec une longueur de 158 km, elle constitue l'artère centrale du Marais poitevin dans lequel elle pénètre à l'aval de Niort. Son cours, de pente très faible, est constitué de neuf biefs. La rivière est contiguë à la zone des marais mouillés, soumise à des submersions régulières, jusqu'à l'écluse du Brault à Marans, et finit par rejoindre l'océan en se jetant dans la baie de l'Aiguillon. La Vendée s'écoule sur 70 km. En aval de Fontenay-le-Comte, son cours est également rythmé par des biefs. Elle traverse tour à tour le marais mouillé, puis le marais desséché et rejoint la Sèvre Niortaise peu avant l'océan. Après avoir pris naissance à une altitude proche de 200 mètres, le Petit Lay et le Grand Lay parcourent une cinquantaine de kilomètres avant de confluer pour former le Lay. La rivière traverse ensuite le Marais poitevin sur 80 km pour se jeter dans l'océan.

Le littoral rassemble trois types de paysage :

– le littoral sableux qui représente 40 % du linéaire ;

– les côtes rocheuses (20 % du linéaire), localisées principalement entre Saint-Gilles-Croix-de-Vie et Bretignolles-sur-Mer, et entre Les Sables-d'Olonne et Jard-sur-Mer ;

– le rivage artificialisé pour les 40 % du linéaire restant. Il s'agit principalement des zones polderisées de Noirmoutier, du Marais breton au nord, et du Marais poitevin au sud. Si initialement ces digues avaient pour objet l'exploitation de terrain à des fins agricoles, aujourd'hui elles protègent les nombreuses zones pavillonnaires qui s'y sont développées.

Entre les deux grands polders vendéens, le littoral est interrompu par l'embouchure des fleuves côtiers. La majorité des étiers (chenal étroit contenant de l'eau provenant de la mer) et des rivières sont régulés par des vannes ou barrages et présentent un fonctionnement hydraulique fortement influencé par les niveaux marins.

Trois îles sont liées à ce littoral : l'île de Ré et l'île de Noirmoutier, qui possèdent un relief peu marqué, l'île d'Yeu avec une topographie plus contrastée.

Typologie des inondations

Le territoire des côtiers vendéens est soumis à deux types principaux d'inondation : les débordements de cours d'eau et les submersions marines. Compte tenu des conditions climatiques, les phénomènes ont essentiellement lieu au cours de l'hiver et au

printemps. Notons que le Marais poitevin, ancien golfe marin, se trouve sujet à des inondations fluviales fréquentes et étendues.

Inondations remarquables

Sept événements ont été retenus **(fig. 3-17)** pour illustrer les phénomènes marquants de cette unité en fonction des critères suivants : le type, débordement ou submersion marine (avant l'épisode de Xynthia en 2010, la région avait déjà été fortement impactée en 1937) ; le régime, avec influence ou non de la marée, comme ce fut le cas durant l'hiver 1935-1936 dans le bassin de la Sèvre Niortaise ; l'intensité ou la période de retour (octobre-novembre 1960 et décembre 1982) ; l'extension spatiale, ponctuelle (orage d'octobre 1909) ou généralisée (avril 1983).

Orage du 26 octobre 1909 sur la Vendée

C'est l'événement le plus exceptionnel et le plus marquant qu'ait connu la Vendée au cours du dernier siècle. Il reste fortement inscrit dans les mémoires (fig. 3-18).

Faute, pour l'instant, d'investigations documentaires poussées, seuls quelques témoignages permettent de se faire une idée des conditions hydrométéorologiques à l'origine des inondations : « Orage épouvantable […] la pluie torrentielle n'a cessé entre minuit et 4 heures du matin ». Les pluies se concentrent sur le nord du département de la Vendée, principalement sur les bassins de la Vie, de l'Auzance et du Lay. La Sèvre Niortaise est peu touchée. Les plus hautes eaux sont enregistrées le 26 octobre.

Les dégâts matériels sont particulièrement importants : « vallées inondées, routes et ponts coupés, maisons écroulées ». Les ponts sont presque tous emportés ou fortement endommagés. Sur le bassin du Vie, six ponts et un aqueduc sont à reconstruire ou à réparer. Sur le bassin de l'Auzance (canton de La Mothe-Achard et alentours), l'affluent la Ciboule emporte 17 ponts et en endommage un autre. De nombreuses routes sont également coupées : actuelles RD 21 et RD 81, RN 10. L'Auzance détruit un pont sur la RD 57 et un autre sur la RD 21 où l'eau submerge le parapet. Sur le bassin du Lay, les inondations affectent seulement la partie basse de la ville de Talmont.

Figure 3-18. Inondation d'octobre 1909 à Rocheservière.
Source : archives départementales de la Vendée, cote 1Fi 20 3/196

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage	• Communes de Venansault, Le Poiré-sur-Vie, Saligny, Martinet, Mormaison, Grosbreuil, Saint-Georges-de-Pointindoux, Saint-Mathurin, La Mothe-Achard, Talmont	• Deux bourgs inondés, 25 ponts coupés ou fortement endommagés, maisons écroulées (sans précision), vallées inondées (sans précision)

Crues de l'hiver 1935-1936 en Vendée

L'hiver 1935-1936 est l'un des plus arrosés du siècle dans l'Ouest. Les cumuls sur six mois arrivent régulièrement en deuxième position derrière l'hiver 2000-2001. En Vendée, entre octobre 1935 et mars 1936, on relève jusqu'à 949 mm aux Herbiers et 895 mm à la Châtaigneraie **(fig. 3-19)**.

La Sèvre Niortaise, l'Autize et la Vendée connaissent des crues particulièrement importantes tant par leur ampleur que par leur durée. Leur effet est encore renforcé par les marées qui limitent les écoulements à l'aval. Le 13 février 1936, la Sèvre Niortaise atteint la cote 3,80 m à l'échelle de Bazoin. Plus de 15 000 hectares de marais sont inondés. On relève trois mètres d'eau dans ceux de la Sèvre Niortaise et deux mètres dans ceux de la vieille Autize. De nombreuses habitations sont également touchées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique couplé à des phénomènes de marée	• Communes : Bouillé-Courdault, Damvix, Le Poiré-sur-Velluire, Vouillé	• 15 000 ha inondés ainsi que quelques habitations

Tempête et submersion marine des 13-14 mars 1937 sur le littoral vendéen

Les 13 et 14 mars 1937 une violente tempête touche les côtes vendéennes et bretonnes. La pression chute à partir du samedi 13 (979 hPa au sud de la Bretagne, le lendemain à 4 heures) et entraîne une élévation subite du niveau des eaux. À Lorient, la surcote est d'environ un mètre. C'est aussi la période des grandes marées d'équinoxe. Le 14 mars, au moment du passage du creux dépressionnaire, les coefficients sont de 108 à Lorient et de 105 à Pornic pour la première pleine mer.

De nombreux phénomènes de submersion ont lieu et éprouvent les côtes depuis Ouessant jusqu'à l'île de Noirmoutier. La géographie de l'île et les aménagements de type polders qui y ont été réalisés l'exposent tout particulièrement. Plusieurs digues sont ainsi submergées et rompent : la digue du Tresson (130 ha inondés), la digue de la Frandière en trois points (60 ha inondés), tout comme la digue du Devin à l'Épine. Plus au sud le cordon dunaire est submergé aux Pins-de-la-Cour.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Submersion marine	• Bretagne : Lorient, Hennebont, Riantec, Quiberon, Séné, Arz, Sarzeau, Billiers • Vendée : île de Noirmoutier	• Bretagne : un noyé à Lorient, érosion littorale • Vendée : érosion littorale, nombreuses ruptures de digues et au moins 190 ha inondés à Noirmoutier

Crue d'octobre-novembre 1960 sur la Sèvre Niortaise et le Lay

Des pluies très intenses se succèdent tout au long des mois d'octobre et de novembre 1960 sur le Centre-Ouest et le Massif central. Dès le début octobre des inondations touchent le Massif central, alors que les côtiers vendéens ne sont pas encore impactés. À partir du 28 octobre en revanche de nouvelles précipitations génèrent d'importantes crues sur la Sèvre Niortaise et le Lay (T = 100 ans). Plus au nord, le Vie connaît des inondations de moindre importance.

La crue de la Vendée est en partie écrêtée par le tout récent barrage de Mervent (1956) : le 4 novembre le débit entrant maximal est de 350 m³/s pour un débit restitué de 320 m³/s. La crue atteint les mêmes niveaux que celle de 1936. Dans les secteurs de La Taillé, du Gué-de-Velluire, et de la vallée de la Sèvre Niortaise de nombreuses usines sont arrêtées. La ville de Fontenay-le-Comte est inondée. On relève par ailleurs 50 cm d'eau dans les marais asséchés.

Sur le Lay, la crue atteint son maximum le 4 novembre avec une hauteur de 8,90 m à Mareuil-sur-Lay. Ce sont les plus hautes eaux connues pour un débit estimé à 700 m³/s (T = 100 ans). Luçon, Les Magnils-Reigniers et Chasnais sont inondés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• Commune de La Taillé, Velluire, Fontenay-le-Comte et autres (non précisé)	• Usines arrêtées et zones agricoles inondées

Crues de décembre 1982 sur la Vendée

L'ensemble du territoire métropolitain est sous la pluie en ce mois de décembre 1982. Le Centre-Ouest est plus particulièrement touché avec des crues exceptionnelles en Poitou-Charentes et sur les bassins côtiers vendéens. En 16 jours, les cumuls atteignent 200 mm sur le département de la Vendée **(fig. 3-20)**. Les bassins de la Sèvre Niortaise, du Lay, du Payré, de la Vie et de l'Auzance entrent en crue.

Sur la Sèvre Niortaise, dans le secteur de Niort, les inondations surviennent à partir du 21 décembre et causent la mort de deux personnes en ville. Quelques jours plus tard, le Marais poitevin est inondé. On relève 3,44 m sur la Sèvre Niortaise à Bazoin, 6,95 m (180 m³/s) sur la Vendée au barrage de Mervent. Les dégâts sont importants

à Fontenay-le-Comte, dans les marais de Benet, ainsi que dans les localités de Vix, Maillé, Damvix et Le Mazeau.

Le Lay et ses affluents sont également en crue. La cote 7,20 m est atteinte à Mareuil. Les habitations inondées sont évacuées. Une partie de La Roche-sur-Yon est sous les eaux. À Talmont-Saint-Hilaire, le centre-ville est submergé par le Payré. Des phénomènes de coulée de boue aggravent encore la situation. Le scénario est identique sur la Vie et ses affluents. La vidange du barrage situé en amont d'Apremont engendre une onde de crue qui noie en partie la ville. L'Auzance débite 46,3 m^3/s à la station de la Renelière (T = 50 ans).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• Communes touchées (non exhaustif) : La Roche-sur-Yon, Fontenay-le-Comte, Saint-Philbert-de-Bouaine, Apremont, Mareuil-sur-Lay, Niort, Benet, Vix, Maillé, Damvix et Le Mazeau	• 2 morts par noyade, nombreuses habitations inondées

Crues du 8 au 11 avril 1983 sur la Vendée

De la Vendée à l'Alsace, la pluviométrie de ce début avril 1983 constitue un record **(fig. 3-21)**. En trois jours, du 7 au 10, on relève jusqu'à 100 mm de précipitations en Vendée et 151 mm à la frontière est du département. Après un hiver déjà particulièrement humide (inondations de décembre 1982), la quasi-totalité des cours d'eau côtiers vendéens sont de nouveau en crue du 8 au 11 avril. À partir du 9, la plupart des barrages (dont une demi-douzaine située en centre Vendée) sont en trop-plein et amorcent leur vidange. Ces apports coïncident avec le pic de crue de nombreuses rivières, notamment le Lay et la Vendée, surélevant d'autant les cotes. Sur la Sèvre Niortaise, la montée des eaux se confirme le 8 avril. Les inondations se propagent ensuite vers l'aval : La Mothe-Saint-Héray le 8 avril, Saint-Maixent le 9 et Niort dans la nuit du 8 au 9. Les niveaux restent ici en dessous de l'épisode de décembre 1982, mais sont supérieurs à celui de 1936. Quelques habitations et commerces sont inondés. En aval, la montée des eaux dans les marais s'opère brusquement entre le 9 et 10 avril.

La Vendée entre en crue à partir du 8 avril et dépasse bientôt la cote de décembre 1982 à Fontenay-le-Comte pour atteindre 7,05 m le 9. On note qu'au même moment, le barrage de Mervent restitue plus d'eau qu'il n'en reçoit. Le Lay connaît aussi une crue importante. À Mareuil-sur-Lay la concomitance des crues du Lay et du Marillet (confluence à l'aval immédiat de la ville) est à l'origine d'importantes inondations en ville : 150 habitations sont touchées et on relève 40 cm place des Halles. Sur l'Autize, la marée (mortes-eaux avec coefficient de 47) bloque l'écoulement des eaux dans l'estuaire. Plusieurs bourgs sont inondés. La Vie et le Jaunay sont également touchés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• Au moins 45 communes touchées, plusieurs milliers d'hectares inondés • Villes principales également touchées	• 630 sinistrés, 500 logements endommagés, 50 commerces, 16 usines (800 employés)

Tempête Xynthia et submersions marines des 27 et 28 février 2010 sur le littoral vendéen

La trajectoire de la tempête Xynthia (axe sud-ouest - nord-est) engendre de forts vents sud à sud-est d'une vitesse moyenne locale comprise entre 51 et 80 km/h avec des pointes jusqu'à 140 km/h. Le maximum d'intensité correspond au passage de la dépression au large de l'île de Ré (creusement maximal à 970 hPa, le 28 février 2010 à minuit). Le tout ne dure que quelques heures, mais les conséquences sont très importantes. La tempête engendre une forte houle dont l'amplitude varie subitement. La hauteur des vagues en mer passe de 3 à 7,50 m entre 0 heure et 3 heures pour se maintenir à ce niveau jusqu'à 6 heures. L'orientation de la houle change au même moment passant du sud au sud-ouest.

Les submersions marines consécutives à ces phénomènes touchent de nombreux points du littoral de Charente-Maritime, de Vendée, et de Loire-Atlantique. Dans ce dernier département, la submersion des digues inonde les communes de La Baule, Le Pouliguen, Guérande et Les Moutiers-en-Retz, et impacte durement les installations agricoles et les voies de communication. On déplore la mort de deux pêcheurs.

En Vendée, de nombreux ouvrages de protection subissent l'assaut des vagues. Sur les communes de La Couarde-sur-Mer, Olonne-sur-Mer, et sur les îles de Ré et d'Oléron, le recul du cordon dunaire atteint trois à cinq mètres en moyenne et jusqu'à 22 mètres en certains endroits. Les phénomènes de submersion les plus importants ont lieu sur la commune de La Faute-sur-Mer coincée entre l'océan à l'ouest et l'estuaire du Lay à l'est, ainsi que sur la commune voisine de L'Aiguillon-sur-Mer (fig. 3-22). À La Faute-sur-Mer, d'un côté la rupture du cordon dunaire provoque l'inondation des quartiers nord de la ville, de l'autre la submersion de la digue fluviale entraîne celle des quartiers sud de la ville. On relève jusqu'à deux mètres d'eau dans certaines habitations. À L'Aiguillon-sur-Mer la digue, qui borde l'estuaire du Lay, est submergée en de nombreux points et quelques brèches se sont ouvertes, entraînant l'inondation des quartiers situés immédiatement derrière la digue. Pour ces deux communes le bilan humain est très lourd avec 29 morts par noyades.

Les débordements sont également importants à La Rochelle, où la surcote la plus importante, 1,50 m, est relevée sur le littoral français. Sur les communes voisines : Angoulins, Aytré, Esnandes, L'Houmeau, Marsilly et Charron, les phénomènes sont rapides avec de nombreuses ruptures de digues et la submersion d'une grande partie des ouvrages de protection. À Charron, les inondations sont particulièrement violentes et les maisons sont dévastées jusqu'à un kilomètre à l'intérieur des terres. On dénombre neuf morts.

Figure 3-22. Communes de La Faute-sur-Mer (habitations à gauche) et de L'Aiguillon-sur-Mer (habitations à droite) après la tempête Xynthia. Source : Dreal Pays de la Loire/DDTM 85, photographie de Jacques Mornet

L'île de Ré est fortement touchée par le phénomène. Les ruptures de digues sont nombreuses, particulièrement dans le nord de l'île. À marée haute, l'île est coupée en trois, recréant ainsi les trois îles initiales.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Tempête Xynthia : submersion marine par flux de sud-ouest	• Littoral vendéen et de Loire-Atlantique.	• 47 morts en France dont 2 en Loire-Atlantique, et 41 en Vendée et Charente-Maritime • Plus de 50 000 ha inondés

Unité Loire moyenne

Réseau hydrographique

Ce sous-bassin de 30 000 km^2 commence à la jonction de la Loire et de l'Allier (« Bec d'Allier ») et il se termine en amont de la confluence de la Loire avec la Vienne. La surface drainée par la Loire moyenne est proche de celle du bassin de l'Allier et de la Loire amont.

La Loire sort du Massif central en longeant les coteaux du Nivernais, puis s'inscrit dans la partie sud du Bassin parisien. Ensuite, elle ne reçoit plus aucun affluent important avant Tours. En aval de cette agglomération, en rive gauche, elle recueille successivement les eaux du Cher et de l'Indre, avant de confluer avec la Vienne.

Le Cher s'écoule sur 320 km dans un bassin versant de 13 500 km^2. Il prend sa source dans les contreforts du Massif central à 717 mètres d'altitude. Sur ce secteur, aux reliefs marqués, les crues du Cher et de son principal affluent, la Tardes, sont rapides, voire torrentielles. Après Montluçon, le Cher prend les caractéristiques d'une rivière de plaine. Il poursuit son cours jusqu'à Vierzon en traversant de vastes champs d'expansion de crues. À Vierzon, la surface de son bassin versant double avec l'arrivée de la Yèvre et de l'Arnon. Le cours de la rivière s'infléchit vers l'ouest. Le Cher longe alors la Sologne et reçoit la Sauldre, avant de rejoindre la Loire, en aval de Tours.

L'Indre est une rivière de plaine de 265 km, sans affluent prédominant. Elle se caractérise par un bassin versant très allongé de 7 000 km^2. Elle se jette dans la Loire peu après la confluence du Cher.

Du Bec d'Allier jusqu'à Nantes, la Loire s'inscrit dans une vallée large où, au gré de son cours, elle se déplace d'un coteau à l'autre. L'espace séparant le coteau du fleuve est ici appelé «val». Depuis des siècles, l'homme a cherché à soustraire cet espace aux inondations en construisant des ouvrages de défense. En Loire moyenne, les endiguements (ou levées) sont pratiquement continus. Ils protègent à la fois les vals agricoles et les vals urbanisés, avec des agglomérations importantes comme Orléans, Blois et Tours.

Les alignements de digues sont présents aussi sur le Cher mais de manière plus ponctuelle. Ils ont principalement une vocation de défense des terres agricoles. Ils peuvent néanmoins, localement, assurer la défense de zones urbanisées comme à Selles-sur-Cher, Noyers-sur-Cher ou Tours.

Typologie des inondations

Dans cette unité, les inondations sont avant tout le fait du débordement des cours d'eau, même si, localement, des ruissellements ou remontées de nappe peuvent survenir.

Des inondations ponctuelles liées à des phénomènes orageux locaux et des crues rapides restent possibles pendant l'été et l'automne. Les crues se produisent toutefois essentiellement en hiver et au printemps. Pour le fleuve Loire lui-même, les apports des fronts pluvieux océaniques qui arrosent ce secteur sont généralement trop faibles pour l'emporter sur l'atténuation engendrée par le stockage de l'eau. Les crues en Loire moyenne naissent donc principalement des crues de l'Allier et de la Loire amont. Il s'agit d'un phénomène lent qu'il est possible d'anticiper de quelques jours.

La gestion des ouvrages a ici un rôle essentiel, d'autant qu'ils sont souvent très anciens. Lorsque le débit devient trop important, des déversoirs agissent comme des fusibles en permettant aux eaux de s'épandre dans les vals. Le pic de crue ainsi écrêté permet de diminuer la hauteur d'eau derrière les ouvrages et les risques de rupture. C'est le rôle que jouèrent les brèches lors des grandes crues historiques du XIX^e siècle (1846, 1856, 1866). Le débit de la Loire, voisin de 7 500 m^3/s après sa confluence avec l'Allier, n'atteignit pas 6 000 m^3/s à Tours. Les importantes extractions de granulat réalisées dans le fleuve au cours de la seconde moitié du XX^e siècle mettent aujourd'hui le dispositif en péril : l'enfoncement du lit a fragilisé le pied des digues tout en retardant la mise en eau des déversoirs. Dans le même temps, le développement de la végétation dans les bras secondaires du fleuve a localement augmenté le niveau de la ligne d'eau en crue.

Même si elles sont souvent plus ponctuelles, les crues de débâcles peuvent survenir en Loire moyenne lors des hivers très rigoureux. La prise des glaces réduit alors fortement la section d'écoulement du lit, notamment au passage des ouvrages. Avec le redoux et la reprise des écoulements, la persistance des glaces provoque des élévations importantes du niveau d'eau.

Inondations remarquables

Six événements ont été retenus **(fig. 3-23)** pour illustrer les phénomènes remarquables de cette unité selon leur impact (50 morts en novembre 1770) ou le type de régime hydroclimatique (orage de juillet 1958 sur le Cher, influences océaniques et cévenoles comme lors des trois épisodes remarquables de 1846, 1856 et 1866). La Loire a également connu par le passé des épisodes de gelée sévère avec formation d'embâcles glaciaires, comme ce fut le cas en janvier 1789.

Crues des 26 et 27 novembre 1770 sur la Loire moyenne

Le 26 et 27 novembre 1770, des pluies intenses et continues s'abattent sur le centre de la France. La plupart des affluents rive gauche de la Loire entrent en crue et débordent (voir plus haut les éléments généraux présentés dans la partie district). En Loire moyenne les débordements se produisent sur le Cher, et particulièrement sur la Sauldre, ainsi que sur l'Indre. Les hauteurs enregistrées dépassent la plupart de celles connues antérieurement.

Sur le bassin du Cher, les débordements les plus importants sont occasionnés par la Sauldre en crue du 27 au 29 novembre. Villeherviers et Romorantin sont inondées, plusieurs ponts sont emportés, de nombreuses habitations détruites ainsi que plusieurs moulins renversés. Sept personnes perdent la vie par noyade et plusieurs autres décèdent faute d'approvisionnement suffisant dans les jours qui suivent.

Sur l'Indre, les débordements provoquent des dégâts considérables à Richelieu, Cormery, Loches, Reignac, Veigné et Montbazon. À Cormery, l'Indre atteint la cote 4,90 m (plus haute cote connue). La moitié de la cité est détruite ainsi qu'à Loches et Montbazon. Le bilan est très lourd : plus de 30 ponts effondrés, plus d'une centaine d'habitations détruites et au moins autant endommagées sérieusement. On dénombre au moins 50 morts, retrouvés sous les ruines.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Pluies continues sur 32 heures	• Sur la Sauldre : Villeherviers, Romorantin • Sur l'Indre : Richelieu, Cormery, Loches, Reignac, Veigné et Montbazon	• L'événement fait plus de 50 morts • Sur l'Indre à Cormery, Loches et Montbazon une grande partie des habitations est touchée (au moins 150) et plus de 30 ponts sont détruits • Sur la Sauldre plusieurs ponts et habitations sont endommagés (au moins 7 morts)

Débâcle de janvier 1789 sur la Loire moyenne

Les phénomènes d'embâcle glaciaire n'ont plus touché la Loire depuis l'hiver 1985. Ils étaient plus courants au cours des siècles antérieurs.

L'hiver 1788-1789 fut particulièrement sévère. Une partie de la Loire moyenne est prise par les glaces. À Orléans, son accumulation forme une épaisse digue qui barre complètement le lit. Les 18 et 19 janvier, une crue survient en provenance de l'Allier et produit une débâcle générale. Les eaux chargées de blocs de glace dépassent les levées et se déversent dans les bas quartiers causant de très importants dégâts. À Blois, la glace obstrue les arches du pont et fait subitement monter le niveau de l'eau jusqu'à 6,70 m (Lorain, 1981). Si cette hauteur est équivalente en valeur absolue à celle de la crue de 1856 à Blois, elle ne correspond pas à la cote atteinte par le débit du fleuve mais bien à l'élévation du niveau des eaux du fait de l'embâcle. On relève des épaisseurs de glace d'un mètre avec des plaques pouvant atteindre des dimensions remarquables, jusqu'à dix mètres par six. Le déchargeoir déverse alors eau et glaces dans le val qui est inondé de Blois à Candé-sur-Beuvron.

Les dégâts sont très importants tant sur les infrastructures que sur les habitations : ponts de Jargeau et de Blois, maisons, fermes, immeubles rue du Coq-Saint-Marceau à Orléans.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Débâcle de la Loire suite à la prise par les glaces du fleuve	• Bas quartiers de Blois, val de Blois jusqu'à Candé-sur-Beuvron	• Plusieurs ponts détruits à Blois et Orléans, quelques habitations inondées et endommagées, trois levées déteriorées

Crue généralisée d'octobre 1846 sur la Loire moyenne

Des précipitations océaniques sur une grande partie du bassin de la Loire, associées à de forts orages cévenols sur la Loire supérieure et l'Allier, sont à l'origine des très importantes crues de l'automne 1846. En aval du Bec d'Allier, elles prennent des « proportions formidables ». Pendant quatre jours, on enregistre des cotes élevées : à La Charité-sur-Loire le 19 octobre (cote 5,90 m à Saint-Cerre) ; à Cosne dans la nuit du 19 au 20 octobre, où le niveau dépasse les crues historiques de 1780, 1665, et 1668 ; à Gien le 20 octobre (cote 7,12 m au pont de l'ancienne RN 140 pour un débit de 7 100 m^3/s, période de retour supérieure à 100 ans) ; à Orléans cette nuit-là (6,78 m à l'échelle d'Orléans malgré les larges brèches amont) ; à Blois à partir du 20 et toute la journée du 21 pour atteindre (6,60 m vers 21 heures, échelle inconnue) un palier variant au gré des ruptures des levées amonts jusqu'au lendemain et le 22 octobre à 5 heures (la cote 7 m au pont) ; à Saumur le 23 octobre à 19 heures (cote 6 m). En aval les inondations ont des conséquences limitées.

Les dégâts exceptionnels sont avant tout dus aux nombreuses ruptures d'ouvrages (brèches). « Aucune des villes situées sur les bords de la Loire ne fut épargnée ». Dans le Loiret, on dénombre 44 brèches en amont d'Orléans et 13 en aval pour une longueur

totale de 10,8 km. En Loir-et-Cher, les 22 brèches recensées couvrent 2,2 km et les 21 d'Indre-et-Loire, 3,2 km. La rive gauche de la Loire en aval du Bec d'Allier est la plus touchée. Dans les vals de Givry-Fourchambault et de La Charité les pertes sont principalement agricoles : bétail, cultures, fermes détruites. Le pont de Saint-Satur est soulevé et emporté. Les digues du canal latéral de la Loire (inauguré en 1838) sont également très affectées. L'eau envahit tout, à tel point qu'en certains endroits on ne fait plus la distinction entre le canal et le fleuve. Même situation à Cosne. La totalité des quartiers est inondée. La rupture des levées entraîne également l'inondation du val de Berry. À Sully, la ville est cernée par les eaux. L'effondrement des digues crée une véritable vague. L'eau monte en quelques minutes de quatre à cinq mètres dans le quartier Saint-Germain. Les habitants se réfugient dans les greniers et sur les toits de leurs habitations. La plupart s'écroulent sous l'action érosive de l'eau. Les ponts de Châtillon et de Jargeau (fig. 3-24) ainsi que le viaduc ferroviaire de Sandillon sont en partie détruits. Tout le val d'Orléans est inondé suite à la rupture des digues. « Le val entier de Beaugency jusqu'aux coteaux de la Sologne fut sous les eaux, et c'est à peine si, dans cette immense étendue d'eau, on apercevait les toits des maisons et les cimes des arbres ». À Blois, le faubourg de Vienne est submergé après la rupture de la levée : 600 maisons sont inondées sous parfois deux mètres d'eau. À Amboise, les levées se rompent principalement en rive droite inondant les faubourgs. Une vague de trois mètres se propage dans le val de Cisse jusqu'à Vouvray où le flot reprend le cours de la Loire. À Tours, la ville est partiellement épargnée grâce aux levées, mais Saint-Pierre-des-Corps est en grande partie sous les eaux.

Figure 3-24. Repère de la crue d'octobre 1846 à Jargeau

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et cévenol extensif à prédominance cévenole	• La totalité du secteur	• Nombreuses brèches dans les digues (longueur 15 km), avec inondations rapides • Vals inondés, pertes agricoles, habitations et ponts détruits ou endommagés

Crue généralisée de mai-juin 1856 sur la Loire moyenne

Il s'agit de la crue de référence sur la Loire moyenne, où elle a atteint des niveaux record. En aval de la confluence du Bec d'Allier, le débit de la Loire atteint près de 7 500 m³/s. « Pas une ville, pas une vallée ne fut épargnée entre Nevers et Orléans ; Châteauneuf, Gien, Sully, Jargeau furent submergées » (Champion, 1858). Le 1er juin on relève 7,12 m à Gien. Le 2 elle dépasse à 7 heures le niveau de 1846 à Orléans et à 12 heures atteint 7,10 m (plus hautes cotes connues). Les bas quartiers sont inondés. Les eaux souterraines refoulées par le fleuve entraînent l'instabilité des terrains. Le Cher, l'Auron, l'Arnon et le Loiret, en crue dès le 11 mai, le sont de nouveau du 29 mai au 2 juin (maximum). Le 3 juin, tous les bas quartiers de Blois sont sous les eaux. Le jour même, la rupture d'une levée submerge le faubourg de Vienne. L'eau atteint la cote 6,78 m (fig. 3-25). À Tours, elle est à 7,52 m au Grand Pont, pour un débit estimé à 6 000 m³/s. Entre Angers et Saumur, deux brèches s'ouvrent. Le val d'Authion est inondé. La lenteur des écoulements limite toutefois les dommages.

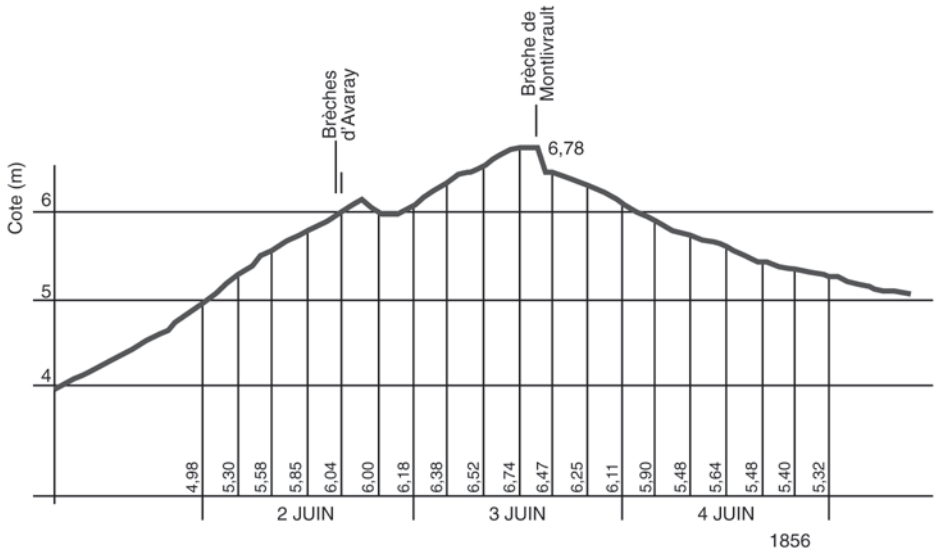


Figure 3-25. Hydrogramme de la crue de 1856 au pont de Blois. Source : J.-M. Lorain

Au total, du Bec d'Allier à Nantes, la Loire perce 160 brèches au travers de ses levées, sur une longueur totale de 23 km. Elle inonde 100 000 hectares, ensable 2 700 hectares de terres de culture et en érode 400 autres. Elle détruit les ponts de Fourchambault, Cosne et Sully et noie 98 km de voies ferrées. La totalité des vals avec leurs villes sont inondés, y compris Tours malgré la fermeture de la digue d'enceinte. Le courant dans le val d'Authion traverse une étendue de 74 km de long sur 12 km de large. Au niveau d'Amboise, la Loire envahit la vallée de la Cisse de la même manière qu'en 1846.

Les dégâts sont considérables : églises, ponts, maisons écroulées, bétails noyés, routes emportées, voies ferrées arrachées, cimetières défoncés. Dans les vals les dégâts agricoles sont d'autant plus considérables que la plupart des récoltes sont encore sur pied. En amont d'Orléans, suite à la brèche de Jargeau, les eaux détruisent 80 maisons et creusent un gouffre d'environ 10 m de profondeur. Pour l'ensemble des vals, les dommages pour les biens des particuliers se chiffrent à 57 millions de francs-or. L'État accordera 27 millions de francs d'aide pour la seule réparation des ouvrages d'art.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et cévenol extensif à prédominance océanique	• La totalité du secteur	• Nombreuses brèches dans les digues (longueur 23 km) • 100 000 ha inondés, 98 km de voies ferrées inondées, 80 maisons détruites à Orléans, 57 MF (1856) de dommages aux particuliers, 27 MF (1856) pour la réparation des ouvrages d'art

Crue généralisée de septembre-octobre 1866 sur la Loire moyenne

Similaire à la crue de 1846, elle est particulièrement importante sur la Loire supérieure mais elle engendre bien moins de ruptures de levées que les deux événements de 1846 et 1856. Elle s'est néanmoins propagée en Loire moyenne et en basse Loire avec des hauteurs conséquentes du fait de la concomitance des hautes eaux de l'Allier et de la Loire. On relève 7 m à La Charité-sur-Loire (Saint-Cerre) et 7,12 m pour un débit estimé à 7 200 m^3/s à Gien (même niveau que 1856). Plus en aval, les niveaux sont moindres mais restent très élevés : 6,90 m à Orléans, 6,70 m à Blois, 6,60 m à Tours, 6,80 m à Saumur, 5,60 m aux Ponts-de-Cé et à Nantes. La faiblesse des crues sur les affluents de la Loire, moyenne et basse, amortit progressivement le phénomène.

Les villes de Gien et Sully sont inondées. Plusieurs levées sont rompues, notamment en val d'Orléans où la ville de Jargeau est entièrement dévastée et le chemin de fer du Centre interrompu. Les levées cèdent en amont de Blois, mais la ville n'est pas inondée. Au niveau d'Amboise, suite à la rupture de la levée, la ligne ferroviaire est coupée et les communes inondées jusqu'à Vouvray. À Tours, les levées achevées en 1858 résistent. De nombreuses brèches s'ouvrent ailleurs, notamment à Montlivault et Saint-Lambert-des-Levées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et cévenol extensif à prédominance cévenole	• Villes de Gien, Sully, Jargeau	• Levées rompues (val d'Orléans, amont de Blois, Amboise) et plusieurs brèches ailleurs

Orages des 15 et 16 juillet 1958 sur la Creuse, l'Indre et le Cher

Dans la nuit du 15 au 16 juillet 1958, de violents orages s'abattent sur la Creuse, l'Indre et la moitié ouest du Cher. Les hauteurs de pluies engendrées sont considérables **(fig. 3-26)**. En 12 heures on relève entre 90 et 109 mm d'Anzême à Bonnat (Creuse), 93 mm dans l'Indre, entre 61 et 180 mm de Bourges à Châteaumeillant (précipitation la plus importante relevée dans le Cher sur cette durée).

Le Cher et ses affluents réagissent rapidement. On relève 4,80 m à Saint-Amand-Montrond, 4,40 m à Châteauneuf-sur-Cher, 5,35 m à Saint-Florent-sur-Cher et 4,53 m à Vierzon pour un débit de 740 m^3/s (T = 75 et 100 ans). Le haut bassin de l'Indre est également affecté. On relève 2,56 m à Châteauroux.

Les dégâts sur les communes situées le long du Cher sont principalement d'ordre agricole : fermes inondées, récoltes perdues, bétail noyé. Quelques routes sont coupées et quelques habitations inondées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage	• Zones riveraines du Cher	• Dégâts agricoles : fermes inondées, récoltes perdues, bétail noyé • Quelques routes coupées et des habitations inondées

Références

Sources

BCEOM, 1969. Inventaire des zones inondables, Loire Bretagne, ministère de l'Équipement, service central hydrologique.

Cariolet J.-M, 2010. Inondation des côtes basses et risques associés en Bretagne, thèse, université de Bretagne occidentale.

Comoy G., 1860. Étude sur les crues et l'endiguement de la Loire.

DDE de Haute-Loire, 1981. Rapport sur la crue de septembre 1980, I & II.

DDE Loire-Atlantique, 2008. AZI côtiers Loire-Atlantique.

DDE Vendée, 2008. AZI fleuves côtiers vendéens : Auzance, Ciboule, Vertonne.

DDE Vendée, 2008. AZI fleuve côtiers vendéens rapports Jaunay Vie.

DDE Vendée, 2008. AZI fleuve côtiers vendéens rapports Lay aval.

DDE Vendée, 2008. AZI fleuve côtiers vendéens rapports Marais poitevin.

DDE Puy-de-Dôme, s.d. Notes et graphiques sur des crues anciennes 1790, 1835, 1846, Ponts et Chaussées, service hydrologique.

Dreal Pays de la Loire, DDTM 85, 2010. Campagne photographique sur Xynthia.

DDT Loire, 2005. PPRI du Furan, rapport de présentation, 15 p.

EPL, s.d. Étude comparative de la crue de 1910 avec d'autres grandes crues en aval de la Maine.

Hydratec, 1996. Étude d'identification des risques d'inondation sur le bassin Loire-Bretagne.

IGE, 1997. Rapport au Premier ministre sur les crues de 1994 et 1995, 1996.

IGE, 2001. Mission d'expertise interministérielle sur les crues de décembre 2000 et janvier 2001 en Bretagne.

Kryn J.-L., 1969. Hydrogramme de la crue de 1910 à Montjean, Ponts et Chaussées de la Loire.

Minéa, Hydratec, 2000. Étude de propagation des crues et du risque d'inondation en Loire moyenne, EPL, plan Loire grandeur nature.

Services des ponts et chaussées, juillet 1882. Rapport sur la crue de 1881, archives départementales de l'Eure.

Sn, 1967. Rapport des TPE sur les crues d'octobre 1966.

Sn, 1974. Rapport du ministère de l'Agriculture sur les inondations de février 1974.

Sn, 1974. Rapport du service météorologique sur les inondations de février 1974 en Bretagne.

Sn, 1996. Rapport sur la crue de janvier 1995 dans le Finistère.

SPC Allier, s.d. Dossiers sur les crues de 1790, 1835, 1846, 1856 et 1866.

Trévédy M., 1773. Le Déluge de Châtelaudren, archives départementales des Côtes-d'Armor.

Presse

Le Courrier de l'Ouest, 1995. Édition spéciale sur les inondations.

Ouest-France, du 5 au 6 juillet 1973.

Ouest-France, 12 février 1974.

Publications

Babinet H., Maillet E., 1919. *Bassin de la Loire. Notice hydrologique*, ministère des Travaux Publics. Imp. Nat., Paris, 74 p.

Champion M., 1858-1864. *Les inondations en France du VI^e^ siècle à nos jours…,* vol. 1 à 6., V. Dalmont & Dunod, Paris, (réédition Cemagref, 2000).

Dion R., 1961. *Histoire des levées de la Loire*, éd. à compte d'auteur, Paris, 312 p.

Lorain J.-M, 1981. *La Loire à Blois et en Loir-et-Cher*, Le Clairmirouère du Temps, Blois, 186 p.

Internet

http://pluiesextremes.meteo.fr

http://www.quimper.maville.com

http://www.villeherviers.com/les_grandes_eaux_de_la_sauldre_au_xviiie_siecle.html

4
District Rhin-Meuse

La Meurthe au niveau de l'échangeur de Bouxières-aux-Dames, en aval de Nancy, le 11 avril 1983. Source : Dreal Lorraine

Charlotte Edelblutte

Les inondations à l'échelle du district Rhin-Meuse

Géographie

Le district Rhin-Meuse couvre une superficie de 31 000 km². Dans le cadre de l'EPRI, quatre unités de présentation ont été retenues **(fig. 4-1)** :
– « affluents alsaciens du Rhin » (7 300 km²) ;
– « axe du Rhin » (900 km²) ;
– « Meuse » (7 800 km²) ;
– « Moselle-Sarre » (15 400 km²).

Description des enjeux

Près de quatre millions d'habitants occupent le district, pour une densité voisine de celle de la moyenne nationale (120 hab/km²). Quatre agglomérations de plus de 100 000 habitants structurent le territoire : Strasbourg, Metz, Nancy et Mulhouse. L'essentiel de la population est localisé sur trois axes économiques majeurs qui se déploient le long des trois principales vallées fluviales du district : la plaine du Rhin (Mulhouse, Colmar et Strasbourg), la vallée de la Moselle (Épinal, Metz et Thionville) et celle de son affluent la Meurthe (Nancy), et la vallée de la Meuse (Verdun, Sedan et Charleville-Mézières).

La plaine du Rhin concentre potentiellement les enjeux les plus forts, en raison à la fois de l'urbanisation et de l'activité industrielle. En réalité, l'endiguement généralisé du fleuve en amont du barrage d'Iffezheim protège la vallée contre les crues de période de retour au moins millénale. Le nombre de secteurs vulnérables reste donc limité. Ce n'est pas le cas, en revanche, pour les affluents alsaciens du Rhin dont les crues rapides exposent un nombre toujours plus élevé de communes, elles-mêmes sans cesse plus étendues en raison de la croissance des zones d'activité et d'habitation.

Le long de la Moselle, les secteurs les plus vulnérables sont situés à Épinal, Remiremont, Toul, Saint-Dié, Lunéville, Nancy, Metz, Pont-à-Mousson. Sur la Meuse, les communes de Charleville-Mézières, Sedan, Verdun et Givet sont les plus concernées.

Topographie et occupation du sol

Le district Rhin-Meuse se compose de trois espaces géomorphologiques : les massifs montagneux des Vosges et des Ardennes ; les côtes de Sarre, de Moselle et de Meuse ; les plaines et plateaux d'Alsace (du Sundgau – Jura alsacien –, de l'Outre-Forêt au nord de Haguenau), les collines des basses Vosges et du piémont viticole, le Plateau lorrain et des Hauts de Meuse. Le point culminant s'élève à 1 424 mètres d'altitude au Ballon de Guebwiller ou Grand Ballon.

Les zones les plus basses, inférieures à 200 mètres d'altitude, se retrouvent en plaine d'Alsace entre Colmar et la frontière franco-allemande à hauteur de Lauterbourg, dans la vallée de la Moselle entre Nancy et la frontière franco-germano-luxembourgeoise, et dans la vallée de la Meuse entre Verdun et Givet.

Le réseau hydrographique est formé de trois bassins transfrontaliers : la partie franco-allemande du Rhin et ses affluents alsaciens ; la partie française de la Moselle et de la

Sarre ; la partie française de la Meuse qui se poursuit en Belgique puis aux Pays-Bas, jusqu'à la mer du Nord.

Les surfaces agricoles, principalement dévolues à la culture du blé, de la vigne et à l'élevage, occupent un peu plus de la moitié de la surface du territoire, proche de la moyenne nationale. Le taux de boisement est de 36 %, nettement supérieur à la moyenne nationale (27,5 %), les parties les plus boisées étant situées dans les massifs des Vosges et des Ardennes.

Typologie des inondations

Chaque service de prévision des crues dispose de sa propre classification des inondations.

Pour les bassins de la Meuse et de la Moselle

Sur les bassins de la Meuse et de la Moselle (cf. RIC du SPC Meuse-Moselle), trois catégories sont distinguées.

Les crues d'automne
Si les précipitations sont régulièrement réparties sur tout le bassin versant, en revanche la répartition des crues est très inégale. À cette saison, les Vosges jouent un rôle décisif dans la genèse des phénomènes, leur structure granitique et imperméable étant à l'origine de coefficients d'écoulement élevés.

Les crues d'hiver avec dégel soudain
Le dégel et la fusion nivale sont provoqués par la remontée de masses d'air tièdes dans un flux de sud-ouest. Associés aux pluies, ces phénomènes contribuent largement à l'aggravation des crues.

Les crues d'hiver par courant d'ouest
Contrairement aux crues d'hiver précédentes, ces épisodes sont essentiellement provoqués par les pluies (bien que dans les Vosges, une fonte des neiges puisse toujours survenir). La saturation des sols provoquée par les fronts pluvieux successifs est à l'origine de coefficients d'écoulement élevés.

Les crues de printemps
Ce sont les plus violentes. L'air chaud et humide en provenance du Bassin méditerranéen génère des fronts pluvieux massifs à cinétique lente. Le phénomène entraîne des précipitations remarquables en termes d'intensité et de volume.

Pour les bassins du Rhin et de la Sarre

Sur les affluents alsaciens du Rhin (cf. RIC du SPC Rhin-Sarre), quatre catégories sont distinguées.

Les crues simples vosgiennes
D'origine océanique ou continentale, elles sont provoquées par des précipitations intenses sur une partie du massif des Vosges. De type torrentiel, elles peuvent être très dévastatrices, notamment sur la Doller. Elles sont plus atténuées sur l'Ill.

Les crues nivales vosgiennes
Les écoulements provoqués par la fusion du manteau neigeux sont décisifs dans la formation de ces phénomènes, avec des variations locales parfois importantes (vitesse d'écoulement, quantités écoulées, durée, etc.). Elles ont toutes pour origine un redoux associé à l'arrivée de masses d'air plus chaudes en provenance du sud-ouest.

Les crues multiples généralisées
Elles sont le résultat du passage de plusieurs épisodes pluvieux associés ou non à une fusion nivale. L'ensemble du bassin est alors concerné avec des effets de concomitance d'ondes de crue. Les impacts peuvent être destructeurs sur les sections aval, et rester modérés sur l'amont et la partie médiane.

Les crues sundgauviennes
Elles sont principalement dues à des fronts orageux consécutifs à des remontées d'air chaud et humide du Bassin méditerranéen. De violentes précipitations s'abattent alors sur le massif du Jura, s'avancent dans le Sundgau et sont à l'origine de crues rapides et boueuses sur l'Ill amont et la Largue. Compte tenu du caractère localisé des précipitations et de l'étalement de l'onde de crue, l'impact sur les parties médianes et aval de l'Ill reste très faible.

Catégories simplifiées pour les inondations par débordement

Pour les inondations par débordement de cours d'eau, nous retenons trois catégories simplifiées.

Les crues océaniques simples
Elles ont lieu en général au cours de l'hiver et du printemps. La succession, plusieurs semaines durant, de fronts océaniques est à l'origine d'importants cumuls de pluie qui saturent progressivement les sols. Le bassin devient de plus en plus réactif aux derniers épisodes pluvieux.

Les crues océaniques avec influence nivale
Suite au redoux, la fonte subite du manteau neigeux vient se rajouter au volume d'eau pluvial et accentuer la crue.

Les crues complexes
Elles associent au cours d'un même événement plusieurs influences : pluies océaniques, remontées méditerranéennes, phénomènes orageux.

Le tableau 4-1 donne la correspondance entre les typologies spécifiques utilisées par les services de prévision des crues de Meuse-Moselle et de Rhin-Sarre, et la typologie simplifiée retenue ici pour le district Rhin-Meuse.

Deux autres types d'inondation sont également à considérer.

Les inondations par remontée de nappe

Les inondations en plaine d'Alsace sont parfois « prolongées » par des remontées de nappe qui maintiennent les sols inondés longtemps après la décrue des rivières (cf. inondations de janvier 1955 et mai 1983 en Alsace).

Tableau 4-1. Typologie simplifiée des inondations par débordement sur le district Rhin-Meuse

Typologie simplifiée	Typologie retenue pour la prévision des crues	
	SPC Meuse-Moselle	**SPC Rhin-Sarre**
Crue océanique simple	Crue d'hiver par courant d'ouest	Crue simple vosgienne d'origine océanique Crue multiple généralisée
Crue océanique avec influence nivale	Crue d'hiver avec dégel soudain	Crue nivale vosgienne Crue multiple généralisée
Crue complexe	Crue d'automne sur la zone des Vosges Crue de printemps avec influence méditerranéenne	Crue simple vosgienne d'origine continentale Crue sundgauvienne

Les inondations par ruissellement

On rencontre ce type principalement en Alsace à l'occasion de phénomènes orageux intenses. Ils génèrent des coulées d'eau boueuse dans les régions de collines et les vignobles. Outre les phénomènes d'érosion des sols, ces écoulements impactent les infrastructures et les biens situés à l'aval et peuvent avoir des conséquences aussi sur la qualité des eaux (cf. orages et coulées d'eau boueuse en mai-juin 2008).

Inondations remarquables

Dix-neuf événements au total ont été retenus sur l'ensemble du district Rhin-Meuse. Le tableau 4-2 précise les unités pour lesquelles ils ont donné lieu à une description particulière.

Huit événements sont décrits au niveau du district **(fig. 4-2)** et illustrent chacun un type de phénomène. Certains ont impacté l'ensemble du district à l'exception de l'axe du Rhin (décembre 1947-janvier 1948, avril-mai 1983 et février 1990). D'autres sont plus localisés (décembre 1993, janvier 1995, octobre 2006 et mai-juin 2008). Les crues de février et mai 1999 ont concerné spécifiquement le fleuve Rhin.

Crue de décembre 1947-janvier 1948 sur le nord-est de la France

Fort enneigement, redoux et pluies exceptionnelles sur le nord-est de la France sont à l'origine de la crue majeure de décembre 1947 qui a touché une grande partie du bassin Rhin-Meuse. Le réchauffement à l'origine de la fonte des neiges a été plus intense qu'en 1919, mais c'est surtout le cumul des précipitations en cinq jours sur la partie centrale du massif vosgien qui est remarquable : 415 mm à Wildenstein (haut bassin de la Thur), avec un maximum journalier de 185,5 mm sur ce site. La période de retour de la crue est au moins de 100 ans sur la Meuse amont et médiane, la Meurthe, la Moselle et les affluents alsaciens du Rhin. De nombreux dommages sont recensés en Lorraine et en Alsace. On comptabilise 600 sinistrés dans la vallée de la Meuse, 18 000 sinistrés et 2 000 immeubles endommagés à Nancy, trois décès et environ un milliard de francs de l'époque de dommages sur le Haut-Rhin. Le contexte d'après-guerre renforce encore la gravité de la situation matérielle. On relève à l'époque l'usage des expressions « sinistrés de la guerre » et « sinistrés des inondations du 29 et 30 décembre 1947 » (fig. 4-3).

Tableau 4-2. Inondations remarquables retenues pour le district Rhin-Meuse

Inondation	District	Affluents alsaciens du Rhin	Axe du Rhin	Meuse	Moselle-Sarre
Septembre 1852			●		
Juin 1876			●		
Septembre 1881			●		
Décembre 1882			●		
Janvier 1910		●			
Décembre 1919-janvier 1920		●	●		●
Décembre 1947-janvier 1948	●	●		●	●
Janvier 1955		●	●		
Mai 1970		●			
Avril-mai 1983	●	●		●	●
Février 1990	●	●			●
Décembre 1993	●			●	
Janvier 1995	●			●	
Février 1997					●
Février, mai et juin 1999	●		●		
Décembre 2001-janvier 2002				●	●
Octobre 2006	●			●	●
Août 2007			●		
Mai-juin 2008	●	●			

N.B. Ce tableau ne rend pas compte de l'emprise géographique réelle des événements

Crues d'avril et mai 1983 en Alsace et en Lorraine

Une première inondation se produit du 5 au 9 avril 1983, générée par de fortes pluies, avec plus de 300 mm sur les sommets vosgiens, et une fonte du manteau neigeux. Elle cause des dommages en Lorraine et en Alsace, avec des inondations à Verdun (Meuse), dans l'agglomération de Nancy (Meurthe), et dans le secteur de Pont-à-Mousson (Moselle). Elle touche également les affluents du Rhin, du sud de l'Alsace jusqu'à la vallée de la Bruche près de Strasbourg. Quatre personnes trouvent la mort.

Le second épisode survient fin mai après plusieurs semaines exceptionnellement pluvieuses. On relève 126 mm sur le nord-est de la France entre le 1er et le 22 mai 1983, soit plus de deux fois la moyenne climatologique. Certaines stations enregistrent jusqu'à quatre fois la moyenne climatologique. L'épisode intense du 22 au 26 mai 1983 est à l'origine d'inondations sévères (fig. 4-4). La Lorraine, avec les villes de Nancy et Metz, est touchée. De même le sud de l'Alsace (région du Sundgau) ainsi que quelques hauts bassins comme celui de la Zorn. De nombreuses routes sont endommagées. La remontée de la nappe d'Alsace cause d'importants dégats dans des caves et sous-sols des immeubles et maisons.

L'EST RÉPUBLICAIN

QUOTIDIEN RÉGIONAL | 5 FR. | LE PLUS FORT TIRAGE DES JOURNAUX DE L'EST | 5 FR. | Rédacteur en chef J. ZENNER

MERCREDI 31 décembre 1947 JEUDI 1er janvier 1948

Tragique fin d'année dans l'Est

APRÈS LE MARTYRE DE LA GUERRE

LE DRAME DES INONDATIONS

Sur la Moselle, la Meurthe, la Meuse et leurs affluents il y a plusieurs milliards de dégâts

Des milliers de sans-abri — Les sauvetages ne sont pas terminés — Nancy sans gaz et sans téléphone — Les bas-quartiers des cités sinistrées sont ravitaillées avec les pires difficultés — Les ravages dans les Vosges

Plusieurs cadavres ont été aperçus au fil de l'eau

SITUATION très grave A METZ

LUGUBRE randonnée DANS LA VALLÉE DE LA MEURTHE en amont de Nancy

L'EST RÉPUBLICAIN OUVRE UNE SOUSCRIPTION PUBLIQUE POUR LES SINISTRÉ DES 29 ET 30 DÉCEMB

et s'inscrit en tête pour un don 100.000 franc

Figure 4-3. Le « drame » fait la une des journaux. Source : *L'Est républicain*, 31 décembre 1947-1er janvier 1948

Figure 4-4. Moselle à Rettel le 26 mai 1983. Source : Dreal Lorraine

Crue de février 1990 en Alsace et en Lorraine

L'inondation de février 1990 survient après un mois de janvier relativement sec. L'anticyclone encore présent le 10 février sur l'Europe centrale s'effondre en 24 heures et laisse le champ libre aux perturbations océaniques dans un flux d'ouest très actif. Les cumuls de précipitations sont particulièrement importants du 10 au 15 et du 26 au 29 février. Jusqu'au 13, le temps est perturbé et froid. Il neige au-dessus de 400 m. L'épaisseur atteint 20 cm vers 500 mètres d'altitude et 50 cm au-dessus de 1 200 mètres. Le 13 au soir, une masse d'air chaude et humide fait subitement remonter la limite pluie-neige. Il pleut désormais abondamment aux sommets des Vosges. On enregistre 150 mm le 14 au lac d'Alfeld dans le Haut-Rhin. Les pluies, associées à un très fort vent d'ouest, font brutalement fondre le manteau neigeux. Au total, le mois de février est exceptionnel quant à la pluviométrie, avec plus de 300 mm sur les Vosges et plus de 200 mm sur les secteurs de Nancy et Metz (respectivement plus de trois et deux fois la moyenne climatologique). L'apport supplémentaire de lame d'eau par la fusion nivale sera estimé à au moins 80 mm.

Le bilan des inondations est catastrophique en Alsace, surtout sur les affluents de l'Ill amont. En Lorraine, les inondations sont légèrement moins marquantes. Sur la Sarre, les phénomènes restent plus modérés.

Crues de décembre 1993 et de janvier 1995 sur la Meuse

Ces deux crues sont représentatives des crues d'hiver à régime océanique. Elles ont touché le bassin de la Meuse, avec des cumuls pluviométriques qui ont dépassé 200 mm sur 7 à 11 jours **(fig. 4-5)**. À près d'un an d'intervalle, elles ont fortement impacté le département des Ardennes : fin 1993, on déplore la mort d'une personne et les dégâts sont estimés à 110 millions d'euros ; début 1995, trois personnes perdent la vie et les préjudices matériels sont de l'ordre 225 millions d'euros.

Crues de février, mai et juin 1999 sur le Rhin

À la suite de crues catastrophiques du Rhin au XIXe siècle, le fleuve a fait l'objet d'importants travaux de canalisation entre 1842-1876 puis 1932-1959. Ils ont modifié de façon significative les conditions d'écoulement. La comparaison entre les cotes de crue anciennes et les cotes de crues récentes n'est donc pas directement interprétable. Traduire chacune de ces hauteurs en débit permet de contourner cette difficulté pratique et d'établir une hiérarchie entre les crues des XIXe et XXe siècles.

L'année 1999 est exceptionnelle sur le Rhin. Le fleuve connaît en effet par trois fois en moins de douze mois les crues les plus importantes du XXe siècle. Tout d'abord en février, avec un niveau de 8,31 m le 21 à l'échelle de Lauterbourg (4 167 m^3/s) suite à une première fusion nivale sur les Alpes, le Jura, les Vosges et la Forêt-Noire. En mai, l'isotherme 0 °C remonte de 1 000 à 3 500 m d'altitude. La neige, qui couvrait tous les massifs montagneux, fond rapidement. À Bâle, la crue atteint 4 910 m^3/s le 13 mai. Le 14, le niveau est de 8,60 m à Lauterbourg. Des pluies diluviennes s'abattent ensuite sur les Alpes orientales, avec des valeurs atteignant localement 200 mm en 24 heures. Une semaine plus tard, le 22 mai, le Rhin connaît une nouvelle pointe de crue avec 4 110 m^3/s à Strasbourg et un niveau de 8,11 m quelques heures plus tard à Lauterbourg, soit 4 025 m^3/s.

Compte tenu des différents aménagements de protection sur le Rhin, les pertes matérielles restent ponctuelles, mais toutefois importantes localement. Pendant plus d'un mois, la navigation fluviale est largement perturbée, induisant des pertes économiques.

Crue d'octobre 2006 sur la Moselle et la Sarre

Les mois d'août et septembre 2006 ont été exceptionnellement pluvieux sur la partie sud-ouest de la Lorraine, avec un épisode plus marqué entre le 17 et le 24 septembre. On enregistre, à la station de Danne-et-Quatre-Vents en Moselle, 84,4 mm en 24 heures le 17 septembre, ce qui est supérieur à la hauteur centennale. Le record de cumul en 24 heures pour un mois de septembre est battu.

Une série de précipitations entre le 3 et 6 octobre engendre des cumuls très importants. Les 2 et 3 octobre, on relève 156 mm à la station de Belmont sur le Bas-Rhin et 126 mm à celle de Girancourt dans les Vosges. Au total, du 17 septembre au 4 octobre 2006, soit en 17 jours, les cumuls pluviométriques atteignent 306 mm à Belmont sur le Bas-Rhin et 327 mm à Girancourt sur les Vosges **(fig. 4-6)**.

Au cours de cet épisode, la Meurthe amont et ses affluents réagissent particulièrement. Les pointes de crue y ont un temps de retour supérieur à 20 ans. La Moselle amont est modérément affectée avec des temps de retour inférieurs à 5 ans. En tête de bassin du Madon, au contraire, on enregistre à la station de Mirecourt les plus hautes eaux connues, avec un temps de retour de la pointe de crue supérieur à 50 ans. Sur la Sarre, c'est également la partie amont qui est la plus réactive, avec une crue de période de retour 20 ans à la station de Sarrebourg.

Les dommages les plus graves sont relevés principalement le long de la Meurthe et de ses affluents, le Vezouze et la Mortagne, ainsi que sur le Madon.

Coulées boueuses de mai-juin 2008 en Alsace

Fin mai 2008, des orages extrêmement localisés et intenses sont à l'origine de coulées de boue qui dévastent le département du Haut-Rhin le 30 mai 2008, plus particulièrement le nord du Sundgau. Les communes de Heiwiller, Walheim, Tagolsheim, Illfurth sont tout particulièrement touchées. Des dizaines d'autres le sont également en Alsace. Mittelwihr, dans le canton de Kaysersberg, est la commune la plus impactée matériellement.

Le 31 mai, de nouvelles cellules orageuses se développent. L'épisode d'à peine deux heures touche le piémont des Vosges, en particulier les communes d'Urmatt, Wasselonne, Marmoutier, Saverne, Obernai, ainsi que la métropole strasbourgeoise. Les inondations sont importantes, avec de nouvelles coulées d'eau boueuse et d'importants dégâts à la voirie.

Les inondations à l'échelle des unités de présentation

Unité affluents alsaciens du Rhin

Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique des affluents alsaciens du Rhin est principalement constitué des bassins de l'Ill (4 760 km^2) et de la Moder (1 720 km^2). Long de 223 km, l'Ill prend sa source dans le Jura alsacien à 556 m d'altitude et reçoit la contribution d'une série d'affluents en rive gauche qui drainent la partie orientale des Vosges (ligne de crête entre 1 300 et 1 400 m d'altitude). La rivière Ill irrigue les grandes agglomérations alsaciennes de Mulhouse, Colmar, Sélestat et Strasbourg. Elle est connectée le long de sa traversée de la plaine d'Alsace à un réseau de cours d'eau phréatiques. Au niveau d'Erstein, une quinzaine de kilomètres avant son arrivée à Strasbourg, elle est reliée à un canal de décharge vers le Rhin qui permet de réguler son débit. Les affluents vosgiens de l'Ill possèdent dans leur partie montagneuse un régime de crues torrentielles qui s'atténue à l'arrivée dans la plaine d'Alsace et à leur confluence avec l'Ill. La Moder, longue de 93 km, et son principal affluent la Zorn (760 km^2) ont des crues plutôt lentes. Au nord du bassin de la Moder, on trouve enfin la Sauer et ses affluents l'Eberbach et le Seltzbach, ainsi que la Lauter, dont les hauts bassins sont situés en Allemagne. Elles ont comme la Moder des crues à cinétique lente.

Typologie des inondations

Les inondations sont principalement dues au débordement des cours d'eau engendrés par les crues. Celles-ci sont principalement de type océanique, avec influence nivale en cas de redoux et présence de stock neigeux conséquent. La forte pluviométrie, liée au relief des Vosges, associée aux fortes pentes dans la partie amont conduisent à des débits spécifiques importants. On rencontre également, lors d'épisodes orageux violents, des inondations par ruissellement et des coulées de boue. Des phénomènes de remontée de nappe sont par ailleurs observés dans la plaine d'Alsace.

Les crues rapides des affluents de l'Ill, comme la Thur, la Lauch ou la Bruch, affectent toute une série de zones d'activité et d'habitation. Quant aux crues de l'Ill, elles

impactent principalement les agglomérations de Mulhouse et de Colmar ainsi que les communes riveraines sur son parcours. En dépit des nombreux ouvrages d'endiguement réalisés tout au long de son lit, la protection n'est assurée que jusqu'à un certain seuil. Au-delà, la situation peut devenir critique avec de possibles ruptures localisées de digues.

Inondations remarquables

Huit événements ont été retenus **(fig. 4-7)** en fonction de la typologie précédente :
– crue océanique localisée (nord de l'unité) en mai 1970 ;
– crues océaniques avec fonte nivale, en janvier 1910, décembre 1919, décembre 1947-janvier 1948, janvier 1955, février 1990 ;
– crue complexe de printemps, avec deux épisodes pluvieux, en avril et mai 1983, et des inondations par débordement de cours d'eau et par remontée de nappe ;
– orages et coulées boueuses de mai et juin 2008 en Alsace.

Crue nivale de janvier 1910 en Alsace

Martin *et al.* (2011) ont décrit les conditions hydrométéorologiques de la crue de janvier 1910 en Alsace :

« […] Faisant suite à un automne très arrosé, le redoux provoqué par l'arrivée d'une masse d'air océanique chaude et humide a généré sur les reliefs de fortes précipitations et une fonte brutale de la couverture neigeuse. Dans les Vosges et la Forêt-Noire, on relève au matin du 18 janvier une soixantaine de cm de neige, dont 20 cm tombés dans la nuit. La remontée des températures (+5 °C le 19 à 1 000 m) associée à un très fort flux de sud-ouest entraîne des précipitations torrentielles jusque sur les crêtes : 192 mm en 24 heures au lac de la Lauch dans les Vosges, 132 mm à Triberg en Forêt-Noire. La réponse des cours d'eau est rapide et brutale, mais de courte durée du fait du retour du froid en montagne dès l'après-midi du 19, associé à d'importantes chutes de neige (60-80 cm sur les crêtes) jusqu'à basse altitude. »

La crue est remarquable par sa puissance et affecte tous les affluents du Rhin dans le sud de l'Alsace. À Sundhoffen (arrondissement de Colmar), le niveau de l'Ill est supérieur de 60 cm à celui enregistré lors de la crue de 1983. À Mulhouse, son débit maximum estimé atteint 330 m^3/s, supérieur à celui de la crue centennale (280 m^3/s). Globalement cet épisode de crue remarquable n'aura duré que trois jours, du 18 au 20 janvier 1910.

Les dommages consécutifs sont importants du fait notamment des nombreuses ruptures de digues, sans doute les plus notables du XX^{e} siècle sur les affluents du Rhin.

« La plaine de l'Ill est totalement inondée de Colmar au sud de Strasbourg, touchant un grand nombre de communes. Dans les vallées vosgiennes, les inondations sont spectaculaires : maisons, usines inondées, routes coupées, ponts emportés, etc., et les basses vallées de la Thur, de la Lauch, de la Fecht, de la Weiss, du Giessen, ou de la Bruche sont transformées en véritables lacs… Ainsi le quartier Grillenbreit à Colmar est sous un mètre d'eau et l'usine Kiener (manufacture textile) est totalement inondée. L'intégralité du village d'Illhaeusern est également inondé. » (*Ibid.*)

Notons que cette crue a relativement épargné les agglomérations de Mulhouse et Strasbourg, protégées par les ouvrages de décharge réalisés au cours de la seconde moitié du XIXe siècle.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Précipitations importantes et redoux provoquant une fonte rapide du manteau neigeux	• Vallées vosgiennes dans le Haut-Rhin et partie sud de la plaine de l'Ill (Illfurth à Erstein)	• Nombreuses ruptures de digues et communes inondées • Activités humaines et économiques fortement impactées • Quantification des dégâts difficile à réaliser

Crue nivale de décembre 1919 en Alsace

La genèse de l'événement de décembre 1919 est comparable à celle de l'épisode de janvier 1910, avec un automne particulièrement pluvieux. À partir du 10 décembre, la température s'abaisse. Il neige abondamment sur les Vosges, puis il gèle jusqu'à la reprise de la pluie le 18. La température se relève alors subitement, déclenchant une fusion nivale encore accélérée par d'abondantes précipitations. Au total, en décembre, les cumuls atteignent 860 mm à la station du lac d'Alfeld (Haut-Rhin) : valeur record à l'époque pour ce site.

Du 24 au 28 décembre, tous les affluents de l'Ill ainsi que l'Ill elle-même sont en crue sévère. Sur la Bruche, les eaux atteignent la cote 3,28 m à l'échelle de la station de Wolxheim, l'une des plus anciennes de la région. C'est la plus forte hauteur jamais observée à ce jour sur ce site depuis le début des enregistrements (vers 1880).

Le bilan des inondations de décembre 1919 est catastrophique, que ce soit sur l'Ill ou sur ses affluents. Au sein des vallées vosgiennes inondées, la circulation des trains est interrompue. Entre Colmar et Strasbourg, la plaine d'Alsace n'est plus qu'un grand lac, alors que plus à l'est, les eaux se mêlent à celles du Rhin.

Les dommages restent toutefois difficiles à estimer. Les sources utilisées sont rarement précises sur le sujet : « La force de l'élément furieux n'avait pas de limite. Les vagues emportaient des tonneaux, des voitures mêmes (charrettes), des bois de tout genre, des pommes de terre, des cadavres (d'animaux). » Un décès est à déplorer : « Une dame de notre endroit voulut traverser le pont de la Bruche dont une partie avait été endommagée par la crue. Quoique plusieurs habitants cherchassent à l'en empêcher, elle s'entêta. À peine eut-elle fait quelques pas que le pont s'écroula, entraînant la malheureuse qui disparut dans les flots. » (*L'Essor*, n° 83, 1973, p. 7)

La Bruche inonde toute la contrée d'Urmatt qui ne forme plus qu'un grand lac. La voie de chemin de fer est impraticable, de sorte que les communications sur la ligne Molsheim-Schirmeck sont interrompues.

Le rapport établi sur l'événement par la direction générale des Eaux et Forêts et de l'Agriculture met l'accent sur le fait que la région de Strasbourg, protégée des crues de

l'Ill grâce à la construction du canal de décharge réalisé par les autorités prussiennes en 1891, ne fut pas épargnée par la crue de la Bruche en décembre 1919. Cette dernière fut même, à partir du 24 décembre, la principale cause de l'inondation. Comme il est souligné dans le rapport des Eaux et Forêt, on peut imaginer :

« les conséquences désastreuses qu'aurait eues cette inondation, si aux eaux de la Bruche étaient venues s'ajouter comme autrefois, la presque totalité des eaux de l'Ill, au lieu d'une fraction de celle-ci inférieure à 6 %. Il n'est pas douteux que le niveau constaté en 1882 aurait été considérablement dépassé : des quartiers entiers de la ville et des localités voisines auraient été complètement submergés et les dégâts auraient représenté des sommes incomparablement supérieures à celles déjà signalées ».

Ainsi, « à Strasbourg, seule, on évalue les dégâts à plusieurs millions », selon le journal *L'Alsace.* Malgré le déversement de l'Ill dans le Rhin par les canaux appropriés, un très grand nombre de caves furent envahies par les eaux, tant par le sol même que par les canalisations des égouts.

La crue de décembre 1919 est qualifiée d'événement de référence en Alsace dans l'article scientifique à vocation historique consacré à la crue de 1910 dans le fossé rhénan déjà cité.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Précipitations importantes et redoux provoquant une fonte rapide du manteau neigeux	• Ensemble des affluents alsaciens du Rhin • À noter : l'importance de cet événement dans tout le fossé rhénan	• Au moins un mort, route et voies ferrées coupées, dégâts évalués à plusieurs millions de francs (1920)

Crue nivale de décembre 1947 des affluents vosgiens de l'Ill

Fort enneigement, redoux et pluies exceptionnelles sur le massif vosgien sont à l'origine de la crue majeure de décembre 1947 qui a touché tout le district Rhin-Meuse. Le réchauffement à l'origine de la fonte des neiges a été plus intense qu'en 1919, mais c'est surtout le cumul des précipitations **(fig. 4-8)** en cinq jours sur la partie centrale du massif vosgien qui est remarquable. Les têtes de bassin de la Doller, de la Thur, de la Lauch et de la Fecht reçoivent ainsi plus de 250 mm, alors que la valeur maximale atteint 415 mm à Wildenstein, commune située sur le haut bassin de la Thur (maximum journalier de 185,5 mm sur ce site).

La crue débute le 28 pour s'achever le 30 décembre. Une crue secondaire est observée du 13 au 15 janvier 1948, avant tout localisée sur le Bas-Rhin et le nord de l'Alsace.

Les informations disponibles sur la crue de décembre 1947 sur le Bas-Rhin font état d'une montée rapide des eaux : + 2,56 m en 24 heures sur l'Ill à Kogenheim, et + 1,70 m pour la Zorn, probablement à Waltenheim. Le débit dans le canal de décharge de l'Ill vers le Rhin au pont de Gerstheim est estimé à l'époque à 475 m^3/s. Aucune donnée similaire n'a été retrouvée à ce jour dans le Haut-Rhin.

Les dommages causés par la crue sont exceptionnels. Dans le département du Haut-Rhin les conséquences matérielles sont évaluées à environ 1 milliard de francs (valeur 1948-1950), et répartis comme suit :
– dégâts mobiliers pour environ 28 % ;
– dégâts immobiliers : 13 % ;
– approvisionnement détruit : 18 % ;
– dégâts aux cultures : 10 % ;
– dégâts aux voies de communication : 10 % ;
– dégâts sur les ouvrages hydrauliques placés sous responsabilité de l'administration du génie rural (ruptures de digues, érosion de berges, déplacement de lits, atteintes aux barrages, etc.) : 21 %.

Dans le Bas-Rhin, la vallée de la Bruche est particulièrement touchée, les pertes se montent à 40 millions de francs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Redoux rapide sur sol enneigé associé à une pluviométrie exceptionnelle	• Principalement les affluents vosgiens de l'Ill sur le Haut-Rhin : Thur, Doller, Fecht, Lauch et par suite l'Ill en aval des confluences	• 3 décès • Dégâts estimés à environ 1 GF de l'époque (pour le Haut-Rhin uniquement)

Crue nivale de janvier 1955 sur le Bas-Rhin

La genèse classique de la crue de janvier 1955, avec de fortes pluies associées à un redoux généralisé et une fonte des neiges en altitude, a été aggravée par le fait que les sols étaient encore gelés au moment de l'arrivée des précipitations, ce qui a réduit les possibilités d'infiltration et accéléré le transfert vers l'aval. Le rapport de l'ingénieur en chef du génie rural sur cet événement fait mention de la durée particulièrement longue de l'épisode pluvieux, avec comme conséquence des conjonctions de crues extrêmes sur les trois grands cours d'eau que sont le Rhin, l'Ill et la Bruche.

La crue est exceptionnelle sur le secteur de l'Ill aval et plus globalement dans tout le département du Bas-Rhin, y compris sur les bassins versants du nord du massif (Moder, Zorn, Seltzbach, etc.). Aux échelles suivantes, les rivières atteignent ou dépassent les plus grandes crues enregistrées pour l'époque :
– l'Ill à Kogenheim, 2,67 m le 16 janvier 1955 (idem maximum connu de 1919) ;
– la Moder au pont principal de Pfaffenhoffen, + 40 cm au-dessus de la crue historique de 1910 ;
– le canal de décharge de l'Ill vers le Rhin au pont de Gerstheim et en amont immédiat du barrage de Plobsheim, respectivement, 3,06 m et 4,69 m en 1955 contre un maximum de 2,84 m et 4,49 m en 1910.

C'est sur le dispositif de protection de l'agglomération strasbourgeoise contre les crues de l'Ill, à hauteur du canal de décharge vers le Rhin, entre Erstein et Plobsheim, que se sont concentrées les principales difficultés de gestion de l'événement. La situation a mis en évidence le sous-dimensionnement de l'ouvrage qui a transité, à l'occasion de

cette crue, les débits les plus importants depuis sa mise en service à la fin xixe siècle. Les techniciens de l'époque constatèrent, de plus, que sa capacité de transit était diminuée par la concomitance des hautes eaux du Rhin à son extrémité aval. Dès lors, face à l'impérieuse nécessité de protéger l'agglomération strasbourgeoise, menacée au même moment par la crue de la Bruche, les autorités civiles, avec l'appui du génie militaire, firent percer une brèche dans les digues rive droite du canal. L'objectif était de diminuer la hauteur d'eau afin d'éviter les ruptures et/ou submersions, jugées très plausibles, en rive gauche, ce qui aurait directement menacé Erstein et, plus en aval, l'agglomération de Strasbourg. Le percement proprement dit a été effectué en deux temps : le premier dans la nuit du dimanche 16 au lundi 17 janvier, le second en milieu de journée le 17 janvier. Le débit ainsi délesté a été évalué à environ 30 m^3/s sur un débit maximum total estimé dans le canal à environ 600 m^3/s.

Au-delà du cas particulier de la protection de Strasbourg, la crue de janvier 1955 a touché gravement une cinquantaine de communes. Elles sont situées principalement le long des vallées de l'Ill, de la Bruche, de l'Ehn, de l'Andlau et surtout le long de la Zorn, de la Moder et de l'Eichel (bassin de la Sarre). Parmi les plus affectées on citera Kogenheim, Meistratzheim, Gresswiller, Pfaffenhoffen, Uhrwiller, Weyersheim, Niederrœdern. Notons que dans l'agglomération strasbourgeoise des phénomènes de remontée de nappe ont été observés entraînant l'inondation partielle de plusieurs quartiers (Montagne-Verte, Meinau, Elsau, Robertsau) et de multiples dégâts notamment aux équipements (chaudières…) et aux marchandises entreposées dans les sous-sols.

Dans le département du Haut-Rhin, la digue de la Lauch a cédé à hauteur de Colmar entraînant l'inondation de la totalité des quartiers sud de la ville. Pour le seul département du Bas-Rhin, les dégâts de toutes natures sont évalués à environ 700 millions de francs (valeur 1955). Les infrastructures hydrauliques, en particulier, ont été très éprouvées et ont nécessité d'importants travaux de remise en état. À noter enfin suite à cette crue, la capacité d'évacuation du canal de décharge de l'Ill vers le Rhin a été portée de 600 à environ 1 000 m^3/s. Cette crue a justifié le déclenchement du plan Orsec par le Préfet.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Précipitations importantes et redoux provoquant une fonte rapide du manteau neigeux • Sol encore gelé, réduisant fortement les capacités d'infiltration	• Surtout les vallées de l'Ill, de la Bruche et de la Zorn, mais également les quartiers sud de Colmar après rupture de digue sur la Lauch	• 700 MF de dommages (Bas-Rhin), beaucoup de communes sous les eaux, rupture de digues • Recalibrage du canal de décharge de Strasbourg suite aux événements

Crue de mai 1970 des cours d'eau du nord du Bas-Rhin

La crue de mai 1970 est atypique. Elle touche essentiellement les cours d'eau du nord du Bas-Rhin, notamment la Lauter, la Moder, la Sauer et le Zorn, et, plus largement,

la partie nord du bassin français du Rhin. Dans ce secteur, les cumuls pluviométriques sont élevés – on relève jusqu'à 138 mm à Haguenau en 48 heures, les 10 et 11 mai 1970 – et viennent s'ajouter à ceux d'un printemps déjà particulièrement pluvieux. La saturation hydrique initiale des sols a donc favorisé le ruissellement au détriment de l'infiltration.

Les cours d'eau réagissent fortement avec des crues qui figurent parmi les plus puissantes observées au nord de l'Alsace. Les débits de pointe aux stations hydrométriques de Schweighouse-sur-Moder et de Niederrœdern sur le Seltzbach sont les plus forts enregistrés respectivement depuis 1966 et 1965, avec dans les deux cas une période de retour voisine de 50 ans.

Figure 4-9. L'Ill à Sélestat le 24 février 1970. Source : DDT 67

La crue a provoqué de manière indirecte le décès d'un automobiliste. Sur les vallées précitées, des routes et des rues sont submergées, notamment dans le secteur de

Saverne, à Weiler, à la sortie de Wissembourg et à Lembach dans la vallée de la Sauer. Une partie de Sélestat est sous les eaux (fig. 4-9). Les données consultées n'ont pas permis de quantifier les dommages.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Crue complexe avec flux de sud • Phénomène localisé au nord du bassin français du Rhin	• Les bassins versants de la Zorn, Moder, Sauer, Seltzbach et Lauter	• Un décès, quantification des dégâts non disponible

Crues d'avril et mai 1983 en Alsace

La pluviométrie relevée au cours des mois d'avril et de mai 1983 est exceptionnelle. Sur la station de Strasbourg-Entzheim, le cumul sur les deux mois est de 315,9 mm. Il constitue la plus forte valeur enregistrée sur l'ensemble de la période 1950-2010, loin devant le second plus fort cumul en 1968 (220 mm) et plus de 2,5 fois la moyenne climatologique (220 mm).

La crue d'avril 1983

Le début du mois d'avril est particulièrement pluvieux. Durant cinq jours, du 5 au 9 avril, la lame d'eau varie de 50 mm sur les zones les plus abritées de la plaine d'Alsace à plus de 300 mm sur les sommets vosgiens. Un cumul exceptionnel de 345 mm est ainsi mesuré à Sewen (lac d'Alfeld), dans le Haut-Rhin. Les trois journées des 7, 8 et 9 avril se révèlent les plus pluvieuses, avec des valeurs comprises entre 100 et 250 mm sur les versants les plus exposés du relief. Sur le massif vosgien, redoux et averses activent par ailleurs la fonte du manteau neigeux constitué sur les sommets entre le 1er et le 4 avril (30 cm au Ballon d'Alsace, 15 cm au Markstein).

À Colmar, la crue débute dans la journée du 6 avril pour atteindre sa pointe dans la nuit du 9 au 10 avril. En amont de Mulhouse, dans le Sundgau, la crue de l'Ill et celle de la Largue sont très modestes (crue annuelle). Les cours d'eau issus de la partie centrale du massif vosgien connaissent à l'inverse une montée rapide avec des périodes de retour élevées allant de 30 à 50 ans.

L'inondation est à l'origine de quatre décès. Les pertes matérielles sont considérables, en particulier dans les vallées de la Doller et de la Thur. Plusieurs ruptures de digues de protection sont signalées notamment à Cernay, au débouché de la Thur en plaine, à Sainte-Croix-en-Plaine sur l'Ill, à Sélestat sur le Giessen, entre Muttersholtz et Hilsenheim dans le Ried de l'Ill, à Ernolsheim en basse vallée de la Bruche. Elles ont à chaque fois entraîné des submersions directes très dommageables de zones urbanisées. À Logelheim, commune située sur l'Ill en amont de Colmar, la situation a été particulièrement critique. La digue de protection a rompu en plusieurs endroits. La presse mentionne un volume de 540 000 mètres cubes d'eau qui se serait déversé dans le village en dix heures, atteignant des hauteurs de 60 cm à 1,50 m dans les rues, inondant le bourg trois jours durant. Les dégâts sont très importants.

L'ensemble des vallées sous-vosgiennes est fortement impacté par l'événement (fig. 4-10), du sud Alsace (Sundgau excepté) à la vallée de la Bruche, jusqu'aux portes

de Strasbourg. Des phénomènes de remontée de nappe sont par ailleurs signalés dans plusieurs communes et quartiers de la communauté urbaine. Le département du Haut-Rhin est le plus touché.

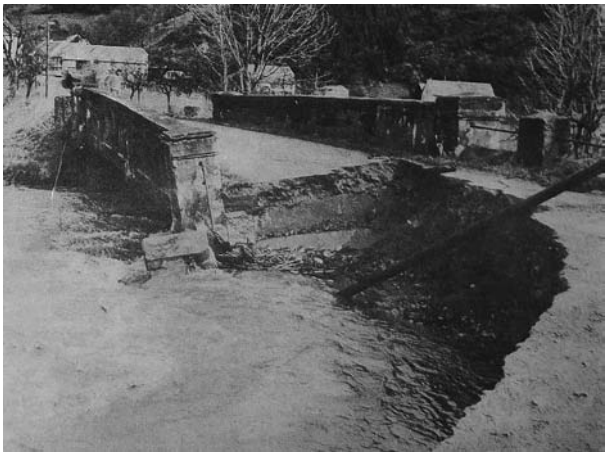


Figure 4-10. Pont détruit au lieu-dit Musloch entre Sainte-Marie-aux-Mines et Lièpvre. Source : *L'Alsace*, 12 avril 1983

Le plan Orsec est déclenché dans plusieurs secteurs du département :
– la confluence Fecht-Ill : secteur Colmar, Illhaeusern, Guémar, Ostheim ;
– l'Ill en amont de Colmar : secteur Sainte-Croix-en-Plaine, Logelheim, Appenwihr ;
– l'ensemble de la vallée de la Thur, avec notamment le centre-ville de Cernay envahi par les eaux ;
– l'ensemble de la vallée de la Doller.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Précipitations importantes sur les vallées vosgiennes et redoux provoquant une fonte rapide du manteau neigeux	• Vallées sous-vosgiennes de la Doller à la Bruche et plaine alluviale de l'Ill de Mulhouse à Erstein	• 4 personnes décédées, dégâts considérables dans les vallées de la Doller, de la Thur, de la Fecht et de l'Ill, accentués par de nombreuses ruptures de digues (dont Logelheim sur l'Ill) • Plan Orsec déclenché dans le Haut-Rhin

La crue de mai 1983

Du 23 au 25 mai, des précipitations soutenues touchent l'ensemble du territoire alsacien. On relève un cumul de 90 mm sur le secteur Mulhouse-Strasbourg. Dans un contexte de sol déjà saturé par la pluviométrie largement excédentaire observée depuis plusieurs semaines, le ruissellement est largement favorisé au détriment de

l'infiltration. Du 1er au 22 mai 1983, il est tombé 126 mm sur le nord-est de la France, soit plus de deux fois la moyenne interannuelle. Au mois de mai, à Strasbourg et Neuf-Brisach, on relève respectivement 198 et 221 mm de pluie, soit trois à quatre fois plus que la moyenne climatologique (resp. 61 et 55 mm).

La crue survient du 25 au 27 mai (fig. 4-11). Elle se développe principalement à partir des basses collines sous-vosgiennes, de la région du Sundgau dans le sud de l'Alsace et, ponctuellement, sur certains hauts bassins comme celui de la Zorn. On relève sur ce dernier une période de retour de l'ordre de 50 ans (station de Saverne), de même que sur la Largue (Dannemarie) et l'Ill en amont de Mulhouse. En aval de Mulhouse, les débits restent plus modérés et ne dépassent pas la période de retour de 20 ans. Notons les niveaux remarquables de la nappe d'Alsace en cette fin mai 1983, niveaux particulièrement élevés qui font encore référence aujourd'hui.

Les pluviométries intenses ont engendré des phénomènes d'inondation et de glissement de terrain rarement observés dans les secteurs de moyenne montagne du Centre Alsace, entre Colmar et Ribeauvillé principalement. De nombreuses infrastructures, en particulier routières, ont été endommagées à cette occasion. Par ailleurs, l'inondation des voiries paralyse l'activité locale durant plusieurs jours. Des infrastructures hospitalières et scolaires ont également été partiellement inondées dans le Sundgau. Une rupture de digue sur l'Ill au niveau de Sainte-Croix-en-Plaine (Ill canalisée en amont de Colmar), nécessite la mobilisation d'importants moyens de génie civil.

Figure 4-11. La Sauer à Munchhausen le 26 mai 1983. Source : DDT 67

Du sud au nord de la plaine d'Alsace, les phénomènes généralisés de remontées de nappes (nappe rhénane et/ou nappe associée au cours d'eau) ont causé de très nombreux dégâts principalement par inondation des caves et sous-sols des immeubles.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Précipitations généralisées sur l'ensemble de la région, sur des sols déjà saturés lors de la crue d'avril	• Sundgau, plaine de l'Ill jusqu'à Erstein, secteur moyenne montagne à l'arrière de Colmar, vallée de la Bruche et de la Zorn • Nombreuses remontées de nappes dommageables en plaine d'Alsace	• Estimation chiffrée des impacts indisponible

Crue nivale de février 1990 en Alsace

Des précipitations intenses s'abattent sur le massif vosgien à partir du 10 février puis s'intensifient à partir du 12 pour se poursuivre jusqu'au 15 février (pluie centennale en 48 heures). Par son intensité et sa durée, le phénomène climatique à l'origine des crues de février 1990 est exceptionnel. Le cumul **(fig. 4-12)** atteint 150 mm le 14 à la station du lac d'Alfeld dans le Haut-Rhin. Les hauts bassins de la Doller, de la Thur, de la Lauch, de la Fecht, du Giessen et de la Bruche enregistrent un cumul de pluie sur quatre jours largement supérieur à 150 mm, avec un maximum supérieur à 300 mm sur les têtes de bassin de la Doller et de la Thur. Associées à une brusque remontée des températures, y compris en altitude, elles provoquent la fonte brutale de la neige tombée les jours précédents. L'apport supplémentaire engendré par la fusion nivale est évalué à environ 80 mm de pluie.

La crue est rapide, avec un temps de montée de deux jours, soit le double environ de celui de l'épisode d'avril 1983. Du 14 au 16 février, elle touche de manière concomitante et homogène tous les cours d'eau issus des bassins précités. L'intensité des phénomènes est telle que l'événement constitue aujourd'hui la crue de référence sur de nombreux affluents alsaciens du Rhin.

Les impacts sont considérables. Sept personnes perdent la vie. Les dégâts matériels sont estimés à 140 millions de francs pour le seul département du Bas-Rhin. À Colmar, la rupture d'une digue au niveau de la confluence de l'Ill et de la Lauch (ou vieille Thur) noie tout le quartier de la Luss. Une seconde rupture est signalée à hauteur du quartier du Ladhof. La crue a été particulièrement forte dans la vallée de la Lauch avec des dégâts très importants aux infrastructures routières. À Sélestat, ce n'est pas la rupture mais la submersion des digues de protection, à la fois en rive droite et en rive gauche du Giessen, qui a entraîné l'inondation de plusieurs quartiers, dont celui de la Filature. Des phénomènes de glissements de terrain – notamment sur la commune de Lapoutroie – et de coulées boueuses sont signalés sur tout le massif. Les rues principales de Schirmeck et La Broque en haute vallée de la Bruche sont submergées. L'eau atteint jusqu'à 1,50 m de hauteur. À Strasbourg et dans l'agglomération, plusieurs communes et quartiers sont partiellement inondés par la Bruche, dont Holtzheim, suite à une rupture de digue en rive droite, et les quartiers de la Montagne-Verte et du Wacken. Au total, plus de 200 communes alsaciennes sont touchées (fig. 4-13).

L'ampleur et les impacts de la crue de février 1990 sont à l'origine d'une forte mobilisation des autorités et des élus, avec l'activation ou la réactivation de plusieurs procédures réglementaires (PER, R.111-3), notamment dans l'agglomération strasbourgeoise, dans les vallées de la Bruche, de l'Ill, de la Fecht et de Lauch.

Figure 4-13. Crue du 17 février 1990 à Muttersholtz. Source : DDT 67, photo Airdiasol

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Précipitations intenses (période de retour voisine de 100 ans sur 48 heures)	• Essentiellement les cours d'eau issus de la partie centrale du massif vosgien de la Doller à la Bruche	• Sept décès, dégâts évalués à 140 MF uniquement pour le Bas-Rhin • Réactivation des politiques de prévention

Ruissellements, coulées boueuses et laves torrentielles de mai-juin 2008 en Alsace

Plusieurs épisodes orageux violents frappent l'Alsace au cours des mois de mai et juin 2008. Le cumul horaire des pluies observées dépasse 40 mm, soit une valeur largement supérieure à la précipitation horaire décennale. L'ensemble de la région est touché. Les secteurs les plus affectés ont été les collines du Sundgau autour de la vallée du Thalbach, le piémont viticole autour de Colmar-Ribeauvillé, le Kochersberg et notamment les communes les plus proches de Strasbourg, les villages situés de part et

d'autre des vallées de la Zorn et de la Moder autour d'une ligne Mommenheim-Pfaffenhoffen, ainsi que quelques communes de l'Outre-Forêt autour de Soultz-sous-Forêts et Wœrth.

Ces précipitations intenses ont généré des phénomènes hydrauliques exceptionnels avec pour certaines communes des combinaisons aggravantes :
– des ruissellements intenses entraînant des saturations et/ou le débordement des tronçons couverts des cours d'eau et/ou des réseaux d'assainissement dans les traversées de village, phénomènes aggravés par l'imperméabilisation des sols ;
– des coulées boueuses à l'interface des zones urbanisées et des secteurs agricoles cultivés (principalement maïs, vigne et houblon). Cette sensibilité des sols à l'érosion (nature des sols et topographie) est avérée sur la quasi-totalité des communes ayant connu des dégâts ;
– des crues torrentielles sur de petits bassins versants avec débordement au droit des zones urbanisées.

Il faut souligner le caractère particulièrement subit de ces phénomènes qui rend leur prévision très difficile en l'état actuel des connaissances et des dispositifs techniques. Les populations n'ont généralement pas le temps d'anticiper l'arrivée des eaux. D'où l'importance des dégâts, suite à l'inondation des rez-de-chaussée, caves et sous-sols des habitations ou des locaux professionnel, ou de l'endommagement des véhicules automobiles.

Dans certaines configurations, comme à Mittelwihr au nord de Colmar, les dégâts sont comparables à ceux provoqués par des inondations torrentielles en zone de montagne avec destruction d'infrastructures, notamment la voirie ou les équipements hydrauliques (réseaux d'assainissement, ouvrages d'endiguement des petits cours d'eau). Enfin, il faut souligner les perturbations diverses occasionnées par ces phénomènes sur le trafic routier et ferroviaire.

Les coulées boueuses de mai/juin 2008 n'ont occasionné aucun décès en Alsace. Quant aux dégâts matériels, ils restent difficiles à quantifier.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Épisodes orageux printaniers intenses et ponctuels, mais étendus à l'ensemble des petits bassins versants alsaciens avec des cultures de printemps sur sols à tendance érosive	• À l'interface entre les zones urbanisées des communes rurales et les bassins versants agricoles voisins	• Caves, sous-sol et parfois rez-de-chaussée inondés, bien matériels emportés et/ou endommagés par l'eau

Unité axe du Rhin

Réseau hydrographique

Le Rhin prend sa source dans le massif du Saint-Gothard dans les Alpes suisses. Son bassin versant couvre une superficie totale d'environ 185 000 km^2. La partie

française s'étend sur 23 500 km² et comprend, outre le Rhin lui-même, les parties françaises des bassins de la Moselle, de la Sarre et les affluents alsaciens.

Son cours s'étend sur une longueur totale de 1 325 km, dont 185 km environ en plaine d'Alsace (270 km si l'on intègre les parties canalisées et les tronçons court-circuités). Il est classiquement découpé en cinq parties :

– le Rhin alpin, jusqu'au lac de Constance (altitude 396 m) en Suisse, est issu de la confluence du Rhin antérieur (source au lac de Toma, altitude 2 341 m) et du Rhin postérieur (source à 2 216 m) ;

– le Haut-Rhin, jusqu'à Bâle (altitude 252 m), délimite la frontière entre la Suisse et l'Allemagne, et reçoit principalement les apports de l'Aar ;

– le Rhin supérieur, s'écoule dans le fossé Rhénan. Il constitue la frontière entre la France et l'Allemagne dans sa première moitié sud jusqu'à Lauterbourg (altitude 106 m), puis poursuit son parcours en Allemagne jusqu'à Bingen (altitude 89 m). Il reçoit les apports en rive gauche de l'Ill et en rive droite du Neckar et du Main ;

– le Rhin moyen, entièrement situé en Allemagne, traverse le massif Rhénan, jusqu'à Bonn (altitude 60 m) ;

– le Rhin inférieur termine son cours aux Pays-Bas, et se divise en trois bras au niveau de son delta jusqu'à la mer du Nord.

D'un point de vue hydrologique, le lac de Constance (542 km²) joue un rôle de réservoir tampon et de piège des matériaux solides. Le Rhin a un débit relativement constant à sa sortie. Ses affluents aval, et notamment la Thur, la Töss, la Reuss, l'Aar, l'alimentent en débits torrentiels et contribuent à la formation de crues rapides. Le régime hydrologique est ici fortement marqué par la présence des glaciers alpins : faibles apports d'eau en période hivernale, crues sévères lors des remontées de l'isotherme 0 °C au-dessus de 1 500 m, avec une fonte massive des neiges qui peut se combiner avec d'importantes précipitations. Cette configuration caractérise les crues printanières du Rhin supérieur, avec un régime de hautes eaux compris entre mai et juillet en lien avec la fonte des neiges d'altitude et des glaciers. À son débouché dans la plaine d'Alsace, le Rhin a un régime hydrologique de type nivo-glaciaire.

Le Rhin franco-allemand a fait l'objet d'aménagements successifs entrepris dès le milieu du XIX^e siècle avec des objectifs évolutifs :

– travaux de correction dits de Tulla (achevés vers 1860-1870) pour tenter de maîtriser le caractère dommageable des inondations, notamment dans la plaine centrale d'Alsace, mais aussi dans le but d'assainir les zones humides et de gagner des terres pour l'agriculture ;

– aménagement hydroélectrique du fleuve après la Première Guerre mondiale et jusqu'au milieu des années 1970, associé à l'amélioration de sa navigabilité compromise par les travaux réalisés au XIX^e siècle. Ces aménagements ont conduit à un endiguement généralisé et continu du fleuve depuis l'aval immédiat de Bâle jusqu'à la dernière chute aménagée à hauteur d'Iffezheim, 20 km environ avant la frontière nord de l'Alsace. Le linéaire du fleuve a été sensiblement réduit et surtout l'ancien champ d'expansion du Rhin dans la plaine d'Alsace a été amputé de près de 75 %.

Ces deux séries de travaux ont conduit, d'une part, à une accélération de la vitesse de propagation des crues et, d'autre part, à une réduction très sensible de l'effet de

laminage des débits et des volumes de crues qui autrefois pouvaient s'étaler dans la vaste plaine commune à l'Alsace et au Land du Bade-Wurtemberg.

Dans sa partie contrôlée par les aménagements hydroélectriques, entre Bâle et Iffezheim, le niveau des biefs est quasiment constant et dépend, sauf pour les débits très élevés, des manœuvres d'exploitation effectuées par les différents gestionnaires des barrages, le tout en lien avec les contraintes de la navigation. Les tronçons court-circuités du fleuve sont alimentés en période normale par un débit réservé. En situation de crue, ces tronçons reçoivent l'essentiel du débit du fleuve. C'est le cas notamment du Vieux Rhin qui, depuis l'aval immédiat de Bâle, coule parallèlement au grand canal d'Alsace sur près de 50 km.

Typologie des inondations

Les aménagements réalisés aux XIX^e^ et XX^e^ siècles sur le Rhin franco-allemand ont porté le niveau des digues au-dessus de la crue millénale entre Bâle et le barrage d'Iffezheim. Entre Kembs et Strasbourg, les ouvrages ont été dimensionnés pour évacuer une crue de 6 000 m^3/s a minima (répartition entre le grand canal d'Alsace et le Vieux Rhin), soit un événement supérieur à la crue millénale. La capacité de transit hydraulique des biefs de Gambsheim et Iffezheim est respectivement de 7 200 et 7 500 m^3/s.

Globalement, le long du Rhin franco-allemand jusqu'à Iffezheim, le risque de dommage lié à une inondation est donc principalement à concevoir au regard d'éventuelles ruptures et/ou submersions de digues. La frange rhénane est fortement urbanisée sur certains secteurs et les enjeux vis-à-vis du risque inondation y sont donc localement très forts, à la fois dans le secteur résidentiel et dans le domaine des activités industrielles (plusieurs établissements classés Seveso et une centrale nucléaire). Il convient de garder à l'esprit que ces ouvrages ne peuvent jouer pleinement leur rôle que s'ils font l'objet d'une surveillance et d'un entretien régulier et de la mise en œuvre de dispositifs spécifiques en cas de crues. Ces missions se rattachent donc à un enjeu de sécurité très fort et nécessitent de pouvoir anticiper sur l'évolution des débits et des hauteurs d'eau.

Sur le Rhin dit à courant libre (en aval d'Iffezheim), le système d'endiguement est plus ancien (XIX^e^ siècle avec les travaux dits de Tulla). La crue de dimensionnement est moins forte, soit une fréquence annuelle de dépassement de l'ordre de 10^{-2} à 5.10^{-3} (T entre 100 et 200 ans). Notons qu'il existe une vulnérabilité particulière sur des secteurs très limités formés par les îles du Rhin. Ces dernières, situées sur les tronçons court-circuités du Rhin, ne bénéficient pas du système d'endiguement connexe aux aménagements hydroélectriques. Elles sont donc régulièrement inondées. Fort heureusement, les îles du Rhin sont très peu urbanisées, les enjeux y sont donc relativement faibles. La situation est comparable à Strasbourg dans le quartier du Jardin-des-Deux-Rives, mais à la différence des îles, les enjeux sont ici importants et la protection assurée seulement pour la crue centennale.

L'amplification des crues et des inondations en aval du tronçon aménagé a conduit à la mise en œuvre d'un vaste programme de rétention des crues, concrétisé par la convention franco-allemande de décembre 1982. Ce programme comporte, entre autres, la création de zones de rétention des crues et vise à rétablir, à l'aval du barrage

d'Iffezheim, le niveau de protection contre les inondations qui existait avant les aménagements hydroélectriques. On estime en effet aujourd'hui que l'aménagement du Rhin franco-allemand a aggravé la situation de plus de 700 000 personnes face à l'aléa inondation, avec un risque de dommages potentiels estimé à plus de 6 milliards d'euros. Pour être efficaces, les mesures de rétention réalisées dans le cadre du programme précité doivent être mises en œuvre aux moments opportuns. Il existe donc aussi un enjeu fort en ce qui concerne la prévision, en lien avec l'efficacité et la bonne marche des dispositifs de rétention existants le long du Rhin franco-allemand. Enfin, le Rhin est un fleuve navigable qui accueille un trafic international très important de bateaux de marchandises et de plaisance (32 121 bateaux et environ 21 millions de tonnes comptabilisés aux écluses de Gambsheim en 2003). La sécurité de cette voie d'eau impose la mise en œuvre de dispositions particulières en situation de crues, dont notamment l'arrêt de la navigation, la fermeture des ports, le déplacement des bateaux en stationnement. Là encore, il existe un enjeu important en lien avec la prévision des crues.

Inondations remarquables

Huit événements historiques **(fig. 4-14)** ont été retenus, en distinguant :
– les inondations du XIXe siècle (1852, 1876, 1881, 1882) et du début du XXe siècle (1919) survenues avant la phase d'aménagement hydroélectrique du Rhin ;
– les inondations plus récentes (1955, 1999, 2007), plus facilement interprétables dans les conditions actuelles d'écoulement des crues.

Ces différents événements ont tous une forte composante nivale, à l'exception des crues de septembre 1852 et septembre 1881, et de la crue d'août 2007 liée à des pluies d'origine continentale (retour d'est).

Crues anciennes du Rhin (1852, 1876, 1881, 1882, 1919)

Le Rhin avant le XIXe siècle

Avant les grands travaux de recalibrage du XIXe siècle, le Rhin se déplaçait librement, au gré des crues, dans toute l'étendue de sa bande active. Son lit, constitué de multiples bras entrecoupés d'îles et de bras morts pouvait atteindre plusieurs kilomètres de large. Les crues participaient ainsi directement à la dynamique fluviale et au renouvellement du paysage rhénan. Des îles naissaient, d'autres disparaissaient ; des bras morts et des marais se formaient. Les espaces cultivés par les communautés d'habitants pouvaient être durement affectés par ces changements, mais elles en tiraient aussi parti. Ces déplacements du lit reléguaient parfois les villages sur la rive opposée du fleuve, les rattachant du coup juridiquement au pays voisin (Vieux-Brisach en 1296, Rhinau en 1398). Certains épisodes furent catastrophiques, détruisant tout.

XIXe siècle et début XXe : canalisation et grandes crues (1852, 1876, 1882, 1919)

Le premier grand projet de correction du Rhin entre Bâle et Mannheim est l'œuvre, à partir de 1812, de Johann Gottfried Tulla, colonel des ponts et chaussées du grand-duché de Bade. L'entreprise dura plus de 30 ans, de 1842 à 1876, sur la section de Bâle à Strasbourg. Le projet avait pour but de favoriser la navigation sur le Rhin, de protéger les villages riverains, d'assurer une meilleure protection face aux crues, d'assainir les marais et de gagner des terres pour l'agriculture. La correction consista

tout d'abord à établir un lit mineur unique et fixe au fleuve. Un chenal navigable fut créé entre deux lignes parallèles et continues d'ouvrages distantes de 200 à 250 m. Submersibles par les grandes crues, ces ouvrages rapprochés étaient doublés par des digues de « hautes eaux » établies à distance à l'intérieur du lit majeur et dimensionnées en vue de contenir des crues de période de retour 200 ans. En raccourcissant ainsi la longueur du fleuve (– 15 %), les travaux ont profondément modifié sa dynamique d'écoulement, en accentuant les zones d'érosion et en déplaçant les zones d'accumulation à l'intérieur du lit, ce qui compromet notamment l'objectif de navigation et de protection.

Plusieurs projets complémentaires ont vu le jour associant équipement hydroélectrique du fleuve et aménagement de la voie navigable : barrage de Kembs, grand canal d'Alsace réalisé de 1932 à 1959, aménagement des biefs successifs jusqu'à Iffezheim. Ils ont permis de concilier à la fois les objectifs industriels (production d'énergie), commerciaux (maintien d'une voie navigable de grand gabarit) et de sécurité (protection contre les crues). Les transformations successives apportées au lit du fleuve et leurs conséquences sur la dynamique des crues rendent délicates les comparaisons entre données de hauteur d'une période à l'autre. Il est nécessaire pour cela de disposer d'informations complémentaires et précises sur l'état du lit en fonction de l'état d'avancement des travaux. D'une manière générale, les aménagements successifs ont eu pour effet d'une part d'augmenter les débits de crues et d'autre part d'accélérer leur propagation.

Le Rhin a connu plusieurs crues remarquables au XIX^e siècle. Les événements de 1802 et 1824 ne sont pas facilement interprétables, car antérieurs aux travaux de correction du Rhin. Le 19 septembre 1852, l'eau atteint la cote 6,48 m à Bâle, pour un débit de pointe estimé à 5 400 m³/s. En juin 1876, le fleuve submerge l'ensemble de la plaine d'Alsace avec un débit maximum enregistré de 5 700 m³/s à Bâle le 13 juin (5,5 fois son débit moyen), et de 4 580 m³/s à Strasbourg le 15 juin. Le 2 septembre 1881, l'eau atteint la cote 6,14 m à Bâle, pour un débit de pointe estimé à 5 280 m³/s. Les épisodes de 1882 et 1919 résultent tous les deux de la combinaison d'une brusque fonte des neiges et d'une période de pluies abondantes. Le 28 décembre 1882, le débit atteint 4 370 m³/s à Bâle et 4 980 m³/s à Strasbourg. Dans cette cité, il atteint encore 3 640 m³/s le jour de Noël 1919. Les dégâts occasionnés par ce dernier événement ont été évalués à plusieurs millions de francs à Strasbourg. La plaine d'Alsace est complètement submergée jusqu'à Colmar, et la circulation des trains est interrompue dans presque toute la vallée des Vosges.

Date de crue	Commentaires
Septembre 1852	Débit à Bâle de 5 400 m³/s pour une hauteur d'eau de 6,48 m
Juin 1876	Débit à Bâle de 5 700 m³/s et de 4 580 m³/s à Strasbourg
Septembre 1881	Débit à Bâle de 5 280 m³/s pour une hauteur d'eau de 6,14 m
Décembre 1882	Débit de 4 980 m³/s à Strasbourg Crue liée à une brusque fonte des neiges et à une période de pluies abondantes
Décembre 1919	Débit de 3 640 m³/s à Strasbourg Crue liée à une brusque fonte des neiges et à une période de pluies abondantes

Crue de janvier 1955 sur le Rhin vers Strasbourg

Du 11 au 17 janvier 1955 le cumul de précipitations atteint 90 mm à Strasbourg. C'est presque quatre fois la moyenne climatologique de janvier. Les fortes pluies se sont associées à un redoux qui provoque la fonte des neiges en montagne. La réaction des cours d'eau est immédiate. Les eaux du Rhin s'élèvent rapidement (fig. 4-15). Le fleuve atteint six mètres à Strasbourg, sa plus haute cote depuis 1876. Face au risque de submersion du canal de décharge de l'Ill qui provoquerait une grave inondation de la ville, les autorités font ouvrir une brèche dans les digues du canal. C'est l'événement de référence du plan franco-allemand de prévention des crues.

La décrue s'amorce à partir du 18 janvier révélant d'importants dommages. En certains endroits la remontée de nappe a inondé les caves sur plus d'un mètre de hauteur. Les pertes de stocks chez les commerçants et les industriels sont conséquentes. De nombreuses chaudières sont mises hors-service ainsi que certains réseaux électriques. Beaucoup d'écoles doivent fermer. À la cité Rotterdam, les résidents sont entièrement privés d'électricité et de chauffage (45 familles sans lumière et 400 sans chauffage). Les pompiers s'activent dans les caves. Les sous-sols de la Maison de l'Europe sont complètement inondés. La navigation rhénane est interrompue pendant une semaine.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • De fortes pluies accompagnées d'un redoux entraînent une fonte des neiges • Remontée de nappe	• Le secteur de Strasbourg	• Caves inondées, coupures d'électricité et de chauffage, écoles fermées

Crues du Rhin de février, mai et juin 1999

Le Rhin a connu trois crues remarquables au cours de l'année 1999. En février, un redoux prononcé sur les massifs des Alpes, du Jura, des Vosges et de la Forêt-Noire fait fondre l'épais manteau de neige. Les débits dépassent 4 000 m^3/s à Bâle. Le 21 février la cote 8,31 m est atteinte à l'échelle de Lauterbourg (débit de 4 167 m^3/s).

Un épisode comparable survient en mai 1999. À partir du 12, de fortes pluies sur le versant nord des Alpes associées à la fonte du très important manteau neigeux (remontée de l'isotherme 0 °C de 1 000 à 3 500 m) génèrent une crue rapide du fleuve. Un premier maximum est atteint les 13 et 14 mai. La crue se maintient aux environs de 5 000 m^3/s à Kembs durant 24 heures. L'événement est considéré comme le plus important du siècle, ses conséquences sont néanmoins modérées. L'île du Rhin, entre Kembs et Vogelgrun, est le secteur le plus impacté.

Le contexte de crue se maintient jusqu'à la mi-juin alimentée par les pluies importantes sur le versant oriental des Alpes. Les cumuls atteignent localement 200 mm en 24 heures. Le 22 mai, le Rhin connaît une nouvelle pointe avec un débit de 4 110 m^3/s enregistré à Strasbourg, et de 4 025 m^3/s quelques heures plus tard à Lauterbourg.

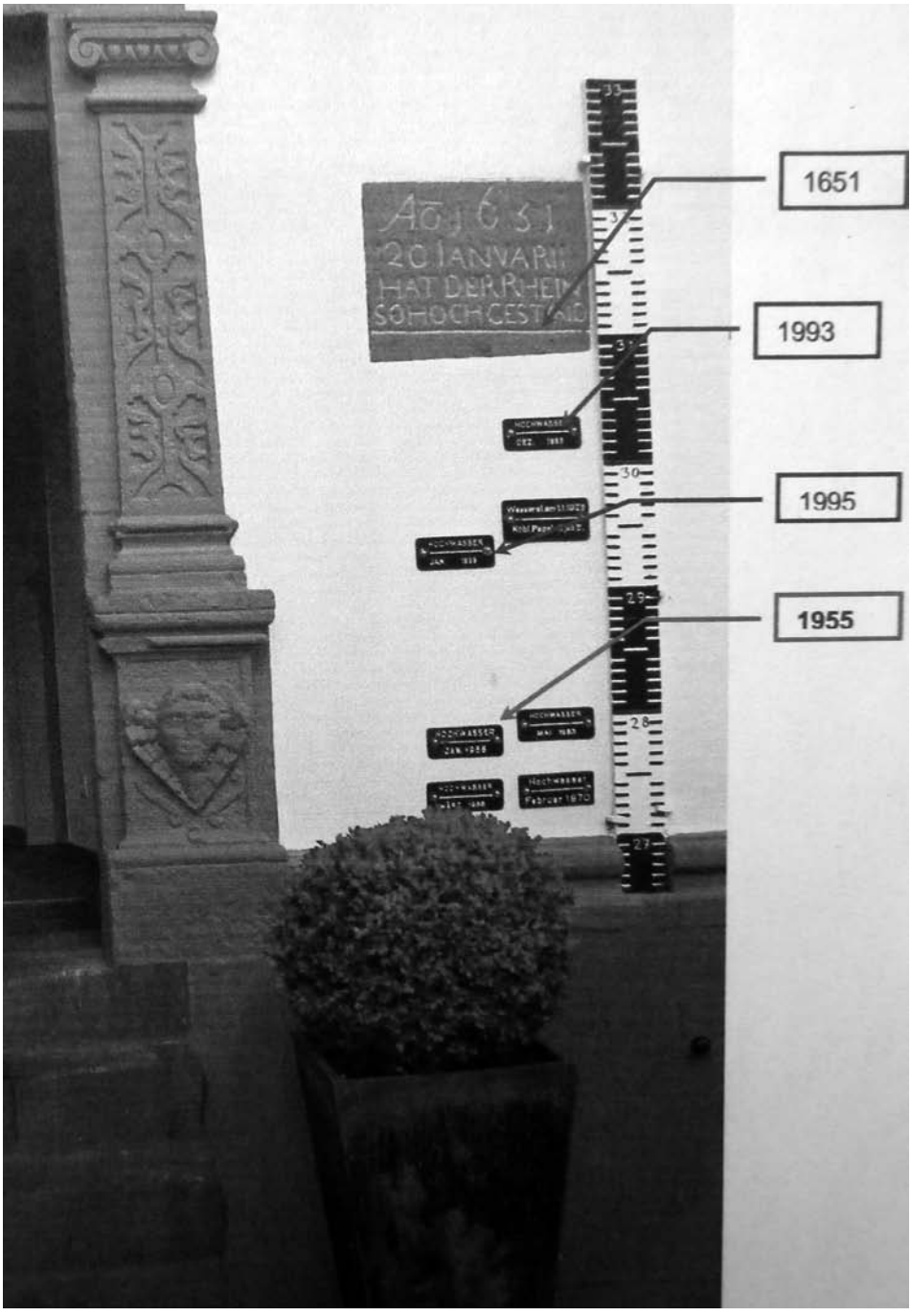


Figure 4-15. Repères de crue du Rhin à Coblence

Les événements ne causent aucun décès. Les pertes matérielles sont ponctuelles mais localement importantes. Plus de 110 bateaux sont bloqués jusqu'au 13 juin aux écluses d'Iffezheim et de Gambsheim. Pendant plus d'un mois, l'événement aura donc perturbé la navigation fluviale. L'interruption du trafic fluvial représente sans doute le coût économique le plus important. Il se compte en millions de francs. En Centre Alsace, le bac de Rhinau est à l'arrêt. Dans le secteur de Marckolsheim, la RD 424 conduisant vers l'Allemagne est coupée. Au hameau dit du Rhin, l'eau atteint la hauteur de deux mètres dans les caves. Dans le secteur de Lauterbourg, 150 hectares de récoltes sont compromis. Les pertes aux agriculteurs sont estimées à 2,5 millions de francs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Trois ondes de crues successives	• Secteurs très localisés, notamment l'île du Rhin et les communes de Vogelgrun, Marckolsheim et Lauterbourg	• Essentiellement économiques par le blocage du trafic fluvial pendant un mois complet et des impacts localisés • Plusieurs dizaines de millions de francs de dégâts

Crue du Rhin d'août 2007

C'est la dernière grande crue du Rhin supérieur. La date de sa survenue – en août – est peu fréquente. Elle est la conséquence de précipitations exceptionnelles pour une période estivale, avec un retour d'est. On enregistre 57 mm en une journée à Saint-Louis (Haut-Rhin), 100 mm à Lucelle (Haut-Rhin) les 8 et 9 août, et encore 93 mm en trois jours à Bâle-Mulhouse. Le cumul mensuel est supérieur à 100 mm à Meyenheim (Haut-Rhin).

En une semaine, le débit du fleuve à Strasbourg passe de 1 200 à 4 300 m^3/s. L'événement est l'occasion d'utiliser pour la première fois la zone d'expansion de crue dite du « polder » d'Erstein (sud de Strasbourg) mise en service en 2004. Elle écrête pendant 14 heures environ 150 m^3/s, soit un volume total de 7,6 millions de mètres cubes d'eau.

Comme en 1999, la commune de Vogelgrun et l'île du Rhin sont les plus touchées. Les inondations sont toutefois limitées et se cantonnent du 8 au 10 août à quelques parties de la plaine. Quelques caves sont inondées ainsi que la zone touristique de l'île. La navigation est arrêtée à partir du 9 août en amont de Strasbourg puis de manière complète le 10 août à 9 heures. La décrue s'amorce le 11 août avec une réouverture totale de la navigation à compter du 12 août.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Crue complexe de retour d'est, avec de fortes pluies • Dernier événement en mémoire	• La crue a essentiellement touché la commune de Vogelgrun et l'île du Rhin	• Estimation difficile • Essentiellement économiques par le blocage du trafic fluvial pendant 2 jours et les inondations localisées

Unité Meuse

Réseau hydrographique

La Meuse prend sa source au pied du plateau de Langres, à Pouilly-en-Bassigny (Haute-Marne) à 384 m d'altitude. Son cours s'étend sur environ 900 km. Elle suit en France un linéaire d'environ 500 km du sud au nord, et traverse les régions de Lorraine et Champagne-Ardenne, et successivement les départements de la Haute-Marne, des Vosges, de la Meuse et des Ardennes. Elle traverse ensuite la Belgique, l'Allemagne et les Pays-Bas avant de se jeter dans la mer du Nord dans un large delta qui regroupe les embouchures de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin.

Son bassin versant s'étend sur environ 35 000 km² (9 000 km² en France, 14 000 km² en Belgique, 4 000 km² en Allemagne et 7 700 km² au Pays-Bas) et compte près de neuf millions d'habitants.

La partie française comprend le bassin amont de la Meuse (7 800 km²) et celui de la Sambre (1 200 km²) qui la rejoint à Namur. La présentation des crues de la Sambre est rattachée au district Artois-Picardie.

La forme très allongée du bassin de la Meuse française (environ 20 km ouest-est sur près de 100 km), sans apport notable, résulte de la capture au cours des temps géologiques de ses anciens affluents, la Moselle et l'Aire. Il se compose de quatre entités distinctes :
– la Meuse amont jusqu'à Maxey-sur-Meuse, constituée de petits cours d'eau à crue rapide (Meuse, Mouzon et Vair), sans espace de débordement marqué ;
– la Meuse médiane jusqu'à la confluence avec la Chiers qui ne reçoit que très peu d'apports et constitue une vallée de transit lent, avec un lit majeur de plusieurs centaines de mètres de large ;
– le bassin de la Chiers, avec des crues rapides sur la partie amont, puis une zone d'expansion de plusieurs kilomètres de large à sa confluence ;
– la Meuse aval qui reçoit les apports du massif ardennais (Bar, Sormonne et Semoy). En amont de Charleville-Mézières, elle a une dynamique de crue lente – pente faible et lit majeur de plusieurs km de large –, alors qu'en aval les écoulements s'accélèrent – pente plus forte et parcours sinueux avec des espaces de débordement plus réduits.

Typologie des inondations

Le district connaît avant tout des inondations par débordement de cours d'eau. Les crues de la Meuse sont généralement de type océanique et surviennent l'hiver et au printemps, avec possible influence nivale. Elles peuvent concerner tout ou partie de son cours, du fait de la forme très allongée sud-nord de son bassin.

On recense également des phénomènes de ruissellement et de coulées de boue lors des violents orages d'été, comme ce fut le cas par exemple en juin 2007 à Sedan ou en juin 2011 à Charleville-Mézières dans les Ardennes.

Inondations remarquables

Six événements ont été retenus **(fig. 4-16)** pour illustrer les inondations par débordement de cours d'eau : octobre 2006 sur la Meuse amont ; décembre 1947-janvier 1948,

avril-mai 1983, décembre 2001-janvier 2002 sur la Meuse amont et médiane ; décembre 1993, janvier 1995 sur la Meuse aval.

Crue de la Meuse de décembre 1947-janvier 1948

Un été exceptionnellement long, ensoleillé, chaud et sec a précédé les inondations de la fin de décembre 1947 sur le nord-est de la France. Le 19 décembre, une première dépression est à l'origine de fortes chutes de neige sur la région. À partir du 22, une nouvelle perturbation très marquée génère pendant plusieurs jours une série quasi continue d'intenses averses. Elles produisent d'importantes crues et inondations dans tout l'est du pays.

Les précipitations soutenues du 25 au 28 décembre affectent d'abord les parties hautes du bassin provoquant une crue très prononcée sur la Meuse amont et médiane (T > 100 ans), alors qu'elle reste faible sur la Meuse aval, la Chiers et la Semoy (T < 5 ans). Il faut remonter à mars 1844 pour retrouver à Verdun un débit de la Meuse supérieur à celui de 1947. Le 29 décembre, à Neufchâteau, la subdivision de la navigation enregistre deux maxima, à 0 heure où le débit atteint 480 m³/s et à 18 heures après une légère baisse (– 20 m³/s). Les forts écoulements vont se maintenir encore près de 15 heures, la décrue ne commençant que le lendemain à 9 heures.

Les submersions occasionnent d'importants dégâts, surtout en amont. La ligne de chemin de fer Paris-Strasbourg est coupée. Les pertes aux récoltes sont considérables. On relève 1,60 m d'eau à l'hôpital Saint-Nicolas à Verdun (600 sinistrés et 30 MF de dégâts). *L'Est Républicain* rapporte qu'à Belleville-sur-Meuse, une centaine de personnes sont évacuées. On recense la perte d'une dizaine de têtes de bétail. La circulation est interrompue entre Dieue-sur-Meuse et Ancemont.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Précipitations importantes du 25 au 28 décembre sur l'amont du bassin	• D'une manière générale, toute la vallée de la Meuse	• 600 sinistrés et 30 MF de dégâts

Crue d'avril-mai 1983 sur la Meuse amont

La crue d'avril 1983

La pluviométrie du mois d'avril sur le secteur constitue un événement rare à cette époque de l'année. En trois jours, du 5 au 9 avril, il tombe une centaine de mm sur les parties amont et médiane du bassin. La période de retour de la crue est comprise entre 15 et 65 ans sur la partie médiane, entre 3 et 5 ans sur la partie aval et autour de 10 ans sur la Chiers. Le niveau de la Meuse atteint 3,94 m à la station hydrométrique de Verdun. L'événement est plus marqué sur la partie médiane et amont, moins intense sur la partie aval. La situation est assez comparable à celle de 1947. Les parties basses de la ville sont sous les eaux. On relève d'importants dégâts aux usines et entrepôts. Dans les environs de Neufchâteau, un glissement de terrain provoque de graves dommages.

La crue de mai 1983

L'épisode d'avril est suivi d'un second épisode, moins intense, courant mai, qui vient encore aggraver la situation. Cette nouvelle crue de la Meuse (fig. 4-17), à prédominance amont, reste localisée et lente. Elle égale celle d'avril sur la Meuse médiane, mais est moins forte ailleurs. Sa période de retour est comprise entre 15 et 20 ans sur la Meuse médiane, inférieure à 3 ans sur la Meuse aval, égale à 10 ans sur la Chiers, et à 2 ans sur la Semoy. Des dizaines de routes secondaires sont coupées dans la région.

Figure 4-17. La Meuse à Saint-Mihiel, le 28 mai 1983. Source : Dreal Lorraine

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Pluviométrie exceptionnelle pour le mois d'avril et de mai (surtout avril)	• Communes de la Meuse amont et médiane (Neufchâteau, Verdun…)	• Dégâts considérables à Verdun, routes secondaires coupées

Crue de décembre 1993 sur la Meuse aval

La crue de décembre 1993 est une crue d'hiver à prédominance aval. Les parties amont et médiane de la Meuse contribuent peu à la crue, qui est générée par des pluies intenses, avec des cumuls importants sur la Chiers et le massif ardennais. Ces pluies surviennent par ailleurs sur un sol en partie déjà saturé par les précipitations d'automne. Le cumul des précipitations des mois de décembre 1993 et janvier 1994

atteint 224 mm à Erneville-aux-Bois dans la Meuse médiane. Le débit enregistré à Chooz dans les Ardennes avoisine 1 400 m³/s. Les temps de retour sont compris entre 2 et 5 ans sur la Meuse médiane, entre 15 et 25 ans sur la Meuse aval, et proche de 30 ans sur la Chiers.

Les dégâts sont particulièrement importants dans le département des Ardennes (fig. 4-18), estimés à 110 millions d'euros. Sur la Meuse française, on recense un décès et des dommages pour un montant total de 120 millions d'euros : endommagement de bâtiments (privés, publiques, industriels, commerciaux ou agricoles), de voiries, de canaux et de divers réseaux ; interruption des communications et de l'activité économique plusieurs semaines durant. L'événement a suscité de nombreux travaux d'urgence le long de la rivière.

Figure 4-18. La Meuse à Charleville-Mézières, le 23 décembre 1993. Source : Dreal Lorraine

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Cumuls pluviométriques intenses sur la Chiers et le massif ardennais	• Communes de la Meuse aval (Charleville-Mézières, Givet…)	• Un mort • Dégâts estimés à 110 M€ dans les Ardennes et à 120 M€ pour la vallée de la Meuse

Crue de janvier 1995 sur la Meuse aval

La période de décembre 1994 et janvier 1995 est l'une des plus arrosées de la région Nord de la France depuis 1950. Des précipitations notables (60 à 150 mm) touchent le nord des Ardennes dès le mois de décembre 1994, quelques semaines seulement avant la vague de fortes pluies qui balaye tout le nord de la France fin janvier 1995. En neuf jours, du 21 au 29 janvier, les cumuls atteignent 150 et plus de 200 mm sur le secteur de Charleville-Mézières.

La montée des eaux est assez homogène sur l'ensemble du cours d'eau, avec une superposition de crues d'amont et de crues locales assez caractéristiques des trains de

perturbations océaniques. Durant cet épisode, l'effet aggravant de l'imperméabilisation des sols par le gel doit être noté.

À Sedan et Charleville-Mézières, les niveaux d'eau dépassent ceux de 1993 de 50 cm. On relève 985 m³/s à Montcy-Notre-Dame (secteur de Charleville-Mézières) lors de l'épisode de janvier 1995 pour une période de retour proche de 50 ans. C'est 150 m³/s de plus que lors de la crue de décembre 1993. Dans les Ardennes, le débit est estimé à 1 485 m³/s (à Chooz).

Les dégâts aux infrastructures sont notables. La crue met en charge la plupart des ponts sur la Meuse lestés en prévention. À Givet, la digue qui protège le quartier de la Soie cède en trois endroits.

Ces inondations causent la mort de trois personnes ; 315 communes sont reconnues sinistrées et la navigation est interrompue durant trois mois. Au total, les dommages sont estimés à 225 millions d'euros dans les Ardennes, et 240 millions d'euros sur l'ensemble de la vallée de la Meuse française.

Les inondations de janvier 1995 restent parmi les plus importantes de mémoire d'homme sur la Meuse aval. Elles ont donné lieu à un arrêté de catastrophe naturelle le 6 février 1995.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Plusieurs épisodes pluvieux provoquent de multiples ondes de crues (phénomène de superposition)	• Nombreuses communes inondées dans les Ardennes, (Charleville-Mézières, Givet…)	• Trois morts • Dégâts estimés à 225 M€ dans les Ardennes et à 240 M€ pour la vallée de la Meuse

Crue nivale de décembre 2001-janvier 2002 sur la Meuse amont et médiane

La crue de décembre 2001 est une crue de redoux, à prédominance amont, influencée par la neige et le dégel. Un épisode pluvieux unique et de forte intensité se produit entre le 26 et le 30 décembre. Les précipitations surviennent sur un sol enneigé, combinées à une remontée des températures. Pluies et fusion nivale entraînent une élévation rapide et importante du niveau des cours d'eau, provoquant des crues considérables sur l'ensemble du bassin de la Meuse. En certains endroits, la présence de sols gelés augmente encore le ruissellement. D'autant qu'à cette époque de l'année, l'effet modérateur de la végétation ne peut jouer.

La crue dure trois jours avec des temps de réaction et de propagation particulièrement courts. Sur la Meuse amont, elle est de forte intensité, alors que dans les départements de la Meuse, à l'aval de Verdun, et des Ardennes ainsi que sur le bassin de la Chiers, la crue est peu importante. Les temps de retour le montrent clairement. La crue est presque centennale en amont de Verdun, inférieure à la décennale à l'aval de Stenay (fig. 4-19) et très faible dans la partie ardennaise du bassin versant. À Verdun, on dépasse le niveau des crues d'avril 1983, et dans quelques villages celui de la crue de 1947. Les débits de pointe atteignent 497 m³/s (4,14 m) à Neufchâteau et 610 m³/s (3,98 m) à Verdun.

L'Est républicain rapporte que la crue de la Meuse a nécessité le déplacement de 130 personnes. Dans le village de Vertuzey (secteur de Commercy, Meuse médiane), une dizaine de maisons sont inondées par 15 cm d'eau. À Verdun, la rivière déborde sur le quai de la République et l'avenue du Luxembourg, et plusieurs caves sont inondées par 1,20 m d'eau. De nombreuses routes secondaires sont coupées dans l'arrondissement. La circulation est interrompue sur les lignes ferroviaires Paris-Strasbourg.

Figure 4-19. La Meuse à Mouzon, le 2 janvier 2002. Source : Dreal Lorraine

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Épisode pluvieux unique de forte intensité avec fonte des neiges	• Les communes de la Meuse amont et médiane sont inondées (Neufchâteau, Verdun…)	• Circulation ferroviaire interrompue • Déplacement de 130 personnes

Crue d'octobre 2006 sur la Meuse amont

La crue d'octobre 2006 sur la Meuse est intense et de courte durée. Les précipitations surviennent après un mois de septembre déjà bien humide. Début octobre, les sols sont saturés dans la partie vosgienne de la Lorraine. Les pluies, particulièrement importantes du 2 au 4 octobre 2006 **(fig. 4-20)**, sont plus marquées sur la Meuse et sur le Mouzon que sur le Vair. On relève des cumuls compris entre 100 et 125 mm sur la Meuse amont du 2 au 4 octobre.

La crue est plus intense sur la partie supérieure et médiane du bassin (fig. 4-21). Le débit au droit des stations hydrométriques de Goncourt sur la Meuse et de Soulosse sur le Vair est supérieur à la crue décennale. L'onde de crue s'atténue de

façon importante sur le reste du bassin. Le débit maximum estimé à Goncourt est de 142 m³/s pour une cote de 3,75 m avec un gradient de montée particulièrement rapide, aux alentours de 90 m³/s en 6 heures.

L'Est républicain rapporte qu'à Commercy, à Void-Vacon, de nombreux animaux ont dû être secourus par leurs propriétaires. La RD 10 reliant Void-Vacon à Sorcy est fermée à la circulation. La vallée d'Han-sur-Meuse est envahie par les eaux : berges recouvertes, prairies et champs inondés. Les gendarmes sont intervenus à maintes reprises pour sauver les troupeaux prisonniers des eaux.

Figure 4-21. La Meuse à Maxey-sur-Meuse, en octobre 2006. Source : Hydratec

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Phénomène pluvieux d'automne, localisé sur la Meuse amont	• Les communes de la Meuse amont sont inondées (Neufchâteau…).	• Prairies, champs inondés, animaux secourus, routes secondaires coupées

Unité Moselle-Sarre

Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de l'unité « Moselle-Sarre » est constitué des bassins de la Moselle, de la Sarre et de la Nied. Ces trois rivières poursuivent leur cours en Allemagne. La Nied (1 370 km²) est un affluent rive gauche de la Sarre qu'elle rejoint 11 km en aval de la frontière. La Sarre (7 430 km²) se jette dans la Moselle un peu en amont de Trèves. Quant à la Moselle (28 000 km²), après 520 km, elle rejoint le Rhin à Coblence.

La Moselle (11 500 km² en France) prend sa source dans les Vosges à Bussang (altitude 731 m) sur les flancs ouest du Ballon d'Alsace (1 247 m). Après 300 km, elle quitte le territoire français à Apach (145 m). Dans sa section amont, la Moselle et son principal affluent la Meurthe (3 085 km²) coulent en parallèle. Le transit, rapide dans le département des Vosges, se ralentit ensuite avec l'amoindrissement des pentes. Peu avant la confluence de la Meurthe, la Moselle reçoit les apports rive gauche d'un affluent à réaction rapide, le Madon. La Meurthe reçoit à son tour le Vezouze et la Mortagne, tous deux également à réaction rapide. Plus en aval, la Moselle traverse le Plateau lorrain. Les pentes sont faibles et son lit majeur assez large. Elle reçoit ensuite les apports de la Seille et de l'Orne, deux affluents de plaine.

La Sarre (3 800 km² en France) débute à Hermelange de la rencontre de la Sarre blanche et de la Sarre rouge (sources respectivement à 558 m et 638 m d'altitude). À Sarreguemines (192 m d'altitude), peu avant la frontière, elle reçoit les eaux de la Blies (environ 2 000 km²), un affluent allemand.

La Nied (1 340 km² en France) naît à Condé-Northen, 11 km avant la frontière, de la rencontre entre la Nied française et la Nied allemande.

Typologie des inondations

Les inondations sont avant tout dues aux débordements des cours d'eau. Les crues sont de type océanique, avec possible influence nivale. Sur la partie amont des bassins, les crues ont une dynamique rapide, qui s'atténue ensuite.

Les plus gros enjeux exposés aux inondations se situent sur le bassin de la Moselle, avec en amont les villes d'Épinal et de Saint-Dié-des-Vosges, et en aval les agglomérations de Nancy, Metz et Thionville. Le bassin aval de la Sarre est également exposé aux débordements, en particulier le secteur urbanisé s'étendant de Sarrebourg, Sarre-Union à la zone frontalière de Sarreguemines.

Inondations remarquables

Sept événements ont été retenus **(fig. 4-22)** pour illustrer la typologie précédente : décembre 1919-janvier 1920, décembre 1947-janvier 1948, avril-mai 1983 pour l'ensemble de l'unité ; février 1990 pour tout le bassin de la Moselle ; décembre 2001-janvier 2002 pour la Moselle amont et médiane ainsi que la Sarre ; octobre 2006 pour la Moselle amont ; février 1997 pour la Sarre et les Nieds.

Crue nivale de décembre 1919-janvier 1920 sur la Moselle et la Sarre

La crue de décembre 1919 et janvier 1920 fait suite à de fortes précipitations sur le nord de la Lorraine et sur la Sarre aggravées par la fusion nivale. Après un mois de novembre particulièrement pluvieux (cumul mensuel à Sarreguemines et Metz respectivement de 162,5 et 127 mm, pour une moyenne climatologique aux alentours de 59 et 54 mm), deux épisodes pluvieux successifs touchent le secteur en décembre : le premier du 2 au 10, le second du 18 au 31, avec un maximum le jour de Noël (fig. 4-23). À partir du 10 décembre, la température s'abaisse, pour atteindre des niveaux inférieurs à la moyenne. Il neige abondamment sur les Vosges et il gèle le 18. Cette date marque aussi l'arrivée d'une masse d'air plus chaude qui génère d'importants cumuls de pluie et fait fondre la neige.

La crue générée fait partie des cinq événements hydrologiques les plus remarquables survenus sur la région au cours des deux derniers siècles. Elle est dépassée sur la Moselle et sur la Meurthe par les épisodes de décembre 1947 et octobre 1824. Ce dernier reste à ce jour très mal documenté. La Moselle atteint la cote 7,25 m au pont des Morts, dépassant les niveaux de novembre 1910 (6,94 m) et de 1844 (7,21 m).

Les impacts sont importants. Toute la vallée de la Meurthe est inondée. On recense un décès. Les dégâts aux propriétés riveraines sont considérables. Tout le trafic est suspendu entre Blainville et Lunéville. La route est sous 50 cm d'eau.

À Épinal, la crue subite de la Moselle oblige les usines à gaz et d'électricité à fermer, plongeant la ville dans l'obscurité. À Metz, la Moselle sort de son lit et inonde plusieurs quartiers, dont celui de l'Arsenal. La voie ferrée est submergée entre Pont-à-Mousson et Ars-sur-Moselle. La circulation des trains est interrompue entre Nancy et Metz.

Année. — N° 11734. Vendredi 26 Décembre 1919.

L'EST RÉPUBLICAIN

JOURNAL RÉGIONAL QUOTIDIEN

Téléphone : 3.21 - 10.37 — Directeur : René MERCIER

ABONNEMENTS — 10 c — Direction et Administration, Faubourg Saint-Jean et Boulevard Mesgrigny, NANCY — Bureaux de Paris, Passage des Princes, 97, Rue Richelieu, et 5 bis, Boulevard des Italiens — 10 c — PUBLICITÉ

CHRONIQUE SCIENTIFIQUE

SIÈCLE DE L'ÉLECTRICITÉ

Électrification des réseaux de chemins de fer

La Note des Alliés est arrivée à Berlin

Interview de M. von Lersner

LA PERSONNALITÉ INDOCHINOISE

NANCY SOUS LES EAUX

La crue de la Meurthe a dépassé de 33 centimètres celle de 1910, la plus forte qu'on ait enregistrée

Trains et tramways en panne

Eclipse de lumière électrique

UNE TRAGIQUE NUIT DE NOEL

Figure 4-23. La presse fait état des impacts considérables.
Source : *L'Est républicain*, 26 décembre 1919

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Fortes précipitations et fonte des neiges sur le nord de la Lorraine et sur la Sarre	• D'une manière générale, l'ensemble des vallées de la Moselle et de la Sarre	• 1 mort, routes et voies ferrées coupées, usines fermées, rues et habitations inondées

Crue nivale de décembre 1947-janvier 1948 sur la Moselle et la Sarre

La crue de décembre 1947 survient après un mois de décembre fortement pluvieux et des chutes de neige importantes sur les Vosges. Un redoux généralisé avec des températures supérieures à 10 °C et des pluies diluviennes sont à l'origine d'un événement hydrologique exceptionnel.

La crue se propage d'amont en aval à partir du 26 décembre. Le déplacement de l'onde de crue est très rapide. Le maximum est observé le 29 vers 16 heures entre

Épinal et Charmes, à 22 heures à Pont-Saint-Vincent (confluence avec le Madon), puis le 30 décembre entre 2 heures et 3 heures entre Toul et Liverdun, à 15 heures à Pont-à-Mousson, et à 20 heures à Metz. Le 31 décembre à une heure, le maximum atteint Uckange. Il passe la frontière allemande (Apach) à 16 heures sur la Meurthe, puis atteint Saint-Dié, Raon-l'Étape et Glonville le 29 décembre à midi, Lunéville à 22 heures, Nancy le 30 à 2 heures, et la cote 3,10 m est atteinte à Metz le 30 décembre entre 8 et 20 heures.

La hauteur de la crue dépasse nettement les niveaux enregistrés lors des grands événements du XIXe et de la première moitié du XXe siècle. Les hauteurs maximales atteintes en décembre 1919 sont dépassées de + 0,84 m à Toul et + 1,70 m à Metz. À Sierck en Moselle, le niveau des eaux dépasse de + 1,46 m celui de décembre 1919 qui était le plus élevé enregistré depuis octobre 1824. La crue est au moins centennale sur plusieurs secteurs : à Épinal dans les Vosges, à Toul et Malzéville en Meurthe-et-Moselle et à Hauconcourt en Moselle. C'est aujourd'hui la crue de référence sur la Meurthe, où elle est légèrement supérieure à la crue centennale. Sa période de retour est de 30 ans sur la Sarre.

Dans les Vosges, l'inondation est particulièrement brutale. Trois morts et deux blessés sont à déplorer à Saulxures-sur-Moselotte. À Épinal, seuls deux ponts ont résisté et les dégâts se chiffrent par centaines de millions de francs. Au total, quelque 21 ponts importants sont détruits dans le département, alors que sur les versants glissements de terrain et avalanches renforcent encore la dimension catastrophique de la situation. À Nancy, 18 000 personnes sont sinistrées et 2 000 immeubles endommagés. La ligne de chemin de fer Saint-Dié - Nancy est coupée, ainsi que le gaz et les lignes téléphoniques. Les pertes sont estimées à un milliard de francs.

Sur la Sarre, le niveau des eaux atteint le premier étage des immeubles à Sarralbe. Le train venant de Nancy est stoppé à Rech et quinze bacs sont mis à la disposition des habitants par les mariniers. Deux personnes disparaissent et une importante quantité de bétail périt. Les communications téléphoniques sont totalement interrompues isolant Sarralbe du reste du département. À Sarreguemines, un quartier est entièrement sous les eaux, et 300 personnes sont évacuées. La Blies coupe la route de Steinbach.

Le contexte d'après-guerre renforce encore la gravité de la situation matérielle. On relève à l'époque l'usage des expressions « sinistrés de la guerre » et « sinistrés des inondations du 29 et 30 décembre 1947 ».

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Pluies diluviennes, grosses chutes de neige et masse d'air chaud sur les Vosges	• D'une manière générale, ensemble des vallées de la Moselle et de la Sarre	• 3 morts, 2 disparus, dégâts exceptionnels (cf. appellation « sinistrés des inondations du 29 et 30 décembre 1947 »)

Crues d'avril et mai 1983 sur la Moselle et la Sarre

La crue d'avril 1983

Le total des précipitations d'avril est à peu près le triple de la moyenne climatologique. Plus des deux tiers de ce cumul sont tombés entre le 5 avril au matin et le 10. Du 4 au 6, les températures, basses pour la saison, s'accompagnent de neige au-dessus de 700 m. Le 7 avril, la couche atteint 30 à 40 cm. Dans la soirée, la température remonte très rapidement pour atteindre 13 °C à 1 000 m. En trois jours, l'ensemble du manteau neigeux tombé les jours précédents disparaît.

La crue reste très forte dans les Vosges plusieurs jours durant, bien alimentée par les bassins lorrains. La crue simple à une seule pointe bien nette dure moins d'une semaine. Sur la Moselle, le maximum passe à Épinal le 10 avril à une heure, à Toul à 13 heures. Il est à Hauconcourt le 11 avril à 11 heures. La période de retour de l'événement est estimé respectivement à 30, 50 et 40 ans.

Sur la Meurthe, le maximum passe à Nancy le 10 avril vers 18 heures. Les eaux s'élèvent en certains endroits à plus de trois mètres au-dessus du niveau moyen de la rivière. Trois cents maisons sont inondées rue de Crosne. La Meurthe envahit les bas quartiers du centre-ville, stoppant tout trafic et isolant la ville des communes avoisinantes (voir ouverture du chapitre). Plus de 100 personnes sont évacuées. Les dégâts sont considérables. Le secteur de Pont-à-Mousson est également touché, notamment les entreprises situées le long de la Moselle.

La crue de mai 1983

La crue fait suite à un mois de mai particulièrement pluvieux. Du 1er au 22 mai 1983, il tombe 126 mm sur le nord-est de la France, soit plus de deux fois la moyenne climatologique. On enregistre un cumul pluviométrique proche de 200 mm pour l'ensemble du mois à Nancy, alors que la moyenne climatologique est de 62 mm. Du 23 au 26 mai, un retour d'est génère une pluie continue et dense, qui touche préférentiellement le versant est des Vosges (affluents de l'Ill et rive droite de la haute Meurthe) alors que le versant nord-ouest (haut bassin de la Moselle) est peu concerné. Sans effet orographique particulier, le cumul sur trois jours atteint 100 mm sur le bassin de la Moselle à l'amont de Metz et en Alsace. C'est l'un des traits spécifiques de cet événement.

La crue se propage d'amont en aval en une semaine, avec la même cinétique que celle d'avril. Le maximum est observé le 26 mai à 20 heures à Épinal, le 27 mai à 0 heure à Toul et le 28 mai à une heure à Metz. Le maximum de la Meurthe est légèrement décalé, avec un optimum plat le 27 mai de 10 heures à 14 heures à Nancy. La période de retour de la crue est un peu plus faible que celle d'avril 1983, de l'ordre de 30 ans.

Les eaux de ruissellement provoquent des ruptures de digues et des affaissements de chaussées dans les Vosges. Plusieurs fermes sont évacuées. À Nancy, tous les bas quartiers sont inondés, des personnes sont évacuées et le trafic est très perturbé (fig. 4-24). La circulation des trains entre Nancy et Metz est coupée. La Moselle sort de son lit et envahit plusieurs quartiers à Metz, notamment au hameau Le Bas-Chêne à Saint-Julien-lès-Metz où une soixantaine de personnes sont évacuées par les sapeurs-pompiers. Le CD 72 est coupé à la circulation à l'entrée de cette

commune. Dans le secteur de Sarrebourg, la RN 4 est noyée à Réding et interdite à la circulation.

Figure 4-24. La Meurthe à Malzéville, en aval de Nancy, le 27 mai 1983. Source : Dreal Lorraine

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale, puis retour d'est • Pluviosité exceptionnelle des mois d'avril et de mai 1983 • Débordements et ruissellements	• D'une manière générale, ensemble des vallées de la Moselle et de la Sarre	• Quartiers envahis par les eaux, routes coupées, personnes évacuées

Crue nivale de février 1990 sur la Moselle amont

La crue de février 1990 survient après un mois de janvier 1990 plutôt sec. Février est au contraire exceptionnel en ce qui concerne la pluviométrie **(fig. 4-12)**, avec plus de 300 mm sur les Vosges (trois fois la moyenne climatologique) et plus de 200 mm sur les secteurs de Nancy et Metz (deux fois la moyenne climatologique). Au froid vif et aux chutes de neige, succède une brusque remontée des températures le 13 février

dans l'après-midi, avec des pluies particulièrement abondantes, y compris le 14. La fusion nivale est immédiate. Le froid revient à nouveau le 16.

La crue dure moins d'une semaine. Sa pointe bien marquée est observée sur la Moselle le 15 février à 20 heures à Épinal (fig. 4-25), le 16 à 16 heures à Toul et à 22 heures à Custines, le 17 à 10 heures à Hauconcourt. En aval de la confluence de l'Orne à Uckange, la Moselle connaît deux pointes, celle liée à la crue de l'Orne avec un premier pic le 16 février à 16 heures, et celle associée aux apports de l'ensemble du bassin amont avec un second pic le 17 février à 12 heures. Les temps de propagation sont aussi courts que ceux de la crue de décembre 1947.

Dans les Vosges, la situation est catastrophique, encore aggravée par des phénomènes géologiques associés. Au col de Bussang, la RN 66 est emportée en plusieurs endroits par des glissements de terrain. Dans le secteur de Saint-Dié, des caves sont inondées et des chemins ruraux submergés. Une coulée de boue emporte un camp forain à Vanifosse. À Remiremont, le record de 1947 est atteint. Dans le secteur de Rupt-sur-Moselle - Remiremont, vingt-sept entreprises mettent au chômage technique près de 3 000 salariés. Sur le bassin de la haute Meurthe, la crue est comparable à celle d'avril 1983. L'inondation cause de gros dégâts matériels dans toute la vallée. Les établissements Eurocable sont complètement envahis par un fort courant suite à l'effondrement d'une digue. Les 120 salariés sont au chômage technique. 500 pompiers sont mobilisés et réalisent près de 3 000 interventions. 12 000 clients d'EDF sont privés d'électricité. Plusieurs routes secondaires sont coupées. La crue de février 1990 est beaucoup moins marquée sur la Sarre et les Nieds.

Figure 4-25. La Moselle à Épinal, 15 février 1990. Source : Dreal Lorraine

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Pluviométrie exceptionnelle du mois de février, accompagnée d'importantes chutes de neige et de fonte nivale	• Surtout la vallée de la Moselle amont	• Vosges : éboulements et glissements de terrain, usines fermées, dégâts matériels, caves inondées

Crue de février 1997 sur le secteur des Nieds

La crue de février 1997 est l'une des plus importantes connues sur le secteur des Nieds (fig. 4-26). Le cumul des précipitations est équivalent à 150 % de la moyenne climatologique. Du 11 au 19 février, un premier épisode pluvieux contribue à saturer les sols, suivi d'un second, du 24 au 26 février, à l'origine de la crue. Le 24 février, les cumuls de pluie atteignent 23,5 mm à Faulquemont en Moselle et dépassent les 65 mm sur la totalité de l'épisode. La crue est assez lente. Elle débute le 25 février et se termine le 3 mars. La période de retour de l'événement est de l'ordre de 20 ans sur la Nied réunie à Bouzonville. La Sarre est également touchée, avec une faible période de retour en amont (T = 5 à 10 ans à Sarrebourg), plus importante à l'aval (T > 20 ans à partir de Sarralbe).

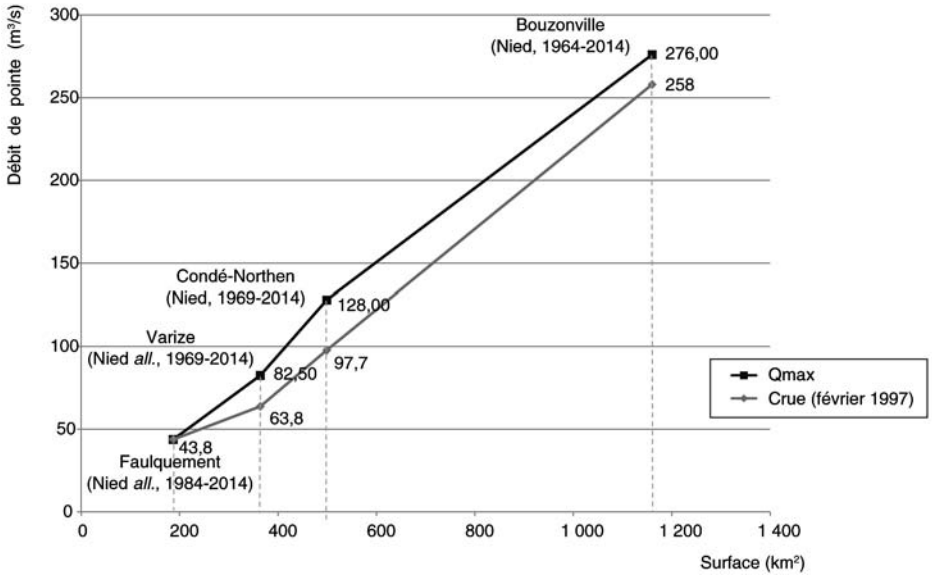


Figure 4-26. Profil en long du débit de la crue de février 1997 sur les Nieds. Source : Cégum, mars 2002

À Sarrebourg, des quartiers sont envahis par des coulées d'eau provenant des collines. Plusieurs dizaines de caves sont inondées. Le scénario se répète à Réding à l'entrée

de Sarrebourg, où une trentaine de maisons sont sinistrées, obligeant leurs occupants à quitter les lieux. La RN 4 est temporairement coupée à Bébing comme de nombreuses routes secondaires de l'arrondissement de Sarrebourg. Les pluies diluviennes sont par ailleurs à l'origine d'un glissement de terrain à Troisfontaines. Les crues de la Sarre et de la Blies provoquent d'importants dégâts dans les quartiers de la vieille ville de Sarreguemines. La circulation est coupée et des familles sont évacuées. Une cinquantaine de maisons sont inondées le long de la Sarre entre Zetting et Wittring.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Épisode pluvieux important	• Toute la vallée de la Sarre et des Nieds	• Quartiers inondés, circulation coupée, glissement de terrain et ruissellements

Crue nivale de décembre 2001-janvier 2002 sur la Moselle et la Sarre

La crue de décembre 2001 est une crue d'hiver associée à un dégel soudain. Du 26 au 30 décembre un épisode pluvieux de forte intensité survient sur des sols enneigés et gelés. Le manteau neigeux est relativement important. On relève une dizaine de cm sur le nord de la Lorraine et sur les contreforts ouest des Vosges, et jusqu'à 50 cm à 500 m d'altitude. Le 28 décembre, journée la plus arrosée, on relève près de 65 mm de précipitations sur le secteur de Remiremont (Vosges) et 40 mm sur le bassin de la Nied et de la Seille. Le cumul enregistré à Gérardmer sur deux jours, du 28 au 30 décembre (6 heures UTC), atteint 146 mm.

La remontée des températures provoque une importante fusion nivale qui, se rajoutant aux pluies, accélère la montée des eaux. Les temps de réaction et de propagation sont particulièrement brefs et génèrent des crues importantes sur les bassins de la Moselle et de la Sarre. Sur la Moselle, la pointe de crue est enregistrée le 30 décembre à 6 heures à Épinal et à 19 h 30 à Toul, le 31 décembre à une heure à Custines et le 1er janvier à une heure à Uckange.

La crue est significative sur la Moselle médiane, entre la confluence du Madon et celle de la Meurthe, avec une période de retour T supérieure à 10 ans. La situation est comparable sur la Seille ($10 < T < 20$ ans) et sur le Madon ($T > 20$ ans). La crue est plus faible sur l'aval ($T < 10$ ans). Le bassin de la Sarre est lui aussi affecté de manière différenciée : fortement sur la section comprise entre Sarralbe et Wittring ($T > 20$ ans), beaucoup moins ($T = 5$ à 10 ans) en amont autour de Sarrebourg et en aval à la frontière allemande proche de Sarreguemines.

La Moselle, la Seille et la Sarre débordent et causent de nombreuses pertes. La circulation est interrompue sur les lignes ferroviaires Paris-Strasbourg et Nancy-Vittel-Merrey. Au sud de Nancy, le pont sur la Moselle qui relie Neuves-Maisons à Pont-Saint-Vincent subit de gros dommages. Dans les Vosges, les pompiers interviennent plus de 600 fois, une centaine de routes sont coupées et de nombreuses caves et rez-de-chaussée inondés. On déplore la mort d'un enfant à Bussang, enseveli par une coulée de boue. Dans le sud du département de Meurthe-et-Moselle, le

Madon cause également d'importants dommages : routes coupées, trains annulés, caves envahies par les eaux.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence du dégel • Crue de redoux, accompagnée d'un fort épisode pluvieux unique	• Ensemble des vallées de la Moselle et de la Sarre, et de façon plus marquée sur la Moselle amont	• Un mort, routes coupées, trains annulés, caves envahies par les eaux

Crue d'octobre 2006 sur la Moselle amont et la Sarre

Les inondations de début octobre 2006 en Lorraine résultent d'importantes précipitations survenues du 3 au 6 octobre. Elles avaient été précédées par un mois d'août déjà exceptionnellement pluvieux (260 % de la moyenne climatologique) et par un mois de septembre également humide à l'est de la Lorraine, notamment suite à l'épisode du 17 septembre. Une nouvelle vague de pluies survient du 3 au 6 octobre, engendrant des cumuls sur trois jours très importants, avec plus de 150 mm en montagne et 100 mm en plaine. La zone de précipitations maximales s'étend sur une ligne allant de Lignéville (88) à Belmont (67).

La Meurthe amont et ses affluents, la Vezouze et la Mortagne, réagissent fortement, entre la soirée du 3 octobre et celle du 4 octobre ($T > 20$ ans). La Moselle à l'amont de Tonnoy connaît pendant ce temps une crue modérée (période de retour $T < 5$ ans). Les maxima sont atteints dans la nuit du 3 au 4 octobre 2006. La réaction du Madon est plus brutale, principalement en amont. Les débits de pointe sont enregistrés le 3 octobre en début de soirée à Mirecourt et en début de matinée le 4 octobre à Pulligny. Ce sont les plus hautes eaux connues à Mirecourt ($T > 50$ ans).

Les ondes de crue de la Meurthe et de la Moselle arrivent pratiquement simultanément à la confluence ($T > 20$ ans à Custines). La crue s'amortit ensuite à l'aval. Le maximum passe le 4 octobre en fin de soirée au niveau de la confluence, puis le 6 octobre à 1 h 40 à Uckange, proche de la frontière.

Tout le bassin de la Sarre connaît d'importantes montées des eaux. La partie amont réagit le plus fortement ($T > 20$ ans à Sarrebourg), puis la crue s'amortit ensuite à l'aval de Sarralbe ($T > 10$ ans jusqu'à Wittring, $T < 10$ ans en deçà).

Les dommages les plus graves surviennent principalement sur la Meurthe (fig. 4-27) et ses affluents, la Vezouze et la Mortagne, ainsi que sur le Madon. À Rambervillers (88), une cinquantaine de commerces sont sinistrés. On relève jusqu'à un mètre d'eau dans la rue Carnot. En 36 heures, les sapeurs-pompiers vosgiens procèdent à plus de 2 000 interventions, la ligne de Nancy à Épinal est coupée, des milliers d'abonnés EDF sont privés d'électricité et 250 employés de huit entreprises se retrouvent au chômage technique. En Meurthe-et-Moselle, Lunéville est envahie par les eaux de la Vezouze et de la Meurthe. De nombreuses routes sont coupées ainsi que certains points de la voie ferrée.

Figure 4-27. La Meurthe à Saint-Nicolas-de-Port, le 4 octobre 2006.
Source : bulletin spécial « La crue du 2 au 6 octobre 2006, bassin Meuse, Moselle et Sarre », Dreal Lorraine et Météo-France

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Fortes précipitations durant les mois de septembre et octobre	• Crue marquée sur la Sarre et la Moselle • Très marquée sur la Moselle amont	• Routes coupées, trains annulés, caves envahies par les eaux, usines arrêtées, commerces sinistrés

Références

Sources

Archives du service de navigation de Strasbourg s.d. Catalogue de débit du Rhin à Bâle.

BCEOM, 2010. PPRI de la Meuse aval.

Cégum, Diren Lorraine, 2002. Rapport de la crue de février 1997 dans les bassins de la Seille et de la Nied sur le territoire français.

Centre d'annonce des crues de Sarreguemines, 1997. Rapport du centre d'annonce des crues : rivières Sarre, Blies et Eichel, crue du 25 au 28 février 1997.

Centre d'annonce des crues de Sarreguemines, 2002. Rapport du centre d'annonce des crues : rivières Sarre, Blies et Eichel, crue du 29 décembre 2001 au 1er janvier 2002.

Collinet M., 2007. Cartographie historique des crues catastrophiques sur la basse vallée de la Bruche, mémoire de master 2 géographie environnementale, université Louis-Pasteur et École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, 41 p.

DDA Haut-Rhin, 1983. Crue des 25 et 26 mai 1983, Mulhouse.

DDA Haut-Rhin, 1997. Crue du 9 avril 1983, rapport à M. le président du conseil général du Haut-Rhin.

DDAF Bas-Rhin, 1990. Les inondations de février 1990 dans le département du Bas-Rhin, rapport du service d'annonce des crues.

DDAF Bas-Rhin, 1997. AZI.

DDAF Haut-Rhin, 2006. PPRI de l'Ill approuvé par arrêté préfectoral du 27 décembre 2006.

Diren Lorraine, 1991. Hydrologie des crues du bassin de la Moselle et de la Sarre, rapport de synthèse.

Diren Lorraine, service navigation de Strasbourg, 2005. Schéma directeur de prévision des crues du bassin Rhin-Meuse, arrêté du 20 octobre 2005.

Dreal Lorraine, Météo-France, 2002. Rapport sur la crue de décembre 2001, bassin de la Meuse et de la Moselle.

Dreal Lorraine, Météo-France, 2007. Bulletin spécial : la crue du 2 au 6 octobre 2006, bassin Meuse, Moselle et Sarre.

Épama, 2001. Étude et modélisation des crues de la Meuse.

L'ingénieur en chef du génie rural, 1948. Note de service : grandes crues de décembre 1947-janvier 1948, arrondissement nord de Strasbourg, Saverne, le 23 janvier 1948.

L'ingénieur en chef du génie rural, 1955. Description de la crue de janvier 1955, Strasbourg, le 24 janvier 1955.

Météo-France, 2008. Rapport du 17 juin 2008 sur les inondations du 29 au 31 mai 2008.

Service navigation de Strasbourg, 2007. Extrait du RIC SPC Rhin-Sarre, mise à jour en novembre 2007.

SM-SCOT-RT, 2002. Guide pratique du risque d'inondation dans le SCOT de la région de Strasbourg, septembre 2002.

Sogreah, 2000. Atlas des zones inondables de la Moselle et de la Meurthe.

SPC Rhin-Sarre, 2007. Règlement de surveillance, de prévision et de transmission de l'information sur les crues.

SRAE d'Alsace, 1984. Les crues d'avril et de mai 1983 sur les principaux cours d'eau.

SRAE d'Alsace, 1990. La crue des 15 et 16 février 1990.

Wasser Energie Luft, 2006. Jahrgang, 2006, Heft 1, CH-5401 Baden.

Presse

Journal d'Alsace et de Lorraine, 28 et 29 décembre 1919.

L'Alsace, 10 mars 1990.

L'Alsace, 11 et 12 avril 1983.

L'Alsace, 31 mai 2008.

L'Essor, avril 1973. Les inondations du 24 décembre 1919 – Schirmeck, n° 83.

Les Dernières Nouvelles d'Alsace, 17 janvier 1955.

Les Dernières Nouvelles d'Alsace, janvier 1955.

Les Dernières Nouvelles d'Alsace, 13 mai 1970.

Les Dernières Nouvelles d'Alsace, 18 février 1990.

Les Dernières Nouvelles d'Alsace, février 1997.

Les Dernières Nouvelles d'Alsace, 16 mai 1999.

Les Dernières Nouvelles d'Alsace, 9 et 13 juin 1999.

Les Dernières Nouvelles d'Alsace, 10 août 2007.

Le Sélestadien, janvier/février/mars 1990 – n° 4.

L'Est Républicain, décembre 1919

L'Est Républicain, Déluge en Lorraine, janvier 1948.

L'Est Républicain, décembre 1947 et janvier 1948.

L'Est Républicain, avril et mai 1983.

L'Est Républicain, février 1990.

L'Est Républicain, décembre 2001.

L'Est Républicain, octobre 2006.

L'Union, décembre 1995.

Publications

Baulig H., 1950. Les inondations de décembre 1947, publications du comité consultatif météorologique du Bas-Rhin, extrait des *Annales de l'Institut de physique du globe de Strasbourg,* (5), 3e partie Géophysique, Imprimerie Alsacienne, Strasbourg, cartes, 12 p.

Beltremieux E., 1948. *La Route*.

Martin B. *et al.*, 2011. Géohistoire critique de la crue de janvier 1910 dans le fossé Rhénan (Alsace, pays de Bade), *La Houille Blanche*, 1, 62-68.

Mosella, 1985. *Les crues de 1983 en Alsace et en Lorraine*, revue du centre d'études géographiques de l'université de Metz, (15).

Internet

http://pluiesextremes.meteo.fr

http://www.communes.com

5
Districts Rhône-Méditerranée et Corse

Avenue Georges Pompidou à Nîmes pendant l'inondation du 3 octobre 1988.
Source : Ville de Nîmes

Bruno Bacq
Charlotte Edelblutte
Yannick Cadet
Pascal Billy
Julien Langumier
Timothée Becker
Laurent Bruckmann
Mathieu Delserieys

Les inondations à l'échelle des districts Rhône-Méditerranée et Corse

Géographie

Le district Rhône-Méditerranée couvre une superficie de 129 000 km². Dans le cadre de l'EPRI, dix unités de présentation ont été retenues, auxquelles nous avons rajouté pour cet ouvrage le district Corse **(fig. 5-1)** :
– « Ardèche-Gard » (9 200 km²) ;
– « axe du Rhône » (8 200 km²) ;
– « Corse » (8 700 km²) ;
– « côtiers ouest » (18 900 km²) ;
– « Doubs » (7 700 km²) ;
– « Durance » (18 400 km²) ;
– « haut Rhône » (11 900 km²) ;
– « Isère » (15 500 km²) ;
– « littoral PACA » (13 900 km²) ;
– « Rhône moyen » (6 800 km²) ;
– « Saône » (18 900 km²).

Description des enjeux

Avec une population estimée en 2008 à près 14,9 millions d'habitants, le bassin Rhône-Méditerranée représente près du quart de la population française (24 %). On recense sept agglomérations de plus de 200 000 habitants : Marseille-Aix, Lyon, Nice, Toulon, Grenoble, Avignon et Montpellier. La population se concentre prioritairement en régions Rhône-Alpes (40 %) et PACA (33 %), le long des vallées principales (Rhône, Durance, Saône, Isère…) et sur le pourtour méditerranéen.

L'évolution des dernières décennies se caractérise par la forte attraction des grandes agglomérations et du pourtour méditerranéen, avec un étalement urbain croissant qui tend à faire disparaître les espaces interstitiels entre pôles urbanisés. En sus de la population permanente, certains secteurs font l'objet d'une fréquentation touristique importante ajoutant une population saisonnière potentiellement vulnérable aux inondations. Cette pression s'exerce principalement le long du littoral méditerranéen et dans le massif alpin. Parmi la population saisonnière, les personnes résidant dans les campings sont les plus vulnérables aux inondations.

Les enjeux à signaler sont de trois types :
– des enjeux particulièrement exposés dans les zones de crues fréquentes ;
– des enjeux dans les lits majeurs des cours d'eau soumis à des crues rapides : la difficulté est alors la rapidité de déclenchement de l'alerte, la fiabilité de la prévision des crues et le temps de réaction des secours au regard des secteurs habités qui vont se retrouver rapidement noyés ou isolés. Tous les bassins cévenols sont concernés, de même qu'un certain nombre d'autres à caractère torrentiel ;
– des enjeux dans les plaines inondables plus vastes : la difficulté réside alors dans l'importance des enjeux quand il s'agit d'agglomérations comme Lyon et Grenoble,

de la vallée du Rhône, ou de zones fortement touristiques proches du littoral (Languedoc-Roussillon et Côte d'Azur).

Topographie et occupation du sol

Le périmètre du district hydrographique du Rhône et des fleuves côtiers méditerranéens regroupe la partie française du bassin du Rhône ainsi que l'ensemble des bassins versants français dont le cours d'eau principal se jette dans la Méditerranée. Il couvre 23 départements, concerne cinq régions (PACA, Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes, Franche-Comté, et une partie de la Bourgogne), et s'étend sur plus de 120 000 km^2, soit près de 25 % du territoire national.

Le bassin Rhône-Méditerranée est marqué par la présence de cinq massifs qui structurent fortement son hydrologie (Vosges, Jura, Alpes, Massif central, Pyrénées), le tout entrecoupé par les vallées de la Saône et du Rhône et leurs dépendances. Le littoral méditerranéen est marqué par de forts contrastes entre l'est et l'ouest. On trouve par ailleurs d'importantes zones karstiques (Préalpes, Cévennes, Pyrénées orientales) qui ont localement une forte influence sur l'hydrologie.

L'occupation du sol montre qu'une grande partie du territoire est constitué de zones forestières ou d'espaces semi-naturels (55,2 %) et de terres agricoles (37,4 %). Les sols artificialisés couvrent sensiblement moins de 5,6 % du bassin mais ils continuent de s'étendre aux dépens principalement de terres agricoles. De vastes surfaces de forêts et autres milieux semi-naturels changent également d'affectation. Ces évolutions traduisent une consommation continue d'espaces naturels et ruraux accompagnée d'une fragmentation et d'un cloisonnement des milieux naturels.

En matière d'agriculture, le bassin Rhône-Méditerranée est caractérisé par une diversité de milieux naturels qui oppose des zones de plaines et de vallées aux conditions naturelles favorables, ou rendues favorables par l'irrigation, à des territoires de montagne affectés par un handicap naturel. Les différentes caractéristiques pédologiques, climatiques et morphologiques ont ainsi conduit l'agriculture du bassin à de fortes spécialisations régionales : élevage dans le nord du bassin, grandes cultures dans les vallées de la Saône et du Rhône, importance de la production fruitière et florale dans la vallée du Rhône et sur le littoral. L'activité viticole se retrouve sur l'ensemble du bassin. Notons également l'importante superficie des espaces boisés à mettre en relation avec les zones de montagne.

Le secteur industriel représente la principale activité économique du bassin pour ce qui est du chiffre d'affaires et d'emplois avec toutefois de grandes disparités d'une région à l'autre. Rhône-Alpes et PACA arrivent largement en tête. La part des grandes entreprises représente un poids important de l'activité industrielle, notamment dans le domaine de la métallurgie, de la chimie, pétrochimie en Rhône-Alpes, alors que l'activité agroalimentaire est particulièrement présente en PACA. Le secteur de l'énergie a un poids prépondérant dans le bassin Rhône-Méditerranée. Les caractéristiques topographiques du bassin ont favorisé le développement de l'hydroélectricité qui représente les deux tiers de la production française. En outre, le bassin dispose de quatre centrales nucléaires toutes situées en Rhône-Alpes.

L'activité touristique du bassin déjà évoquée est très développée l'hiver dans tout le massif alpin, l'été le long de certaines vallées (Ardèche, Verdon…), autour des grands lacs (Léman, Annecy, Serre-Ponçon…) et sur l'ensemble du littoral méditerranéen.

Enfin, zone de transition marquée par un couloir naturel de communication reliant les grandes agglomérations européennes, le bassin Rhône-Méditerranée dispose d'un important réseau d'infrastructures. Ce réseau routier et ferroviaire structurant à l'échelle nationale et européenne marque fortement les grandes vallées du territoire et la zone littorale. En outre, le bassin dispose d'un réseau navigable qui traverse 19 départements, il s'étend principalement autour du couloir fluvial à grand gabarit Rhône-Saône.

Typologie des inondations

Le district Rhône-Méditerranée connaît avant tout des crues et inondations par débordement de cours d'eau qui peuvent être classées selon trois grandes familles d'influence climatique.

Les crues océaniques

Ce type de crue succède à une saturation progressive des sols due à des cumuls de précipitations importants sur plusieurs semaines, eux-mêmes provoqués par des fronts pluvieux successifs venant de l'océan Atlantique. Ces événements apparaissent principalement en hiver et au printemps (à noter l'influence de la fusion nivale) et concernent les bassins de la Saône, du Rhône supérieur et moyen et, dans une moindre mesure, celui de l'Isère.

Les crues méditerranéennes

Ce type d'événement survient à la suite de précipitations violentes sur les reliefs du pourtour méditerranéen, formées par la remontée de flux maritimes chauds et chargés d'humidité. Ce type de crue se caractérise par sa soudaineté. Il a lieu principalement en automne et au printemps. Cette influence méditerranéenne peut également remonter jusqu'au bassin de l'Isère, voire exceptionnellement jusqu'à celui de la Saône ou de l'Ain (méditerranéen extensif).

Les crues cévenoles

Ce type de crue s'apparente aux événements méditerranéens. Il est associé à de très fortes précipitations de fin d'été et de début d'automne sur le secteur des Corbières et Cévennes jusqu'aux Préalpes. Lors du changement de saison, les contrastes de température et de pression entre la Méditerranée et le continent entraînent l'arrivée de masses d'air chaud et humide, poussées par des vents sud à sud-est. Quand elles rencontrent les masses d'air plus froides installées sur les rebords méridionaux du Massif central, elles génèrent, plusieurs jours durant, des cellules orageuses très actives accompagnées de pluies d'une grande intensité.

Quatre autres types d'inondations sont également à considérer.

Les crues généralisées

Elles affectent la totalité du bassin versant du Rhône et sont engendrées par l'enchaînement de fortes précipitations d'origine océanique et méditerranéenne. Saturation des sols et permanence des pluies génèrent alors le débordement de très nombreux cours d'eau.

Les crues et laves torrentielles

D'une durée souvent limitée, elles concernent les bassins versants de montagne et surviennent du printemps au début de l'automne lors d'épisodes orageux locaux ou de précipitations généralisées.

Les épisodes de submersion marine

Généralement associé aux tempêtes, aux phénomènes de surcote marine et à l'action des houles, ce type d'événement peut engendrer des brèches et conduire à une submersion plus ou moins généralisée des plaines littorales et des plaines alluviales côtières. Ces phénomènes peuvent également se combiner avec des crues fluviales concomitantes.

Les ruptures brutales (barrage, digue, poche glaciaire)

Ces événements sont très rares mais peuvent être à l'origine de catastrophes car leur survenue affecte en général des secteurs censés être à l'abri de tels phénomènes.

Sans qu'ils constituent à l'échelle du district Rhône-Méditerranée un type d'inondation à part entière, on soulignera un certain nombre de phénomènes pouvant aggraver telle ou telle situation : les ruissellements, la fusion nivale, les coulées de boue ou encore les glissements de terrain.

Inondations remarquables

Le bassin Rhône-Méditerranée se distingue par la diversité de ses caractéristiques orographiques, géologiques et climatiques. Il a connu par le passé de nombreux épisodes d'inondations remarquables dont la nature dépend largement des forçages climatiques et des réponses hydrologiques des bassins versants concernés. En même temps, ce territoire a été largement aménagé et transformé par les hommes au cours des deux derniers siècles (habitats, activités, infrastructures) avec une poussée urbaine particulièrement forte depuis la seconde moitié du XX^{e} siècle.

Nous avons retenu au total 55 événements d'inondations sur les districts Rhône-Méditerranée et Corse. Le tableau 5-1 indique dans quelles parties on pourra trouver les informations sur chaque inondation. Onze inondations sont retenues **(fig. 5-2)** à l'échelle du district pour illustrer les sept grands types de phénomènes identifiés.

Tableau 5-1. Inondations remarquables retenues pour le district et les UP Rhône-Méditerranée ainsi que pour la Corse

Inondation	District	Ardèche Gard	Axe du Rhône	Corse	Côtiers ouest	Doubs	Durance	Haut Rhône	Isère	Littoral PACA	Rhône moyen	Saône
14 juin 1827									•			
Oct.-nov. 1840	•		•								•	•
1er et 2 nov. 1843							•		•			
Mai-juin 1856	•		•								•	
10 septembre 1857		•										
Oct. 1859								•				
1er et 2 nov. 1859									•			
20-23 oct. 1869				•								
12 septembre 1875					•							
Fin déc. 1882						•						
Oct.-nov. 1886				•			•					
31 déc. 1888				•								
18-23 sept. 1890		•										
12 juillet 1892								•				
Novembre 1895								•				
Mars 1896						•						
17-21 janv. 1910	•					•						
Décembre 1918-janvier 1919								•				
Oct.-nov. 1926										•		
Oct.-nov.1935			•									•
15 septembre 1940									•			
16-20 oct.1940					•							
9 et 10 juin 1953						•						
Janvier 1955												•
23 et 24 fév.1957						•		•				
13 et 14 juin 1957							•		•			
30 sept. au 4 oct. 1958		•										

Inondation	District	Ardèche Gard	Axe du Rhône	Corse	Côtiers ouest	Doubs	Durance	Haut Rhône	Isère	Littoral PACA	Rhône moyen	Saône
2 décembre 1959	•									•		
Février 1970												•
16-17 janvier 1978										•		
6-8 nov. 1982	•									•		
Mai 1983						•					•	•
28 octobre 1985				•								
16 juin 1986												•
6 juillet 1987												•
14 juillet 1987	•							•				
3 octobre 1988	•				•							
13-18 fév. 1990	•		•			•		•				
22 septembre 1992							•					
26-27 sept. 1992					•							
20-21 octobre 1992				•								
5-20 octobre 1993			•								•	
31 oct.-1er nov. 1993				•								
1-10 janvier 1994			•				•					
4-6 nov. 1994				•						•		
17-20 déc.1997					•							
12 et 13 nov. 1999					•							
19 septembre 2000										•		
Mars 2001												•
Juin 2002									•			
8-9 sept. 2002	•	•										
1-4 déc. 2003	•		•								•	
29-30 mai 2008				•								
1-2 novembre 2008											•	
15-16 juin 2010	•									•		

N.B. Ce tableau ne rend pas compte de l'emprise géographique réelle des événements

Crue généralisée d'octobre-novembre 1840 sur le bassin du Rhône

C'est avec 1856 l'une des plus grandes crues qu'ait connue l'axe Rhône-Saône au cours des cinq derniers siècles. Les mois de septembre et d'octobre avaient déjà été bien arrosés. En huit jours, quatre averses méditerranéennes se succèdent au sud, en même temps que des pluies océaniques diluviennes touchent le Nord. Les cumuls atteints entre le 28 octobre et le 4 novembre sont très importants sur quasiment l'ensemble du bassin : entre 120 et 130 mm à Chambéry, 160 à 180 mm à Grenoble, 250 à 300 mm à Saint-Rambert-en-Bugey, 270 mm à Bourg-en-Bresse, 324 mm dans la région de Mâcon, 350 à 400 mm proche de Tournon, 250 mm à Marseille (Pardé, 1925).

De Chalon à Lyon, tous les records historiques de hauteur d'eau sont dépassés de plus d'un mètre. Le bassin de la Saône est particulièrement affecté (Dheune, Doubs, Loue, Reyssouze). Les bassins de l'Isère et de la Durance réagissent également mais de manière moins prononcée. Suite aux apports exceptionnels de la Saône (3 500 m^3/s, voire 4 000 m^3/s au pont de la Feuillée à Lyon), le débit du Rhône triple pour former une crue de 5 500 m^3/s à Givors, puis se gonfle encore des différents apports pour atteindre 8 000 m^3/s à Valence, 9 500 m^3/s à Viviers. Le débit record à Beaucaire est compris entre 12 000 et 13 000 m^3/s.

La crue est particulièrement destructrice dans les départements de Saône-et-Loire et du Rhône. De nombreux villages sont ravagés, les ponts sont emportés, plusieurs milliers de maisons sont détruites. La catastrophe fait également plusieurs victimes (sans précisions). À Lyon, les débordements sont très importants **(fig. 5-3)**. Le quartier de Vaise est noyé sous trois mètres d'eau. Plusieurs centaines de maisons s'écroulent. Toute la vallée du Rhône en aval de Lyon est gravement sinistrée.

Crue généralisée de mai-juin 1856 sur le bassin du Rhône

Le mois de mai 1856 est particulièrement pluvieux sur une grande partie de la France **(fig. 5-4)** avec une pluviométrie supérieure à 150 mm sur presque l'ensemble des bassins du Rhône, de la Garonne, de la Loire, de la Seine en amont de Paris ainsi que sur une partie du Rhin. On enregistre des cumuls supérieurs à 250 mm sur le haut Rhône, l'Ain ou encore l'Isère. Ceux du mois d'avril avaient déjà été largement supérieurs à la moyenne mensuelle. Une brusque remontée d'air méditerranéen fin mai-début juin, associée à de puissantes averses, est à l'origine de crues exceptionnelles. La réponse hydrologique est forte et simultanée sur l'ensemble du cours du Rhône et de ses affluents. Le débit du fleuve atteint 12 500 m^3/s à Beaucaire le 31 mai.

Les infrastructures fluviales et routières subissent des dégâts très importants dans les départements du Rhône, des Bouches-du-Rhône, du Gard et du Vaucluse. La ville de Lyon, où les débits avoisinent les 4 000 m^3/s au pont Morand (6 000 m^3/s en aval de la confluence avec la Saône les 31 mai et 1er juin), est particulièrement touchée par la catastrophe (fig. 5-5). Des ruptures de digues entraînent la submersion de nombreux quartiers, dont la quasi-totalité de la rive gauche avec plusieurs centaines de maisons détruites.

La réflexion engagée par les autorités suite à cet événement donnera lieu à d'importants travaux d'enquêtes visant à rassembler et homogénéiser les connaissances sur les

crues, et à la réalisation d'une série d'ouvrages de défense au passage des principales villes fluviales sinistrées (loi de 1858). Le bassin du Rhône sera l'un des principaux bénéficiaires de ces mesures de prévention.

Figure 5-5. Vue des dégâts causés par la crue de 1856 à Lyon en rive gauche du Rhône, dans la rue de l'hôtel du Lion d'Or.
Source : bibliothèque municipale de Lyon, fonds Jules Sylvestre, P0546 S111

Crues du 17 au 21 janvier 1910 sur les Préalpes et les Alpes du Nord

De fortes précipitations d'origine océanique affectent l'est de la France à partir du 16 janvier 1910. Accompagnées d'un vent chaud du sud-ouest, ces fortes pluies activent immédiatement la fonte du manteau neigeux récemment formé sur les Préalpes et les Alpes. Toute la partie nord et médiane du bassin du Rhône est touchée.

Le Doubs reçoit entre 150 et 200 mm sur les quatre jours. Dans la partie amont, la commune de Morteau est particulièrement éprouvée et la cote s'élève à 6,55 m, proche de la crue exceptionnelle de 1882. Les niveaux de 1882 sont largement dépassés à Besançon : après une montée moyenne du niveau des eaux de 13 cm/h, le pic de la crue s'élève à + 9,57 m pour un débit estimé à 1 700 m³/s (au moulin Saint-Paul, à la suite d'un effondrement du mur du Lycée) dans la nuit du 20 au 21 janvier. Le niveau reste toujours très important (8,50 m) le 21 à 16 heures. La crue est également exceptionnelle sur l'Allan et la Savoureuse.

À partir du 20 janvier en fin d'après-midi les eaux débordent depuis le pont de Bregille, puis du pont de la République, s'engouffrent dans les rues de Besançon (fig. 5-6) et s'élèvent jusqu'au premier étage des immeubles. Dans la nuit, l'usine de gaz est touchée et l'éclairage de la ville s'arrête. La chaussée de la rue Claude-Pouillet est arrachée sur plus d'un mètre de profondeur. Sur l'ensemble de la région, depuis les hauts bassins jusqu'à la basse vallée, les dégâts aux infrastructures ainsi qu'aux biens publics et particuliers sont très importants. Les voies de communication en particulier sont durement affectées.

Les crues sont encore marquées sur le haut Rhône : 2 000 m³/s à Lagnieu, 3 550 m³/s à Lyon (Morand) avec un apport soutenu de l'Ain. La Leysse et l'Albanne débordent

dans la région de Chambéry. L'Isère cause quelques dégâts dans la vallée du Grésivaudan et envahit les berges au passage de Grenoble.

Figure 5-6. La crue de janvier 1910, pont Battant à Besançon.
Source : CG Doubs, archives départementales, G. Antoni, cote 6Fi25056N4[2]

Rupture du barrage de Malpasset le 2 décembre 1959

Les circonstances de l'effacement de ce barrage sont aujourd'hui bien connues. Les trois dernières semaines de novembre 1959 ont été particulièrement pluvieuses. L'intensité des précipitations méditerranéennes dans les jours qui précèdent la catastrophe provoque de très fortes crues, presque centennales, sur les cours d'eau de la basse vallée de l'Argens. Le niveau de la retenue s'élève très rapidement alors que, pour des raisons techniques et judiciaires, les tests habituels de solidité du barrage n'ont pas encore été réalisés. Le remplissage rapide augmente les phénomènes de pression sur les roches (gneiss) sous-jacentes, qui conduisent à désolidariser l'ancrage de l'ouvrage en rive gauche. Le 2 décembre au soir, le barrage cède libérant d'un coup un volume de 50 millions de mètres cubes d'eau (fig. 5-7). La vallée est décapée, 1 350 ha de terres cultivées sont ravagés. La vague atteint en quelques minutes la plaine de Fréjus. Au total, on dénombre 423 décès et environ 7 000 sinistrés. La N 7 et la voie ferrée sont emportées sur plusieurs centaines de mètres, de nombreuses terres agricoles et la base aérienne sont ravagées.

Épisodes de submersion marine du 6 au 8 novembre 1982 sur le littoral Languedoc-Roussillon et en Camargue

Les grandes tempêtes génèrent épisodiquement des phénomènes de submersion marine le long des côtes du golfe du Lion. Celle des 8 et 9 novembre 1982 est particulièrement remarquable par son extension spatiale et les niveaux maritimes atteints.

a)

b)

Figure 5-7. Rupture du barrage de Malpasset le 2 décembre 1959 :
(a) le barrage juste après sa rupture ; (b) la plaine de Fréjus juste après le passage des eaux.
Source : musée local de Fréjus

Toutes les zones basses et les fronts de mer du littoral Languedoc-Roussillon et de la Camargue sont touchés. Durant deux jours, des vagues de six à dix mètres orientées est-sud-est balayent les côtes. Les niveaux d'eau croissent jusqu'à 1,50 m dans les graus et les ports abrités (grau de la Dent, Port-de-Bouc, Port-Vendres, etc.). Les destructions sont importantes. Le canal du Rhône est submergé à Sète et l'invasion de la mer provoque des dégâts considérables aux exploitations salinières et viticoles. Chaque commune littorale est fortement impactée et fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle dans les jours qui suivent.

Lave torrentielle sur le Borne le 14 juillet 1987

Le 14 juillet 1987 en fin d'après-midi, après un mois de juin déjà particulièrement pluvieux (400 mm), un violent orage, très localisé, éclate sur le versant occidental

de la chaîne des Aravis, en amont de la commune du Grand-Bornand. Des averses continues de pluies mêlées de grêle s'abattent sur le bassin versant du Borne. En trois heures, la station du pont de Venay enregistre 93,2 mm. La période de retour de l'épisode pluvieux sur 2 heures est estimée à 200 ans. Ces très fortes précipitations provoquent ruissellements, débordements et glissements de terrain. La crue du Borne atteint entre 150 et 200 m^3/s pour une période de retour évaluée à 170 ans.

Figure 5-8. Lave torrentielle sur le Borne le 14 juillet 1987 : le Borne au niveau de sa confluence avec le Chinaillon.
Source : ONF, service RTM 74, Annecy

Un embâcle se forme sur le Chinaillon au niveau du pont de Suize (fig. 5-8). Sa rupture soudaine génère une lame de boue de plus d'un mètre de haut. Celle-ci envahit en quelques instants le camping. Plusieurs dizaines de voitures et de caravanes sont emportées avec leurs occupants. Plus en aval, sur la commune d'Entremont, la coulée recouvre les routes, submerge les habitations et dépose des quantités importantes de débris.

L'événement provoque le décès de 23 personnes (dont deux disparus) dans les deux campings du Grand-Bornand. Les dégâts matériels sont considérables dans toute la vallée du Borne : 700 m de routes détruites et ouvrages publics fortement endommagés, notamment au Grand-Bornand. L'ensemble des dégâts est estimé à plusieurs millions de francs.

Inondation de Nîmes le 3 octobre 1988

Le 3 octobre 1988, en à peine huit heures, un orage violent déverse plus de 400 mm sur les hauts de Nîmes. On relève 420 mm au Mas de Ponge, 310 mm sur l'avenue Kennedy et 266 mm à Nîmes-Courbessac. La période de retour de l'événement est supérieure à 100 ans. Tous les cadereaux et résurgences entrent en crue simultanément et viennent submerger la ville en contrebas. En quelques minutes, les rues sont transformées en torrents avec des vitesses d'écoulement souvent supérieures à 4 m/s

– cause première des pertes humaines et matérielles – pour des hauteurs comprises entre 0,5 et 2 m, jusqu'à 3,35 m au carrefour des rues Vincent-Faïta et Sully (fig. 5-9). La partie urbaine de Nîmes voit transiter plus de 14 millions de mètres cubes d'eau.

Au total, on dénombre 11 décès et des dégâts exceptionnels évalués à environ 610 millions d'euros : perte d'une trentaine de logements individuels installés dans le lit des cadereaux, dégâts matériels au bâti, infrastructures, commerces, plusieurs milliers de voitures sont sinistrées.

Figure 5-9. Les arènes de Nîmes, le 3 octobre 1988. Source : Ville de Nîmes

Crues des 16 et 17 février 1990 sur l'Ain et le Rhône amont

Une succession de perturbations océaniques très actives touche la partie amont du bassin du Rhône (Savoie, Haute-Savoie, Ain, Isère) et génère des précipitations exceptionnelles mi-février 1990. Les 13 et 14 février, il pleut sans discontinuer sur les massifs du Jura et des Préalpes. Les périodes de retour des cumuls sur deux jours (supérieurs à 200 mm en moyenne) dépassent les 30 ans. On enregistre jusqu'à 306 mm en deux jours à la station de Chézery-Forens (01). L'importante fusion nivale consécutive au redoux brutal qui survient à partir du 14 février aggrave la crue.

L'inondation concerne avant tout le Rhône en amont de Lyon. La crue est centennale en Chautagne (2 855 m^3/s). Compte tenu des volumes transités, les barrages et aménagements hydroélectriques de la Compagnie nationale du Rhône ont peu d'incidence sur son passage. Ce qui n'est pas le cas sur l'Ain où la retenue EDF de Vouglans va largement absorber les apports de cet affluent. Sur le Rhône le laminage s'opère néanmoins au travers des zones naturelles d'expansion que constituent les

marais de Chautagne et Lavours, le lac du Bourget (dont le niveau à cette occasion s'élève de + 2,50 m), les plaines de Brangues, de Le Bouchage et de Miribel-Jonage.

Grâce à ce double écrêtement (naturel sur le Rhône, anthropique sur l'Ain), la crue du Rhône s'atténue rapidement vers l'aval et n'est plus que décennale à Lyon (3 230 m³/s au niveau du pont Morand). Les cours d'eau du Haut-Doubs, notamment l'Allan et la Savoureuse, connaissent des crues au moins aussi importantes que l'événement de 1910 : le réseau routier est submergé de manière conséquente et plusieurs dizaines de familles sont relogées d'urgence.

Au total, les conséquences restent limitées aux abords de l'agglomération lyonnaise, contrairement à l'amont du bassin où les débordements, les coulées de boue et les glissements de terrain provoquent d'importantes destructions et de nombreuses perturbations routières et ferroviaires, notamment, des dégâts très importants sur la ligne Culoz-Modane. Plusieurs centaines de personnes sont évacuées dans l'Ain, l'Isère et la Savoie. Par ailleurs, les conséquences liées aux avalanches et aux crues torrentielles sont dramatiques (plusieurs victimes en Savoie, Haute-Savoie et Isère).

Crues de septembre 2002 dans le département du Gard

Les 8 et 9 septembre 2002, un événement pluvieux d'une grande violence touche les départements de l'Hérault, du Vaucluse et particulièrement du Gard **(fig. 5-10)**. Des remontées d'air chaud des basses couches de la Méditerranée entrent en conflit avec de fortes anomalies d'altitude et engendrent la formation d'orages violents et stationnaires. D'une durée inférieure à 24 heures, l'épisode présente des cumuls de précipitations de plus de 400 mm sur environ 1 800 km², pouvant dépasser les 600 mm sur plus de 150 km². Les bassins versants du Vidourle, des gardons et de la Cèze sont fortement touchés.

En moins de 20 heures, les eaux du Vidourle s'élèvent de plus de 6 m à Sommières, avec un débit estimé entre 1 800 et 2 600 m³/s. La période de retour de ces débits est comprise entre 200 et 400 ans. On soulignera l'importance du transport solide sur le Vidourle au cours de l'épisode (90 millions de m³ à l'exutoire). À Anduze, la crue du Gardon s'étale principalement en rive gauche à la sortie des gorges et atteint un débit de pointe estimé à 7 000 m³/s à Remoulins.

Plus de 800 personnes doivent être évacuées et près de 7 000 foyers sont sinistrés dans le seul département du Gard. La catastrophe cause 23 morts, dont 22 dans le département du Gard.

Crue du Rhône du 1er au 4 décembre 2003

Après un mois de novembre particulièrement pluvieux, le sud du bassin du Rhône est touché entre le 30 novembre et le 3 décembre 2003 par une perturbation méditerranéenne exceptionnelle tant par sa durée que par son extension spatiale. Le Rhône et ses affluents en aval de Valence **(fig. 5-11)** réagissent fortement et génèrent une des trois crues les plus fortes du fleuve observées depuis le XIXe siècle (après 1840 et 1856).

Le débit de la pointe de crue sur l'Ardèche est de 2 950 m³/s à sa confluence et celui de l'Eyrieux est de 1 700 m³/s. Fort heureusement, la crue de la Durance n'est pas significative. Le Rhône passe à Beaucaire de 2 400 à 10 000 m³/s entre le 1er et le 2 décembre et atteint 11 500 m³/s le 4 décembre.

Les dégâts les plus importants surviennent en aval de Viviers. Dans de nombreux secteurs, notamment à la confluence de l'Ardèche où les vitesses d'écoulement sont importantes, les digues subissent de nombreuses avaries avec parfois formation de brèches. L'inondation gagne l'ensemble du lit majeur avec des hauteurs pouvant atteindre plus de trois mètres dans la plaine de Beaucaire. Les terres agricoles sont fortement impactées par une eau qui, en certains endroits, mettra plusieurs semaines à s'évacuer.

Le secteur entre Arles et Tarascon est tout particulièrement impacté, notamment les zones industrielles et de nombreuses entreprises. Plus de 2 000 foyers sont sinistrés ainsi qu'une grande quantité d'équipements et d'infrastructures. À Arles, les soubassements des quais sont affouillés. Les digues de protection ont toutefois souvent joué leur rôle, comme à Avignon par exemple.

On déplore sept décès. Le coût total des pertes est estimé à plus d'un milliard d'euros, dont la moitié concerne les particuliers. L'événement suscite une mobilisation sans précédent des autorités nationale et régionale, qui aboutit à la mise en place du « Plan Rhône », programme général de gestion et d'aménagement du fleuve.

Crues de l'Argens et de la Nartuby les 15 et 16 juin 2010

L'épisode hydrologique qui a touché le département du Var les 15 et 16 juin 2010 constitue un événement particulièrement rare par son intensité et sa durée. De fortes précipitations s'abattent sur l'ensemble du département, et particulièrement violemment dans la partie centrale du Var (fig. 5-12). Les bassins versants de l'Argens et de la Nartuby enregistrent des cumuls pluviométriques supérieurs à 200 mm, jusqu'à 400 mm aux Arcs-sur-Argens et à Lorgues, et 384 mm à Taradeau. Le cumul horaire maximum enregistré est de 45 mm, aux Arcs.

Figure 5-12. La catastrophe dans le département du Var les 15 et 16 juin 2010 : inondation de la basse plaine de l'Argens. Source : EMIZDC

Les cours d'eau entrent en crue brutalement, parfois en quelques minutes, avec des périodes de retour des débits souvent supérieures à 100 ans. L'importance des ruissellements superficiels aggrave encore la situation. Le débit de l'Argens atteint 2 400 m³/s à Roquebrune (bassin versant de 2 500 km²).

Les inondations catastrophiques sont à l'origine de 23 décès. La vallée de la Nartuby, fortement urbanisée, paiera le plus lourd tribut et comptera le plus grand nombre de victimes. Le coût des dégâts matériels est estimé à plus d'un milliard d'euros.

Les inondations à l'échelle des unités de présentation

Unité Ardèche-Gard

Réseau hydrographique

D'une superficie de 9 221 km², l'unité de présentation « Ardèche-Gard » est composée des bassins versants de l'ensemble des affluents rive droite du Rhône en aval de Saint-Pierre-de-Bœuf : Cance, Doux, Eyrieux, Ardèche, Cèze, Gard. Il s'agit principalement de cours d'eau provenant du Massif central, du Pilat aux Cévennes en passant par les monts du Vivarais. Ils présentent souvent des pentes extrêmement fortes dans leur cours supérieur. À l'est, on retrouve les vallées alluviales affluentes du Rhône.

Typologie des inondations

Les événements remarquables sont avant tout de type cévenol. Ces phénomènes résultent d'une descente d'air froid polaire sur le proche atlantique qui se déplace vers l'est et entre en contact avec une remontée d'air chaud qui s'est chargé d'humidité en passant au-dessus de la Méditerranée. Ces deux masses, butant sur l'anticyclone centré sur l'Europe centrale et dont la bordure ouest suit la vallée du Rhône, se retrouvent bloquées, et génèrent alors des orages en continu entre la Méditerranée et les versants sud et est du Massif central (Cévennes). Ces phénomènes convectifs de méso-échelle se caractérisent par la formation de cellules orageuses très actives, des vents violents, des formations nuageuses fortement pluviogènes et enfin par des cumuls de précipitations horaires et journaliers particulièrement importants (plusieurs centaines de millimètres par jour). Ces lames d'eau sont à l'origine de crues exceptionnelles. Pour des raisons liées à la fois aux températures et à la circulation des masses d'air, les phénomènes les plus remarquables surviennent principalement dans la période de septembre à décembre.

Ces pluies torrentielles, associées souvent à des phénomènes de ruissellement, produisent des crues d'autant plus rapides que les têtes de bassin concernées ont des pentes très marquées et des sols peu perméables. Les temps de réaction des cours d'eau sont très courts et les débits spécifiques élevés. Ce régime fait du bassin de l'Ardèche un des plus remarquables en termes de réactivité et de débit. Lors de ce type d'événement, ses apports potentiels au Rhône peuvent à eux seuls générer une crue remarquable du fleuve.

Inondations remarquables

Quatre événements remarquables ont été retenus **(fig. 5-13)**, avec des cumuls exceptionnels de pluie. Deux événements sont anciens : la crue de septembre 1857 sur l'Eyrieux reste la plus importante jamais observée à ce jour sur ce bassin, de même que celle de septembre 1890 qui est la plus forte observée sur l'Ardèche depuis 1644. Deux événements sont plus récents, ceux de fin septembre et début octobre 1958 sur le Gard et la Cèze, et la crue de septembre 2002 sur le bassin du Gard.

Crues de l'Ardèche, de l'Eyrieux et du Doux du 10 septembre 1857

Les 9 et 10 septembre 1857, une cellule orageuse couvre tout le territoire des départements de l'Ardèche et du Gard et déverse des pluies abondantes sur le versant oriental des Cévennes. Celles-ci affectent tout particulièrement les bassins versants de l'Ardèche, de l'Eyrieux et du Doux. Le 10 septembre, le phénomène météorologique se transforme en véritable tempête orageuse. Les pluies sont intenses et activées par un vent très fort. L'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du département rapporte que suite à une journée déjà très pluvieuse le 9 septembre, le 10, de 10 heures du matin à 5 heures du soir, les précipitations furent si violentes, à l'origine d'un tel ruissellement que le « talus des montagnes était recouvert d'une couche d'eau de plusieurs centimètres d'épaisseur ». Les vents déracinèrent ou brisèrent une grande quantité d'arbres qui tombèrent dans les torrents principaux et leurs affluents. Ceux-ci sont comparés à des « immenses trains de bois, qui, dans leur marche vagabonde, coupaient ou arrachaient les plantations de la vallée, si bien que cette sorte d'avalanche, loin de diminuer d'intensité, ne faisait que s'accroître dans sa marche » (Marchegay, 1861). L'ampleur de ce phénomène est telle que « les habitants des bords du Rhône disent que ce fleuve ne présentait, d'une rive à l'autre, qu'un vaste train de bois, si compact, que, au Pouzin, en aval de l'Eyrieux et du Doux, il semblait qu'on aurait pu traverser le Rhône en marchant sur ce bois ». Il est rapporté que le même phénomène se produisit sur la Cèze et le Gardon d'Alès, a tel point que la poussée de cet amoncellement d'arbres sur le Rhône aurait entraîné la rupture du pont de bateaux à Arles.

Cet événement est la crue historique de référence sur le bassin de l'Eyrieux et la plus forte connue sur l'ensemble de son parcours. L'événement est supérieur à celui du 24 août 1827, jusqu'alors connu comme le plus important. Il est également supérieur à la crue de référence plus récente, du 3 août 1963. Plusieurs échelles de crues ont été emportées lors de cet épisode mais les hauteurs suivantes ont été relevées sur l'Eyrieux : 9,65 m au pont des Ollières et 17,20 m au droit de l'étranglement de Pontpierre, dépassant respectivement de 3,91 m et 3,30 m la crue de 1827. Le débit de l'Eyrieux a été estimé à 4 500 m^3/s à sa confluence avec le Rhône, bien supérieur à la crue centennale (2 950 m^3/s ; Sogreah, 2004).

La Cèze est également touchée. Une première crue est signalée le 9 septembre de 23 heures à minuit, puis une seconde le 10 septembre, de 10 à 14 heures. Tous les rez-de-chaussée des bâtiments de Saint-Ambroix sont inondés. La Cèze y atteint 8,20 m (date de la donnée non confirmée, il peut s'agir de la crue du 5 octobre 1857).

Le Gardon inonde Lasalle et les parties basses du bourg par deux affluents de la Salendrinque le 9 septembre à 20 heures. La Braune submerge Boucoiran-et-Nozières et

Saint-Mamert vers 23 heures. L'Ardèche monte à 13,50 m le 10 septembre à 17 h 30 au niveau du pont suspendu de Vallon, et à 18,50 m à 20 h 30 à la maison Gournier.

Les impacts matériels sont d'autant plus colossaux que les rivières (Doux, Eyrieux, Ardèche) ont fait l'objet de nombreux aménagements hydrauliques et industriels au cours des décennies précédentes (première industrialisation). Dans le bassin de la Cèze des moulins sont emportés et de nombreuses maisons sont inondées. À Bessèges la passerelle au-dessus du pont de pierre est détruite. Le Gardon a endommagé de nombreuses maisons, ponts, terres et vignes. Dans le bassin du Vidourle, les dégâts agricoles sont considérables, essentiellement sur les vignes.

Les prises d'eaux, les canaux ainsi que les voies de communication subissent aussi des dégâts innombrables. L'ingénieur des Ponts et Chaussées Marchegay rapporte qu'indépendamment des ponceaux et aqueducs de peu d'importance, l'on compte :

« 13 ponts emportés et 27 ponts ayant éprouvé de fortes dégradations. Les deux ponts les plus importants parmi ceux qui ont été détruits sont, sur le Doux, le pont suspendu de Tournon, dont la culée rive gauche, tournée par le courant, a été affouillée et renversée en amont, et sur l'Ardèche, le pont de pierre de Rolandy construit il y a près de 80 ans par les États du Languedoc. Ce dernier pont était composé de trois arches ayant 15 m de largeur chacune ».

Le bilan humain est également notable. On déplore la noyade d'une personne dans le Vistre et quatre autres emportées dans leur maison à Fons. L'Ardèche cause la mort de six personnes à Joyeuse et d'une autre à Vallon.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol, avec 145 mm à Aubenas la nuit du 9 au 10 septembre et le 10 septembre 1857 • Crue plus que centennale sur l'Eyrieux	• Ardèche, Eyrieux, Doux	• 12 morts, nombreux dégâts sur habitations, usines et ponts (13 emportés, 27 endommagés)

Crue générale du 18 au 23 septembre 1890 sur les départements de l'Ardèche et du Gard

Entre le 18 et le 23 septembre 1890, les départements de l'Ardèche et du Gard sont frappés par des orages cévenols diluviens (tab. 5-2 et 5-3). On relève en cinq jours 971 mm de précipitations à Montpezat. Elles sont à l'origine de la plus forte crue connue sur les rivières du département de l'Ardèche. Après des pluies relativement légères le 18, un premier orage de grande intensité frappe la partie méridionale de l'Ardèche dans la nuit du 19 au 20 et dure sans discontinuer jusqu'au 22 vers 8 heures du matin. On enregistre un cumul de 339 mm à Vals-les-Bains en 54 heures. Après une journée plus calme, des pluies diluviennes s'abattent dans la nuit du 22 au 23 sur la partie septentrionale du département. Des précipitations intenses touchent également le haut bassin de l'Hérault et le Vidourle.

Tableau 5-2. Précipitations du 19 au 23 septembre 1890 sur le bassin Ardèche-Gard. Source : DDE Gard

Bassin	Lieu	Précipitations (mm)			
		20 sept.	21 sept.	22 sept.	19 au 23 sept.
Cèze	Vialas	284	296	210	884
	Bagnols-sur-Cèze				46
Gardon	Le Collet-de-Dèze	208	216	144	661
	Alès	139			315
	Saint-André-de-Valborgne	177	346	123	646
	Saint-Jean-du-Gard	390			577

Tableau 5-3. Hauteurs maximales et débits de pointes des crues du 19 au 23 septembre 1890 sur le bassin Ardèche-Gard. Source : DDE Gard

Cours d'eau	Lieu	Hauteur (m)	Débit (m^3/s)
Cance	Annonay	8	
Eyrieux	Beauchastel	7	
Beaume	Joyeuse	7,5	
Chassezac	Vans	9	3 000
Ardèche	Vallon	17,3	7 550 (Naulet, 2002)
Cèze	Bessèges	8,19	
Gardon d'Alès	Alès	4	
Gardon de Mialet	Mialet	8,5	
Gardon de Saint-Jean	Saint-Jean-du-Gard	5,3	
Gardon d'Anduze	Saint-Jean-du-Gard	5,0	
Gard	Ners	7,1	
Gard	Remoulins	6,75	2 600

Au cours de l'événement, toutes les rivières du département sont en crue et atteignent des niveaux record, qui dépassent la valeur centennale.

Les pertes et les dommages sont énormes. Une cinquantaine de victimes, mortes soit par noyade, soit par suite de l'effondrement de maisons, sont signalées par le chroniqueur ardéchois Henry Vaschalde. Ces éléments se limitant au territoire du département de l'Ardèche, il est possible que le nombre de victimes de l'événement global soit en fait supérieur. De nombreuses disparitions furent constatées, coïncidant avec le fait que des cadavres trouvés dans divers cours d'eau appartenaient à des personnes inconnues aux habitants du site. À Vallon-Pont-d'Arc, l'Ardèche fait 40 victimes (fig. 5-14).

Beaucoup de communes subissent des destructions importantes : maisons, moulins, usines, routes et ponts détruits ainsi que des cultures, notamment des vignes. Pour le

seul bassin de l'Ardèche, 28 ponts sont détruits et les vallées de la Beaume, de l'Eyrieux, de l'Ay, de l'Ouvèze, du Doux, de la Cance, de la Cèze amont et certainement des gardons subissent des sorts comparables. Parmi les dégâts remarquables, la rivière du Doux détruit en plusieurs endroits la ligne de chemin de fer Tournon-Lamastre en cours de construction. L'Ay change de lit en raison de l'apport exceptionnel du torrent du Nor, et détruit tout sur son passage.

Selon Henry Vaschalde,

« la localité d'Annonay a été peut-être la plus gravement éprouvée du département, en raison des deux cours d'eau torrentiels qui la baignent (la Déôme et la Cance) et des importantes usines que ces rivières desservent sur leurs bords. Les dégâts sont considérables, l'eau montait au premier étage des maisons, les bords de Cance sont ravagés ».

Avant la crue de 1890, la plus remarquable sur le bassin versant de l'Ardèche avait été celle du 9 octobre 1827, avec un record de cumul de pluies toujours en vigueur sur le département : 792 mm en 21 heures à Joyeuses ! Elle produisit cependant une hauteur de crue inférieure à la crue de 1890 : 19,25 m à Vallon-Pont-d'Arc contre environ 21 m en 1890. Plus récemment, des crues importantes sur le bassin de l'Ardèche se sont produites en 1958, 1982 et en 1992. Les niveaux enregistrés, respectivement 12,20 m, 11,20 m et 9,50 m, restent néanmoins bien inférieurs à ceux atteints au XIX^{e} siècle.

Figure 5-14. L'Ardèche à l'amont du pont d'Arc le 21 septembre 1890. Source : SMAC

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol, avec 971 mm en 5 jours à Montpezat • Crue plus que centennale sur l'Ardèche (7 550 m^3/s)	• Ensemble secteur Ardèche-Gard	• Une cinquantaine de victimes et de nombreuses destructions, notamment 28 ponts

Crues du Gard et de la Cèze du 30 septembre au 4 octobre 1958

Deux épisodes de pluies diluviennes surviennent à seulement quelques jours d'intervalle sur les Cévennes au début de l'automne 1958, le premier entre le 29 et le 30 septembre, le second les 3 et 4 octobre **(fig. 5-15)**. Ils provoquent une véritable catastrophe sur le Gard. Les quantités d'eau recueillies les 3 et 4 octobre sont dans l'ensemble plus faibles que celles relatives aux journées des 29 et 30 septembre. L'écart est particulièrement sensible des monts Lozère au sud du mont Aigoual où les précipitations sont deux à trois fois moins importantes. Le second épisode touche davantage les hauts bassins ardéchois (de 200 à 250 mm sur le Chassezac et l'Ardèche). Les précipitations enregistrées sur le Gard le 30 septembre sont de 101 mm à Mont-Aigoual en 4 heures, 222 mm à Valleraugue en 5 heures, 140 mm à Alès en 2 heures, 279 mm à Saint-Jean-du-Gard en 8 heures. Notons que les mesures de précipitations du 30 sont sous-estimées car les pluviomètres débordaient.

Ces deux épisodes pluviométriques sont à l'origine de fortes crues sur les bassins de la Cèze et du Gard. Les deux crues (30 septembre et 4 octobre 1958, tab. 5-4 et 5-5) ont été précédées d'un été plutôt sec. De ce fait, l'origine des crues peut entièrement être attribuée aux pluies considérables des deux épisodes pluviométriques. Le 30 septembre, la Cèze connaît une crue éclair. Les eaux montent de 4,30 m en 4 heures pour atteindre la cote 11 m à Saint-Ambroix et un débit estimé à 2 800 m^3/s. On enregistre 10,75 m à Bagnols.

Tableau 5-4. Hauteurs maximales et débits de pointes de la crue du 30 septembre 1958 sur le bassin du Gard. Source : DDE Gard

Cours d'eau	Lieu	Hauteur (m)	Débit (m^3/s)	Observation
Gardon d'Anduze	Anduze	7,6	3 000	
Gardon d'Alès	Alès	5,5		La grande rue d'Alès est sous un mètre d'eau
Gardon	Ners	10,6	4 500	5 000 m^3/s (d'après Pardé)
Gardon	Remoulins		4 000	

Tableau 5-5. Hauteurs maximales et débits de pointes de la crue du 4 octobre 1958 sur les bassins de l'Ardèche et du Gard. Source : DDE Gard

Cours d'eau	Lieu	Hauteur (m)	Débit (m^3/s)	Observation
Cèze	Saint-Ambroix			Montée de 6 m en 2 heures
Gardon d'Alès	Alès	5		
Gardon d'Anduze	Anduze	5,5		
Gardon	Ners	4,9		
Gardon	Remoulins	6,8		
Ardèche	Vallon	12,2		
Chassezac		8	2 000	

Moins de quatre jours après le premier épisode, de nouvelles crues sont observées. Les nappes d'eau ayant été reconstituées par les précipitations de fin septembre, le ruissellement devient quasi total à la suite des pluies d'octobre. Dans l'Ardèche, à Pont-d'Aubenas, l'eau monte de 2,80 à 4 m en 15 minutes, dès le matin (à 4 heures). Des crues sont également observées sur les bassins de l'Hérault et du Vidourle, dans l'UP « côtiers ouest ». La crue du 30 septembre 1958 est la plus forte connue sur la Cèze à Saint-Ambroix (11 m à l'échelle). Elle constitue l'événement de référence sur la partie amont du bassin. Aucun événement supérieur n'a frappé cette portion de bassin depuis notamment la mise en place du barrage de Sénéchas.

Les dommages sont importants sur les bassins des gardons et de la Cèze. La ville d'Alès est particulièrement touchée, avec plus de 4 000 foyers sinistrés. La Grande rue est sous un mètre d'eau. Plusieurs ponts sont emportés le long des gardons (ponts de la Baume et de l'Abbaye à Cendras). Le pont suspendu de Remoulins subit des dommages au niveau du tablier, il restera hors-service pendant un an. On comptabilise 36 décès dans le seul département du Gard (dont la moitié surprises dans leur véhicule entre Ners et Boucoiran-et-Nozières et cinq emportées avec leur maison à Anduze). Au total, ce sont plus de 6 900 sinistrés, 1 175 hectares ravagés et 450 automobiles détruites. Quelque 45 communes sont fortement touchées et les pertes atteignent 80 milliards de francs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol, avec 2 épisodes pluviométriques particulièrement intenses à 4 jours d'intervalle	• Les bassins du Gard et de l'Ardèche sont particulièrement inondés	• 36 décès, 4 000 foyers endommagés à Alès, 80 milliards de francs de dégâts, 6 900 sinistrés

Crues du Gard et de la Cèze les 8 et 9 septembre 2002

L'épisode de pluies diluviennes des 8 et 9 septembre 2002 est le résultat d'un système convectif stationnaire sur le Gard. Il est remarquable par son étendue et son intensité, mais également par l'ampleur des crues qui s'ensuivent.

Centrées sur les régions gardoises du haut bassin du Vidourle et de la partie centrale des bassins des gardons (régions de la Gardonnenque et de la plaine alésienne) et de la Cèze, des pluies très abondantes ont également touché le Vaucluse, l'Hérault, la Lozère et dans une moindre mesure les Bouches-du-Rhône, l'Ardèche et la Drôme. La carte des cumuls de pluie **(fig. 5-10)** permet d'apprécier ces intensités et l'étendue du phénomène.

Un maximum de 687 mm est enregistré à Anduze en 21 heures et les deux tiers du département du Gard ont reçu plus de 400 mm. L'ensemble du secteur a reçu plus de 200 mm et comprend le bassin du Vidourle, les parties médianes des bassins du Gard et de la Cèze, ainsi que la partie inférieure du bassin de l'Ardèche (la limite nord se situant vers Vallon-Pont-d'Arc) et dans une moindre mesure de l'Hérault.

La somme des débits (tab. 5-6) des gardons d'Anduze et d'Alès se monte à 4 600 m³/s alors que le débit du Gard à Russan atteint 6 400 m³/s, issu d'apports complémentaires (1 800 m³/s) par ruissellement direct et de petits affluents. Les débits de la Cèze ne deviennent importants qu'après l'apport de l'Auzon, avec 2 200 m³/s à Tharaux (cote 11,55 m). Notons qu'à Tharaux même on a mesuré une hauteur de pluie de 478 mm. Les crues des différents affluents rive droite du Rhône ont induit une crue importante sur l'aval du fleuve avec un débit mesuré de 10 500 m³/s à Beaucaire (soit à peine 1 000 m³/s de moins que la crue de référence de décembre 2003 à 11 500 m³/s).

Tableau 5-6. Hauteurs et débits maxima de la crue des 8 et 9 septembre 2002.
Source : DDE Gard et Diren Languedoc

Cours d'eau	Lieu	Hauteur (m)	Débit (m³/s)
Gardon d'Anduze	Bras de Saint-Jean	5,88	1 100
Gardon d'Anduze	Bras de Mialet, après la confluence du bras de Saint-Jean	10,25	3 200
Gardon d'Alès	Alès	5	1 400
Gardons réunis	Russan	16,89	6 400
Gardons réunis	Ners	9,15	7 000
Cèze	Bessèges		215

Le bilan humain et matériel est lourd. L'événement a causé la mort de 22 personnes dans le Gard (la plupart dans leur voiture). Il a touché 419 communes et fait 1,2 milliard d'euros de dégâts, dont 70 % pour le seul département du Gard. Dans ce dernier, plus des quatre cinquièmes des communes sont sinistrées (299 sur 353) et sont reconnues en état de catastrophe naturelle. Les zones les plus touchées de l'unité « Ardèche-Gard » sont l'aval du bassin versant du Gardon d'Anduze, la Gardonnenque et le bassin versant de la Cèze.

Sur les gardons, les eaux engendrent des dégâts de nature différente selon les secteurs et la largeur du lit majeur. À Collias, les bas quartiers du village sont dévastés. Après le passage des gorges, les eaux envahissent les plaines, où les dommages sont les plus importants en raison d'une densité de population plus forte et de la présence de terrains agricoles.

Un grand nombre d'infrastructures sont très lourdement touchées, comme les réseaux d'assainissement, parfois aussi ceux d'approvisionnement en eau potable et en électricité ainsi que les voies de communication. Les revêtements des routes communales et des chemins ont subi des dégâts sérieux du fait du ruissellement, également très souvent à l'origine de détériorations sérieuses aux bâtiments en raison des infiltrations.

Au total, dans les bassins des gardons et de l'Uzège, 111 habitations isolées, six campings et 355 hectares d'habitats groupés ont été inondés. Plus de 20 ponts ont été endommagés, 30 ruptures de digues observées, 15 stations de pompage et d'épuration submergées et plus de 10 kilomètres de voirie déteriorées. Le linéaire de

berges érodées atteint 29 km. Les dégâts à la ripisylve s'étendent sur plus de 74 km (nombreux arbres arrachés ou couchés). Les crues ont par ailleurs inondé les champs, parfois arraché ou détruit la couverture végétale, et sont à l'origine d'importants dépôts de sables et de graviers (fig. 5-16).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol • Système convectif stationnaire sur le Gard les 8 et 9 septembre 2002, 687 mm en 21 heures à Anduze	• Bassins des gardons et de la Cèze	• 24 victimes, 1,2 G€ de dommages, infrastructures fortement touchées, nombreux ponts endommagés, dégâts agricoles très importants

Unité axe du Rhône

Réseau hydrographique

Le périmètre de cette unité de présentation correspond à la zone de gouvernance du Plan Rhône et s'intéresse uniquement au lit majeur du Rhône français qui parcourt depuis la Suisse jusqu'à la Méditerranée un linéaire de 530 km. Durant son périple français, quatre affluents majeurs irriguent 60 % du bassin versant français du fleuve : l'Ain, la Saône, l'Isère, et la Durance. En aval, il reçoit en rive droite un chapelet de rivières dont les crues de type cévenol sont particulièrement redoutables : Doux, Eyrieux, Ardèche, Cèze, Gard.

Le fleuve est généralement divisé en cinq entités hydrologiques (Hydratech *et al.*, 2000) :
– le Rhône alpestre (8 000 km^2) en Suisse, de sa source dans le canton du Valais (environ 2 000 m d'altitude) au lac Léman. Les crues nivales et glaciaires d'été sont totalement laminées à la traversée du Léman ;
– le Rhône supérieur (11 000 km^2), du Léman à la Saône, avec les apports principaux de l'Arve, de la Valserine, du Fier, du Guiers et de l'Ain (respectivement 2 000, 370, 1 400, 580 et 3 700 km^2). Les contributions de ces affluents sont de type nivo-glaciaire pour l'Arve et pluvio-nival pour les autres cours d'eau ;
– le Rhône moyen (47 600 km^2), de la Saône à l'Eyrieux, avec les apports de la Saône, du Gier, de la Cance, du Doux et de l'Isère (respectivement 29 900, 420, 380, 630 et 11 800 km^2). Le régime pluvial océanique de la Saône induit des crues lentes à fort volume, les apports de l'Isère sont caractéristiques d'un régime pluvio-nival, et ceux des petits affluents en rive gauche ont peu d'influence sur le cours du Rhône ;
– le Rhône inférieur (29 000 km^2), de l'Eyrieux au Gard, avec les apports, en rive droite des affluents cévenols, l'Eyrieux, l'Ardèche, la Cèze et le Gard (respectivement 850, 2 400, 1 300, 2 100 km^2), et en rive gauche de la Drôme, du Roubion, du Lez, de l'Eygues, de l'Ouvèze et de la Durance (respectivement 1 600, 610, 460, 1 100, 1 900 et 14 500 km^2). Les crues rapides et violentes des affluents cévenols peuvent apporter une contribution significative au débit du Rhône sur la période automnale, alors que les crues de la Durance ont lieu principalement en automne mais également au printemps par fonte nivale et plus rarement en hiver ;

a)

b)

Figure 5-16. Le Gardon peu après la crue de septembre 2002 :
(a) les gorges, secteur du moulin de la Baume ; (b) le pont Saint-Nicolas. Source : D. Cœur

– le delta du Rhône, en aval de Beaucaire où le fleuve se divise en deux bras endigués, sans plus aucun apport significatif jusqu'à la mer.

Un cours d'eau très aménagé depuis le XIXe siècle

La morphologie du fleuve Rhône a beaucoup évolué du fait des aménagements multiples qui se sont succédés au cours du temps : les ouvrages de protection des villes (alignement de quais) réalisés après la crue de 1856, les épis Girardon chargés, à partir des années 1880, d'améliorer la navigation fluviale, ou encore les aménagements hydroélectriques de la Compagnie nationale du Rhône après la Seconde Guerre mondiale. Le linéaire rhodanien est aujourd'hui en grande partie artificialisé, à l'image des 19 aménagements hydroélectriques qui jalonnent le fleuve depuis Génissiat après la frontière Suisse jusqu'à Vallabrègues, à l'amont du delta de Camargue. Par conséquent, si les crues historiques antérieures aux aménagements de la CNR nous permettent de tirer certaines leçons de l'histoire longue des crues du Rhône, elles ne peuvent pas directement être utilisées comme des événements de référence au regard des conditions actuelles d'écoulement et d'aménagement. C'est tout l'objet des documents de prévention que d'examiner précisément, secteur par secteur, les conséquences d'événements climatiques extrêmes, comparables à ceux avérés au XIXe siècle, en tenant compte des transformations intervenues depuis dans l'écoulement du fleuve. Les crues récentes – 1990 sur l'amont, 1993-1994 et 2003 sur l'aval – témoignent en revanche, directement et avec un plus grand réalisme, des conséquences actuelles des inondations sur les territoires riverains.

Typologie des inondations

À la variété des scénarios climatiques et hydrologiques régissant la formation des crues du Rhône correspondent des conditions de propagation également variées, et ce d'autant plus que les affluents sont nombreux et importants. Par conséquent, la dynamique des crues sur le bassin du Rhône ne relève pas d'un simple et unique schéma. En revenant à un découpage par grands tronçons, on peut en présenter les traits principaux et rappeler que les crues du Rhône formées en Suisse sont complètement écrêtées par le lac Léman.

Sur le Rhône supérieur français, leur propagation est considérée comme semi-rapide. Les affluents alpins réagissent promptement aux précipitations et l'augmentation des débits se répercute en quelques heures dans le Rhône. La crue se forme en une demi-journée, après les épisodes de pluie sur le secteur le plus en amont. On soulignera que la plaine de Chautagne et le lac du Bourget écrêtent jusqu'à 500 m^3/s sur un débit de 3 000 m^3/s du Rhône supérieur. Au niveau de la confluence de l'Ain, la crue arrive dans les 24 heures et continue à progresser durant une demi-journée, après avoir été à nouveau écrêtée pour des débits supérieurs à 1 500 m^3/s dans la plaine de Brangues-Le Bouchage. La crue combinée du Rhône et de l'Ain arrive ensuite à Lyon en moins de 12 heures. Cette relative rapidité de la propagation des crues limite la durée de la phase la plus critique qui, en général, ne se prolonge pas au-delà de deux jours à Lyon.

Au niveau de Lyon la crue semi-rapide du Rhône et la crue très lente et prolongée de la Saône se rassemblent pour se propager avec une double dynamique, souvent plus rapide dans un premier temps, puis plus lente dans un deuxième temps. Avant d'arriver à Valence, l'Isère, en rive gauche, et les affluents rive droite venant du Massif central apportent chacun une nouvelle composante à la crue du Rhône, en fonction des

précipitations qu'ils ont reçues. Le débit de base met environ 12 heures à se propager entre Lyon et Valence, mais il peut être augmenté en quelques heures par celui des affluents de la rive droite et en une demi-journée par les apports alpins de l'Isère.

En descendant encore la vallée, la dynamique de la crue, tributaire des réactions des affluents méridionaux, se complexifie. On peut distinguer trois configurations principales. La première voit les crues formées entre Lyon et Valence s'atténuer vers l'aval quand les bassins des affluents sont faiblement arrosés. La seconde configuration, qui produit des crues généralisées, correspond à des apports répartis le long du cours. C'est la crue d'octobre 1993 ou celle de mai 1856, avec toutefois un phénomène plus complexe comprenant différentes ondes de crue. La dernière configuration correspond à une production prépondérante des affluents du cours aval. Elle peut s'observer à partir de débits faibles du Rhône à Lyon, la crue se formant essentiellement dans le cours inférieur. C'est le scénario des événements de 2002 et 2003. Les crues des affluents sont souvent décalées dans le temps, mais elles contribuent à augmenter les débits propagés. Les réactions se manifestent dans le Rhône en une douzaine d'heures après les épisodes de pluie.

Inondations remarquables

Sept événements remarquables **(fig. 5-17)** ont été sélectionnés et recouvrent trois des quatre typologies de répartition des apports le long du bassin du Rhône :
– crue océanique localisée sur le Rhône supérieur et le Rhône moyen, en février 1990 ;
– crues méditerranéennes extensives sur le Rhône inférieur et le delta du Rhône, en novembre 1935 et en décembre 2003 ;
– crues généralisées, en novembre 1840, mai 1856, octobre 1993 et janvier 1994.

Les crues de type cévenol sont décrites au sein des unités « Ardèche-Gard » et « côtiers ouest ». Nous reprenons dans la présentation de ces sept événements la classification retenue dans l'étude globale des crues du Rhône (Hydratech *et al.*, 2000) :
– intensité faible (f), période de retour $T \leq 2$ ans ;
– intensité moyenne (M), $2 < T \leq 10$ ans ;
– intensité forte (F), $10 < T \leq 100$ ans ;
– intensité exceptionnelle (E), $T > 100$ ans.

Crue de novembre 1840 sur l'axe du Rhône

La crue de novembre 1840 survient à la faveur d'une pluviométrie exceptionnelle, à la fois sur la partie amont et sur la partie aval du bassin.

Tableau 5-7. Niveaux de pluviométrie et de débit sur le Rhône lors de la crue de 1840. Source : Hydratech *et al.*, 2000

Intensité pluviométrique	Saône-Ain		Alpes nord		Isère-Drôme		Alpes sud		Cévennes	
	E		E		E		E		E	
	Pougny	Bognes	Seyssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire
Débit (m^3/s)					2 000	3 500	5 000	8 000	9 500	13 000
Fréquence sur le Rhône				F	F	E	E	E	E	E

L'inondation affecte particulièrement les secteurs entre Lyon et Viviers. Le débit du Rhône supérieur (tab. 5-7) de 1 800 m³/s rejoint celui, inégalé, de la Saône de 3 500 m³/s, pour former une crue de 5 500 m³/s à Givors, 8 000 m³/s à Valence, 9 500 m³/s à Viviers. En Avignon, la crue de la Durance est concomitante avec celle du Rhône et à l'origine de la crue la plus forte connue à l'aval : débit record compris entre 12 000 et 13 000 m³/s à Beaucaire.

Les dégâts occasionnés par cette crue sont à la hauteur du phénomène hydrométéorologique. Sur le nord du bassin (Doubs, Saône, haut Rhône) de très nombreuses maisons (plusieurs centaines pour la seule ville de Lyon), souvent construites en terre, s'effondrent au passage des eaux. Toutes les infrastructures fluviales de la vallée sont durement affectées (digues crevées, ponts emportés en de multiples endroits). En aval de la Durance, des dizaines de brèches précipitent les eaux dans toute la plaine jusqu'à la mer. Dans l'ensemble du secteur, ce sont plus de 160 000 hectares de terre qui sont envahis. Le coût global est estimé à l'époque à 72 millions de francs-or. Le nombre des décès est indéterminé. Pour différentes raisons, cet événement référence reste aujourd'hui encore mal connu.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen extensif • Crue générale (averses méditerranéennes et pluies océaniques) avec apport extrême de la Saône	• Toute la vallée, de la Suisse à la Méditerranée	• Dégâts exceptionnels aux infrastructures (digues, canaux, routes), aux bâtiments (Lyon et sites urbains riverains), espaces agricoles

Crue de mai-juin 1856 sur l'axe du Rhône

La crue de mai 1856 résulte d'une crue généralisée liée à la concordance exceptionnelle d'une pluviométrie océanique et d'une pluviométrie. Sur le mois de mai la quasi-totalité du bassin a enregistré un cumul supérieur à 150 mm, avec des pointes dépassant 250 mm sur le haut Rhône, l'Ain, les parties basses du Doubs et de la Saône, l'Isère. Les cumuls les plus importants sont apportés par l'averse méditerranéenne des 28 au 30 mai : 150 mm de précipitations en un jour à Nantua ; 190 mm en deux jours dans la vallée du Drac ; 110 mm en deux jours à Lyon, 150 mm en deux jours dans la Drôme et l'Ardèche. L'importance des cumuls mensuels par rapport à la moyenne souligne le caractère exceptionnel de l'épisode **(fig. 5-18)**.

À Lyon, le débit du Rhône atteint 4 200 m³/s en même temps que la Saône apporte 1 800 m³/s, soit au total un débit de 6 000 m³/s à Givors. D'après Maurice Pardé, il s'agit de la plus redoutable concordance jamais observée. Plus à l'aval, les concomitances sont parfaites avec les crues de l'Isère (2 600 m³/s), de la Drôme (820 m³/s) ou de la Durance (2 000 m³/s). Le débit à Beaucaire atteint 12 000 m³/s (tab. 5-8).

Tableau 5-8. Niveaux de pluviométrie et de débit sur le Rhône lors de la crue de 1856. Source : Hydratech *et al.*, 2000

Intensité pluviométrique	Saône-Ain		Alpes nord		Isère-Drôme		Alpes sud		Cévennes	
	E		F		F		F		F	
	Pougny	Bognes	Seyssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire
Débit (m^3/s)			1 450			4 200	6 300	8 700	9 500	12 000
Fréquence sur le Rhône		F	F		E	E	E	E	E	E

Les dégâts sont considérables dans toute la vallée, sans parler des affluents qui connaissent également des inondations catastrophiques. La ville de Lyon, dont la quasi-totalité de la rive gauche est balayée par la rupture des digues du Rhône de la Tête d'Or, est tout particulièrement sinistrée. Les quartiers des Brotteaux, de Charpennes et de la Guillotière sont dévastés. Les villes aval sont également fortement touchées. Outre les rapports techniques, plusieurs gravures témoignent de l'entrée de l'eau à l'intérieur des remparts d'Avignon. La voie ferrée est coupée à Tarascon. Arles est submergée.

L'estimation des dégâts aux infrastructures est mieux connue que les pertes aux particuliers. Les digues du fleuve Rhône arrivent en tête pour 5,4 millions de francs-or, plus particulièrement dans les départements du Rhône (traversée de Lyon), des Bouches-du-Rhône, du Gard et du Vaucluse. Viennent ensuite les digues de Camargue et du canal d'Arles à Bouc. La réalisation des travaux a pu bénéficier d'un engagement financier très rapide de l'État, grâce aux reliquats des fonds de la guerre de Crimée. Ainsi, fin 1857, près des deux tiers du montant total des sommes ont été mobilisés, plus des quatre cinquièmes à la fin de l'année suivante. Toutes les récoltes sont perdues. À Lyon (fig. 5-19), plusieurs centaines de maisons sont détruites en rive gauche après la rupture de la digue de la Tête d'Or. Dans la vallée, on estime entre 150 000 et 200 000 hectares la superficie de terrain recouvert par les eaux, dont plus de la moitié en espaces cultivés. Le coût global des pertes est évalué entre 42 et 55 millions de francs-or dans la vallée, plus particulièrement dans les départements des Bouches-du-Rhône (12 MF) et du Rhône (7 MF pour Lyon). Pour ce dernier les pertes se répartissent grosso modo pour un tiers en capital (3,8 MF), un tiers en objet mobilier (3,7 MF), et un tiers en récoltes (3,2 MF).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen extensif • Crue générale avec concordance de précipitations océaniques et méditerranéennes	• L'ensemble du cours du Rhône et la plupart des affluents	• Très nombreuses infrastructures fluviales et terrestres fortement endommagées (digues, routes, ponts, voie ferrée…) • Plusieurs centaines de maisons détruites, villes inondées (pertes considérables aux entreprises et commerces), 150 000 à 200 000 ha de terres agricoles impactées

a)

b)

Figure 5-19. Inondation de 1856 à Lyon : (a) avenue de Saxe ; (b) rue Pierre Corneille.
Source : archives municipales de Lyon, 3PH897 et 3PH898

Crue de novembre 1935 sur le Rhône inférieur

En 1935, la pluviométrie très importante du mois d'octobre et de début novembre sature les sols, quand survient une série de quatre averses soutenues entre le 7 et le 17 novembre, sur tout ou partie du bassin, avec des cumuls sur deux jours compris entre 50 et 130 mm. Du 7 au 20 novembre le bassin inférieur reçoit plus de 260 mm (Pardé, 1936 b).

a) b)

Figure 5-20. Inondation de 1935 : (a) Comps ; (b) Avignon. Source : *L'Illustration*

La crue du Rhône (tab. 5-9) se prolonge jusqu'en janvier 1936 et touche particulièrement l'aval du bassin. Même si l'on enregistre seulement 5 410 m³/s à Valence, 5 620 m³/s à Viviers ou 9 240 m³/s à Beaucaire, la crue de 1935 est avant tout remarquable par sa durée. Le volume total qui transite à Beaucaire pendant les 25 jours autour de la pointe principale est estimé à environ 12 milliards de m³.

Tableau 5-9. Niveaux de pluviométrie et de débit sur le Rhône lors de la crue de 1935. Source : Hydratech *et al.*, 2000

Intensité pluviométrique	**Saône-Ain**		**Alpes nord**		**Isère-Drôme**		**Alpes sud**		**Cévennes**	
	M		**F**		**F**		**F**		**F**	
	Pougny	Bognes	Seyssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire
Débit (m³/s)	465	707	1 450		1 420	2 490	4 030	5 410	5 620	9 240
Fréquence sur le Rhône	f	f	F		M	M	M	F	M	F

On ne relève aucun décès. Les débordements ont lieu sur l'ensemble du cours depuis Lyon jusqu'à l'aval. Les dégâts sont avant tout matériels et concernent principalement le sud de la vallée (fig. 5-20). Avignon focalise l'attention de la presse et devient la ville sinistrée emblématique de ces inondations exceptionnelles.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	**Zones inondées**	**Impacts**
• Régime méditerranéen extensif • Durée remarquable : 12 milliards de m³ transités en 25 jours	• Affecte principalement le sud de la vallée	• Villes riveraines sinistrées en particulier Avignon (commerçants)

Crue de février 1990 sur le Rhône et ses affluents en amont de Lyon

La crue océanique de février 1990 touche principalement le Rhône et ses affluents à l'amont de Lyon. Les bassins de montagne (Arve, Ain, Fier, Isère) connaissent un épisode pluvieux exceptionnel (période de retour de 100 ans), dépassant les 130 mm en deux jours. Les averses remarquables des 13 et 14 février se combinent, à la faveur d'un redoux important, à une fusion nivale remarquable sur l'ensemble de l'épisode **(fig. 5-21)**. Considérons quelques valeurs locales de précipitation, en mm, du 13 au 14 février : 125-129 à Mijoux (Ain) ; 88-80 à Nantua (Jura) ; 107-139 à Lamoura (Jura) ; 107-86 à Villard-de-Lans (Isère) ; 99-110 aux Rousses (Isère) ; 92-138 à Aillon-le-Jeune (Savoie) ; 113-122 aux Déserts (Savoie) ; 90-99 à Hauteluce (Savoie) ; 73-99 à Boëge (Haute-Savoie) ; 64-86 à Châtel (Haute-Savoie).

À la sortie du Léman, la crue est peu importante, son débit (tab. 5-10) croît très fortement avec les apports des affluents jusqu'à Brens (2 236 m^3/s) et Lagnieu (2 445 m^3/s). Entre Lagnieu et Perrache, on note peu d'apports supplémentaires, la période de retour est donc fortement retombée à Perrache (10 ans environ). Seuls les affluents de la partie amont ont connu des crues notables. Celles de l'Arve (438 m^3/s) et du Fier (700 m^3/s) sont moyennes mais concomitantes avec celles du Rhône. Ces apports sont complétés par ceux des Usses et de la Valserine (période de retour 90 ans). L'Ain subit une crue très forte (1 540 m^3/s), de l'ordre de la crue centennale, en avance par rapport à la pointe de crue du Rhône, ce qui a pour effet de limiter les hauteurs à la traversée de Lyon. On soulignera le rôle du barrage de Vouglans qui a écrêté la totalité des apports du haut bassin alors que les affluents en aval de l'ouvrage (Bienne, Albarine) connaissent des crues très importantes.

Tableau 5-10. Niveaux de pluviométrie et de débit sur le Rhône lors de la crue de 1990. Source : Hydratech *et al.*, 2000

Intensité pluviométrique	Saône-Ain		Alpes nord		Isère-Drôme		Alpes sud		Cévennes	
	M		F		F		F		F	
	Pougny	Bognes	Seyssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire
Débit (m^3/s)	1 143	1 687		2 236	2 445	3 230	4 371	5 165	5 190	5 297
Fréquence sur le Rhône	M	F à E		E	E	M à F	M	M	M	f

En Chautagne, les débordements en rive gauche remplissent les anciens marais et, empruntant le canal de Savières, se déversent dans le lac du Bourget élevant son niveau de plus de deux mètres. L'écrêtement se poursuit dans les basses terres des Avenières, Brangues et Le Bouchage et, plus en aval, sur les secteurs de Loyettes, Saint-Romain-de-Jalionas, Chavanoz, puis dans la plaine de Miribel-Jonage, Vaulx-en-Velin et Décines. L'inondation de ces territoires a permis de limiter l'importance de la crue au passage de la ville de Lyon.

En matière de dégâts, hormis quelques bourgs – il n'y a pas de ville au bord du Rhône amont – peu de zones urbanisées sont affectées par les débordements. Quelques caves et rez-de-chaussée sont inondés ainsi que le réseau routier secondaire. La voie de

chemin de fer menant vers les stations de ski savoyardes subit des dommages et doit être coupée plusieurs heures. Les plus affectés sont les espaces agricoles, un certain nombre d'exploitations et quelques hameaux dispersés. De nombreuses évacuations de personnes et d'animaux ont lieu. Les pertes matérielles consistent principalement en équipements agricoles, fourrages, etc. Le territoire du haut Rhône est déclaré sinistré et la procédure catastrophe naturelle permet d'indemniser les habitants.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Principalement le haut Rhône (précipitations record sur le Jura et le nord des Alpes) • Remarquables apports de l'Ain en dépit de la retenue de Vouglans • Rôle joué par la fusion nivale et les secteurs d'écrêtement (Chautagne, lac du Bourget)	• Zones d'écrêtement naturelles en amont de Lyon : Chautagne, Lavours, plaine des Avenières, Brangues, Le Bouchage, secteur de Saint-Romain-de-Jalionas, plaine de Miribel-Jonage	• Infrastructures (arrêt voies SNCF), zones agricoles (évacuation de bétail, stocks, matériels), quelques dizaines d'habitations

Crues d'octobre 1993 et janvier 1994 sur le Rhône moyen et inférieur

En octobre 1993 et janvier 1994, le Rhône entre en crue générale à deux reprises. L'événement est à l'origine des débits parmi les plus élevés entre Lyon et Montélimar pour les crues récentes. Les inondations sur sa partie la plus aval sont liées aux ruptures de digues en Camargue.

Octobre 1993

Une pluviométrie abondante est relevée pendant le mois de septembre sur tout le bassin versant (deux à trois fois la moyenne mensuelle). Du 5 au 8 octobre, un épisode pluvio-orageux s'étend de l'Ardèche au pays de l'Ain. Le 5 octobre, des averses intenses touchent l'Ardèche ainsi que la Saône et l'Ain. Le 6 octobre, les précipitations se déplacent vers le Rhône supérieur, la Drôme et l'Isère. Du 10 au 21 octobre, la Saône continue à recevoir des pluies abondantes. La persistance des conditions climatiques constitue un facteur aggravant, et explique la formation d'une « crue générale ». Au total, du 20 septembre au 10 octobre, les cumuls décadaires ont atteint jusqu'à sept fois les valeurs moyennes observées à cette période de l'année, concentrées plutôt sur le sud du bassin fin septembre et sur le nord début octobre. Les précipitations sont fortes sur l'Isère (88 mm en 3 jours, 109 mm en 7 jours ; T = 5 ans), l'Eyrieux (169 mm en 2 jours ; T = 5 ans), la Drôme (109 mm en 2 jours, 129 mm en 7 jours ; T = 50 ans), l'Ardèche (141 mm en 24 heures ; T = 10 ans), la Cèze (49 mm en 24 heures, 217 mm en 3 jours ; T = 30 ans), la Durance (103 mm en 2 jours ; T = 30 ans), le Gard (109 mm en 24 heures ; T = 10 ans).

Tableau 5-11. Niveaux de pluviométrie et de débit sur le Rhône lors de la crue de 1993. Source : Hydratech *et al.*, 2000

Intensité pluviométrique	Saône-Ain		Alpes nord		Isère-Drôme		Alpes sud		Cévennes	
	E		M		F		F		F	
	Pougny	Bognes	Seyssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire
Débit (m^3/s)	1 040	1 361		1 674	1 752	2 806	4 413	6 692	7 698	9 773
Fréquence sur le Rhône	M	M		M	M	M	F	F	E	F à E

La crue s'est développée d'amont en aval, les apports des affluents venant se greffer sur la pointe initiale. Les débits de pointe (tab. 5-11) observés aux stations amont restent inférieurs aux débits décennaux. Le maximum en période de retour est atteint à Viviers (7 698 m^3/s), puis la période de retour diminue à Beaucaire (9 773 m^3/s), les affluents du sud n'ayant que des crues moyennes. Sans avoir de caractère très marqué sur tel ou tel affluent, la crue se caractérise par un débit de base très élevé. L'apport des affluents (Drôme, Eyrieux, Roubion) est important du fait de l'état de saturation des sols et entraîne un accroissement significatif du débit du Rhône.

En Camargue, les conséquences et les dommages sont très importants. 14 brèches s'ouvrent sur les digues en aval d'Arles. Leur longueur totale atteint 225 m, la plus importante à Figarès sur le Petit Rhône est de 40 m environ. Plus de 130 millions de mètres cubes d'eau se déversent en Camargue submergeant 13 000 hectares sur une hauteur moyenne d'un mètre et inondant 450 maisons.

Janvier 1994

La crue de janvier 1994 est générée par deux épisodes de pluie. Tout début janvier, un premier épisode océanique touche la partie amont du bassin, suivi du 5 au 7 janvier par un deuxième épisode de pluies abondantes d'origine méditerranéenne sur la partie aval.

La pointe de crue observée sur le haut Rhône a lieu les 1er et le 2 janvier, cinq jours avant le maximum enregistré à l'aval. Cette crue a contribué à apporter un débit de base soutenu à la crue générale. L'événement s'est particulièrement développé à l'aval du bassin du Rhône. La crue de la Saône, très longue, a maintenu un débit biennal à la station de Ternay, durant près de 15 jours. Les apports des affluents méridionaux sont venus s'y greffer. La crue ainsi générée est assez forte en amont et de plus en plus forte vers l'aval pour atteindre un débit de près de 11 000 m^3/s à Beaucaire (tab. 5-12).

Tableau 5-12. Niveaux de pluviométrie et de débit sur le Rhône lors de la crue de 1994. Source : Hydratech *et al.*, 2000

Intensité pluviométrique	Saône-Ain		Alpes nord		Isère-Drôme		Alpes sud		Cévennes	
	F		F		F		E		E	
	Pougny	Bognes	Seyssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire
Débit (m^3/s)	869	1 112		1 504	1 450	2 147	3 515	5 342	7 564	10 981
Fréquence sur le Rhône	f	M		M	M	F	M	M	F à E	F à E

Bien que la crue de janvier 1994 ait eu un débit supérieur à celui de la crue d'octobre 1993, sa durée a été inférieure. Dès son annonce, un dispositif de surveillance des digues est mis en place. Deux brèches seulement se sont produites, l'une de 30 mètres de long à Beaumont, l'autre, plus importante (80 m) à Lauricet, près de L'Albaron. Environ 2 000 hectares sont submergés sur une hauteur moyenne d'un mètre, et 45 maisons sont inondées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Oct. 1993 : régime océanique ; débit de base très élevé ; forte saturation des sols ; important cumul décadaire • Janv. 1994 : régime mixte océanique et méditerranéen ; crue très intense en aval	• Oct. 1993 : avant tout la partie aval du fleuve (Camargue) • Janv. 1994 : secteurs de Beaumont et d'Albaron	• Oct. 1993 : digues de Camargue ; 450 maisons et 13 000 ha inondés • Janv. 1994 : 45 maisons et 2 000 ha inondés

Crue du 1er au 4 décembre 2003 sur le Rhône inférieur

La crue du Rhône de décembre 2003 est provoquée par un épisode de précipitations d'une durée exceptionnelle de trois à quatre jours, survenant après un mois de novembre déjà pluvieux. Les plus fortes hauteurs sont relevées sur les têtes des bassins cévenols (Gard et Ardèche) avec plus de 300 mm, mais la zone concernée ne se limite pas à ces secteurs comme pour un épisode cévenol. En effet, l'orientation au sud du flux de basses couches fait que la zone des précipitations importantes s'étend plus au nord, jusqu'au bassin de la Saône intermédiaire, avec une limite nord de l'isohyète 200 mm située vers le bassin du Gier. Par opposition, l'extension de la zone des fortes précipitations vers les Alpes est extrêmement limitée : le bassin de la Durance n'est concerné que dans sa partie aval et une majorité des bassins des Alpes restent à l'écart des pluies. On relève toutefois quelques zones avec 200 mm en tête des bassins de la Drôme, du Verdon, ainsi qu'à l'intersection des bassins de l'Ouvèze rive gauche, du Coulon et de la Durance intermédiaire.

L'analyse de la situation météorologique et de la carte des cumuls pluviométriques permet de classer la crue de décembre 2003 dans la catégorie des événements méditerranéens extensifs.

En réaction à ces précipitations exceptionnelles, tous les affluents du Rhône en aval de Lyon connaissent des crues plus ou moins importantes. Les plus forts débits sont atteints sur les affluents cévenols : 2 950 m^3/s pour l'Ardèche, 1 700 m^3/s pour l'Eyrieux, alors que le débit de la Durance est un peu plus faible, de l'ordre de 1 500 m^3/s (crue annuelle). La crue du Rhône est faible en amont de Valence, moyenne entre Valence et Viviers, et très forte sur le bas Rhône. Entre le mardi 2 et le jeudi 4 décembre, le pic se propage de Valence à Arles en prenant toujours plus d'ampleur suivant les apports des affluents. À Beaucaire, le fleuve atteint le débit exceptionnel de 11 500 m^3/s le 3 décembre à 21 heures. Ce débit a été validé en

juillet 2005 par une conférence de consensus qui a réuni des experts internationaux. Il correspond à une période de retour légèrement supérieure à 100 ans.

Le retour à la normale est plus ou moins rapide selon les secteurs. Sur le Rhône moyen, les rivières retrouvent immédiatement leur lit habituel (dès le 3 décembre dans la région lyonnaise, vers le 4 décembre plus au sud), tandis qu'en aval de Beaucaire, les eaux stagnent durant des jours, voire des semaines, avant d'être évacuées vers la mer.

Lors de cet événement, les zones d'expansion de crue ont été largement sollicitées et fonctionnent globalement bien en écrêtant sensiblement les débits à l'aval. De nombreux territoires situés dans la zone naturellement inondable du Rhône sont préservés grâce à leurs digues de protection, comme en Avignon, où la mise en place rapide des batardeaux et l'absence de dégâts aux ouvrages permettent d'éviter l'inondation du centre-ville. En revanche, d'autres aménagements cèdent ponctuellement sous la pression des flots, provoquant l'inondation de zones à forts enjeux humains et économiques (Arles, Codolet, Laudun-l'Ardoise, Bellegarde).

Les débordements du Rhône et de ses affluents touchent des milliers de personnes (fig. 5-22), et nécessitent la mise en place d'évacuations préventives et d'actions de secours d'urgence (hélitreuillages…). Du fait des ruptures d'ouvrages la rive droite du delta est tout particulièrement touchée sur le secteur Beaucaire-Fourques et la Camargue gardoise. Les équipements, les biens et les cultures sont souvent endommagés par le passage des eaux, soit à cause de leur vitesse (affluents lyonnais, drômois…), soit au contraire parce qu'elles stagnent durant des jours comme en Arles (Bouches-du-Rhône). Sur le Gier, la bande d'arrêt d'urgence de l'autoroute A7 est localement emportée. En aval de Viviers (Ardèche), de nombreuses infrastructures ainsi que des équipements publics de protection contre les inondations (digues) sont endommagés. Les lits des rivières subissent également des bouleversements modifiant leur physionomie. Dans les départements du Rhône, de la Drôme et de l'Ardèche, la vitesse des eaux occasionne de nombreuses érosions aux berges.

Figure 5-22. Inondation dans le lit majeur du Rhône entre Avignon et Villeneuve-lès-Avignon, secteur de la Barthelasse, le 3 décembre 2003.
Source : INA

Plusieurs zones urbaines comme Arles, Comps, Codolet ou Bellegarde (Gard) sont fortement impactées. À Arles et à Laudun-l'Ardoise (Gard), deux zones industrielles sont inondées, avec des conséquences très importantes pour les entreprises et l'économie locale. De nombreuses infrastructures de communication majeures sont coupées à la circulation comme l'A 7, l'A 47 ou l'A 54, submergée par les eaux du Petit Rhône pendant 11 jours entre Arles et Bellegarde.

Le bilan général est lourd. On dénombre sept décès. Côté matériel, le montant total des dommages s'élève à un milliard d'euros, dont la moitié concerne les particuliers (300 M€ pour les biens assurés et 300 M€ pour les biens non assurés), 370 millions d'euros de dommages aux entreprises, 80 millions d'euros de dommages à l'agriculture, 40 millions d'euros aux infrastructures, 30 millions aux digues, et 10 millions d'euros aux réseaux et aux équipements.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen extensif • Durée exceptionnelle de l'épisode de pluie centré sur l'aval du bassin • Débit record (11 500 m^3/s à Beaucaire, crue centennale)	• Bas Rhône principalement : secteur d'Arles, Comps, Codolet, Bellegarde	• Sept décès, importants dégâts en aval de Viviers, zones urbaines touchées (cf. Arles nord), coupure des autoroutes (A 7, A 47, A 57), très importants dégâts aux particuliers et entreprises (800 M€), 1 G€ de dégâts au total

District Corse

Description des enjeux

La Corse couvre 1,6 % du territoire métropolitain avec une superficie d'environ 8 680 km^2. Elle comporte 1 000 km de côtes (20 % de la façade maritime métropolitaine) et 3 000 km de cours d'eau. Sa population, voisine des 300 000 habitants, se concentre à proximité du littoral et des grands cours d'eau, notamment au sein des deux agglomérations de Bastia et d'Ajaccio qui comptabilisent plus de 50 000 habitants chacune. Cette situation, amplifiée par l'extension urbaine des dernières décennies, rend le territoire très vulnérable aux inondations.

Topographie et occupation du sol

La Corse se distingue des autres bassins par son insularité, son caractère montagneux et par le fait qu'elle est constituée d'un assemblage de bassins versants côtiers de faible à très faible étendue. Le chevelu hydrographique très dense est organisé de part et d'autre de la chaîne montagneuse centrale en deux façades dans un contexte hydroclimatique méditerranéen présentant des nuances alpines en altitude.

La plupart des cours d'eau se jettent directement dans la mer. Leur régime est très irrégulier, avec une incidence très marquée de la pente dans la genèse de crues estivales et

automnales très brusques et dévastatrices. Parmi les principaux cours d'eau (par ordre de longueur) figurent : le Golo, le Tavignano, le Taravo, la Gravone, le Fium'Orbo, le Prunelli, le Rizzanèse, le Liamone, la Bravone, le Tagnone, l'Asco, le Travo, l'Ortolo, le Fium Alto, le Bevinco, le Cruzzini.

Typologie des inondations

Le territoire est principalement touché par des événements météorologiques méditerranéens (circulation sud ou retour d'est), ainsi que par des cellules orageuses localisées. Cinq types principaux d'inondations ont été identifiés :
– les crues torrentielles, qui sont de loin le phénomène le plus commun sur l'île. Elles peuvent survenir ponctuellement à l'occasion d'épisodes orageux estivaux, ou affecter tout ou partie des fleuves lors d'épisodes pluvieux méditerranéens généralisés en automne ou en hiver ;
– les laves torrentielles, qui concernent avant tout les têtes de bassin ;
– les ruissellements urbains et périurbains, qui contribuent localement à aggraver la situation créée par les crues ou laves torrentielles ;
– les crues de plaine, qui concernent avant tout la plaine orientale ;
– le phénomène de submersion marine, qui existe bien en Corse, mais qui, au stade actuel d'investigation documentaire, n'a pas pu être identifié par un événement historique remarquable.

Inondations remarquables

Un grand nombre d'événements remarquables ont été recensés en Corse sur la période couvrant les deux derniers siècles, dont une quinzaine qualifiés « d'une extrême gravité ». Les phénomènes de laves torrentielles s'avèrent être les plus meurtriers.

Huit événements d'inondation ont été retenus **(fig. 5-23)**, avec une faible extension spatiale lors d'orages localisés sur Bastia (octobre 1985) ou Ajaccio (mai 2008), ou ayant affecté une des parties de l'île (octobre 1869, fin octobre-début novembre 1886, décembre 1888, octobre 1992, novembre 1994) ou toute la façade orientale (fin octobre-début novembre 1993).

Trois inondations marquantes de la seconde moitié du XIXe siècle en Corse : octobre 1869, octobre-novembre 1886, décembre 1888

La Corse connaît plusieurs inondations particulièrement destructrices au cours de la seconde moitié du XIXe siècle.

20 au 23 octobre 1869

Du 20 au 23 octobre 1869, la région de Calvi est touchée par un épisode de pluies diluviennes continues de trois jours. Tous les cours d'eau et affluents torrentiels des vallées du Regino, du Fiume Secco et de la Figarella sont concernés. Les débordements, auxquels s'adjoignent de nombreux phénomènes de ruissellement, sont très importants et dommageables. Villes et voies de communication des plaines et piémonts subissent d'importantes destructions. À Calenzana, 14 maisons s'écroulent au passage de plusieurs laves torrentielles. Quatre personnes sont ensevelies et deux autres sont emportées par les eaux. Plusieurs habitations s'écroulent également à Calvi et Lumio. Les deux routes impériales qui assurent la liaison entre Calvi et le reste de l'île sont

fortement endommagées. Plusieurs ponts sont emportés et la route qui mène à Ponte-Leccia disparaît sur plus de 9 km. Face à la violence des eaux, toutes les propriétés et terrains agricoles établis dans les fonds de vallée sont ravagés sans exception, laissant une grande partie de la population « sans asile et sans pain ».

Fin octobre-début novembre 1886

La région de Castagniccia, la plaine orientale et la région bastiaise connaissent en quelques jours une succession d'épisodes orageux. Les précipitations sont particulièrement violentes et importantes. Les basses vallées de la Gravona et du Fango sont touchées avec une montée des eaux de 4 m en 48 heures sur ce dernier. De nombreuses récoltes sont perdues et tout le bétail est emporté. À Bastia, les eaux de ruissellement ravinent les routes, provoquent de nombreux éboulements et envahissent les caves et rez-de-chaussée (jusqu'à 25 cm de hauteur d'eau). Dans les rues c'est « une véritable mer jaunâtre, terreuse, roulant des pierres, du bois, les immondices, tout ce qu'elle rencontrait sur son passage ». Tous les arbres de l'avenue de la Gare sont déracinés et charriés vers la mer. Le mur de soutènement du théâtre de la Renaissance est emporté. Un train déraille au pont du Bevinco, provoquant la mort d'un ouvrier. Dans la vallée de l'Alesani, les eaux font deux victimes. À Aléria, le pont du Tavignano est détruit. La ville de Bastia elle-même reste, durant plusieurs semaines, très difficile d'accès.

31 décembre 1888

Le Golo et le Tavignano connaissent un épisode torrentiel intense semant la destruction dans toute la région de Corte. Durant trois jours et trois nuits « la pluie tombe à torrent avec un fracas qui jette partout la terreur et l'effroi, […] le ciel est noir, l'atmosphère illuminée par des éclairs immenses. » (*Petit Bastiais*, du 9 au 11 janvier 1889). Les rues ne sont plus que de larges torrents, les murailles s'effondrent, les jardins disparaissent sous la fureur des flots du Tavignano, de la Restonica et de l'Orba. Toute communication est interrompue pendant deux jours. À Santa-Regina, les eaux provoquent d'importants éboulements rocheux qui obturent la vallée du Golo et créent une retenue artificielle élevant subitement les eaux du fleuve d'une vingtaine de mètres. Le torrent devenu immense quitte son lit et en creuse un autre sur huit mètres de profondeur. Plusieurs maisons sont emportées et une douzaine de personnes périssent.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen • Pluies intenses et crues torrentielles	• 1869 : Regino, Secco, Figarella • 1886 : Gravona, Fango • 1888 : Tavignano, Restonica, Orla	• 25 morts, infrastructures et maisons détruites, terres ravagées

Ruissellement urbain et inondation à Bastia le 28 octobre 1985

Le 28 octobre 1985, Bastia et sa région sont touchées par un violent orage **(fig. 5-24)**. On enregistre plus de 150 mm de pluie en une nuit (147 mm en 12 heures), et un cumul de 200 mm en 24 heures à Bastia (Carbonite). L'épisode pluviométrique, d'ordre décennal, est à peine supérieur aux derniers événements de ce type sur 12 heures : octobre 1979 (140 mm), octobre 1966 (142 mm). Cependant, il cause

nettement plus de dégâts du fait d'un ruissellement exceptionnel sur les piémonts bastiais dont le couvert forestier a été dévasté l'été précédent par les incendies.

À Bastia même, la circulation est interrompue (4 m d'eau dans le tunnel sous le vieux port), les dégâts sont importants et de nombreuses maisons sont inondées, mais heureusement on ne compte pas de victimes. Les points bas de la ville de Bastia et son agglomération sont submergés. Trois maisonnettes non habitées ont de l'eau jusqu'au toit. La route est partiellement coupée au nord des établissements Barni où l'eau atteint la hauteur d'une voiture. La RN 93 est inondée à la sortie sud de la ville créant de fortes perturbations. Dans la cuvette du ruisseau de Lupino, plusieurs maisons sont évacuées. L'eau traversant le quartier industriel tout proche emporte voitures et fourgons. Des éboulements sur le front de mer particulièrement touché par les inondations accompagnent l'événement et rendent le trafic routier très difficile, au nord et au sud de Bastia. À Casatorra, la RN 193 a été coupée en plusieurs endroits. Le réseau ferroviaire est également perturbé et ce durant quatre jours.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec orage violent : 150 mm dans la nuit	• Agglomération de Bastia	• Quartiers submergés, véhicules emportés, RN coupée

Crues torrentielles du 20 et 21 octobre 1992 sur la Haute-Corse

À la suite d'une période de 17 jours de pluies, dont 12 avec orages, un épisode remarquable et relativement rare sur la partie occidentale de la Corse touche, le 20 octobre, les bassins versants du Porto, du Golo, du Fango et de l'Asco **(fig. 5-25)**. Des orages particulièrement violents déversent jusqu'à 200 mm (soit deux fois la moyenne d'un mois d'octobre) à Ota (T = 125 ans) et Évisa (T = 100 ans), et 210 mm à Monte-Estremo (T = 80 ans). Les crues considérables des cours d'eau concernés se trouvent aggravées par un fort ruissellement. Les pluies continuent le 21, affectant surtout les versants orientaux des reliefs centraux (jusqu'à 60 mm).

Du côté d'Ajaccio, les eaux de la Gravona débordent sur la carrière de Caldaniccia et envahissent la zone de l'aéroport à Campo Dell'Oro. Le trafic urbain se trouve fortement perturbé. Le Fango « en furie », nourri par les bassins versants torrentiels à l'amont, sort également de son lit et provoque des dégâts importants dans la région de Calvi. La mairie est endommagée à Manso (jusqu'à 60 cm d'eau dans les locaux), de nombreuses caves sont inondées et les coupures de courant se succèdent. La circulation est coupée entre Calvi et Galéria, provisoirement enclavée. Sur plusieurs dizaines de mètres, la RD 81 disparaît sous plus d'un mètre d'eau boueuse (entre le pont des Cinq Arcades et le carrefour de D 81 et D 351). Des dizaines d'arbres sont déracinés et précipités dans le torrent, de nombreuses parcelles de jardin sont emportées. Fort heureusement, les précipitations faiblissent en fin d'après-midi et la décrue s'amorce, ce qui évite sans doute un bilan catastrophique notamment pour les habitants de Manso.

Le golfe de Porto et la région de Piana sont les plus fortement touchés par l'épisode. Une maison et un moulin sont emportés à Serriera, un camping et un hôtel sont

inondés à Porto, plusieurs routes départementales sont coupées par les eaux et des éboulements, plusieurs communes resteront sans électricité pendant quelques jours. Le Golo connaît sa plus forte crue depuis 1939. Les eaux montent de huit mètres entre Francardo et Ponte-Leccia et inondent une centaine d'hectares de cultures. Son débit passe en quelques minutes de 78 à plus de 400 m^3/s. Les rampes du barrage hydroélectrique sont emportées sur trente mètres. Au sud-est de L'Île-Rousse, les terrains proches des communes de Speloncato et Palasca, ravagés par les incendies de septembre, connaissent un ruissellement intense et de nombreux glissements et éboulements sont signalés.

Des questions déjà évoquées par le passé, comme le sous-dimensionnement des ouvrages de canalisation d'Ajaccio, sont soulevées à cette occasion. Par ailleurs, un sentiment de « soulagement » est partagé par les autorités et la population car aucune victime n'est à déplorer contrairement à la catastrophe de Vaison-la-Romaine survenue un mois plus tôt.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec orages violents sur 24 heures (200 mm) après une longue période pluvieuse	• Région de Calvi, golfe de Porto, vallée du Fango, vallée du Golo	• Nombreuses routes coupées, zones agricoles dévastées, dégâts sur les bâtiments, pas de décès • 8 communes déclarées en catastrophe naturelle

Crues généralisées du 31 octobre et 1er novembre 1993 sur la façade orientale de la Corse

Les cumuls de pluie enregistrés lors de l'événement du 31 octobre sont les plus importants jamais observés en Corse **(fig. 5-26)**. Les maximums dépassent 900 mm en 36 heures sur la façade orientale. En revanche, les pluies restent faibles sur la façade occidentale. Cet épisode se rapproche des phénomènes de pluies cévenoles et est largement dû au redoublement de retours d'est (vents d'est postérieurs au passage d'une dépression sur le golfe de Gênes). Ceux-ci sont engendrés par la présence d'une dépression quasi-stationnaire sur le nord-est de la Corse, bloquée à l'est par une cellule anticyclonique sur la mer Tyrrhénienne. Le fort gradient de pression entre les deux centres d'action génère un courant d'est - sud-est et l'arrivée de masses d'air chaud et humide. Des amas orageux forment un système en « V » dont la pointe (pluies les plus intenses) se trouve approximativement au-dessus de Solenzara. Généralement ces systèmes orageux se déplacent. Ici, il reste quasi-stationnaire (déplacement faible du sud-est vers le nord de l'île) les 31 octobre et 1er novembre, favorisant des cumuls pluviométriques extrêmes. L'ouest des massifs est à l'inverse abrité par un effet de foehn (cumuls inférieurs à 50 mm). Sur deux jours, les cumuls sont supérieurs à 300 mm sur une zone de très grande amplitude, ils atteignent 906 mm (dont 780 sur la journée du 31) au col de Bavella et 701 mm à Torra dans le canton de Vescovato.

La réponse des cours d'eau est à la hauteur de l'événement météorologique. Tous les fleuves de la plaine orientale débordent, coupant la RN 198 en plusieurs endroits et ravageant les cultures. Certaines habitations se retrouvent sous plus de 1,50 m d'eau. La situation est catastrophique à Sainte-Lucie-de-Porto-Vecchio et Solenzara, où le Cavu, l'Osu et la Solenzara sont brusquement sortis de leur lit. « Des dizaines de voiture (sont) emportées, de nombreuses maisons endommagées, des commerces noyés sous les flots, des ponts effondrés, des lignes électriques arrachées, des riverains perchés sur le toit de leur maison… » Le débit de pointe de la Solenzara (bassin versant de 106 km²) aurait atteint entre 1 500 et 1 700 m³/s. « Les eaux sont montées en une demi-heure, nous n'avons rien pu sauver », explique un témoin. La crue du Cavu met en charge et passe par-dessus le pont de Conca, charriant rochers, troncs d'arbres et poteaux téléphoniques. Les niveaux atteints en 1982 sont dépassés et les dégâts sont colossaux.

Dans l'Alta Rocca, la vallée du Rizzanèse est balayée par la crue. Plusieurs routes s'effondrent et tous les axes routiers sont impraticables. Plus à l'aval, la RN 196 reliant Propriano à Sartène est submergée (jusqu'à un mètre d'eau par endroits). Le montant total des travaux routiers s'élèvera à 25 millions de francs. Plus d'une centaine de troncs d'arbres dérivent dans le golfe du Valinco. La cimenterie Les Industries Sarténaises est fortement endommagée. L'événement est un désastre économique pour la région.

Les dégâts sont également considérables sur l'ensemble du secteur sud de la région bastiaise (routes coupées, aéroport inondé) et de la plaine de la Marana, en particulier sur les exploitations agricoles. Les éboulements sont également nombreux.

Sur l'ensemble des zones touchées, on déplore sept morts. 160 communes sont sinistrées et, en décembre, les dégâts seront estimés à plus de 700 millions de francs. En 2002, *L'Express*, avance le chiffre de deux milliards de francs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec orage par retours d'est • Cellule orageuse quasi-stationnaire sur 2 jours • Maximum de 900 mm en 36 heures	• Ensemble de la façade orientale, bassin du Rizzanèse et golfe de Valinco	• 7 morts, inondations catastrophiques et généralisées

Crues du 4 au 6 novembre 1994 sur la Haute-Corse

Un an après les inondations catastrophiques de la Toussaint 1993, et quelques mois seulement après les orages dévastateurs de juillet 1994, la Haute-Corse connaît un nouvel épisode important entre le 3 et le 6 novembre 1994 **(fig. 5-27)**. Les rivières les plus actives sont le Fium'Orbo, le Tavignano, le Tagnone, le Bevinco, le Golo, le Casaluna, l'Aliso et le Poggio.

À partir du 3 novembre, une vaste zone dépressionnaire s'étend de l'Islande à l'ouest du Portugal, tandis qu'un anticyclone se développe sur l'Europe centrale. Un courant

de sud s'organise en Méditerranée occidentale et des orages précurseurs touchent la zone entre le Fium'Orbo et le cap Corse. Le 4, les hautes pressions se renforcent sur l'Europe du Nord et de l'Est, et un front froid touche la Corse. Le 5, un flux violent de sud-est amène des remontées fortement orageuses sur de nombreux bassins versants de la Haute-Corse orientale. Les cumuls maximums sont mesurés à Antisanti (239 mm en 2 jours du 3 au 5 novembre). La région bastiaise reçoit 180 mm entre le 4 et le 6 novembre. La vallée du Golo totalise plus de 200 mm. Les averses orageuses s'accompagnent d'un fort vent de sud-est (rafales à 100 km/h). La période de retour des pluies est de 100 ans au cap Corse et à Ponte-Leccia pour la journée du 5 novembre.

Dans la plaine orientale, les cours d'eau, grossis par les fortes précipitations en montagne, débordent. Les dégâts affectent les habitations mais surtout les voies de communication. Le débit du Golo atteint 730 m³/s à Barchetta (période de retour de 50 ans pour un bassin versant de 930 km²). Hormis le moyen et bas Golo, les autres cours d'eau connaissent des phénomènes moins remarquables (crue décennale ou légèrement supérieure). Outre les débordements des rivières, les ruissellements intenses ont affecté ponctuellement des microrégions sur les versants nord-est et centre-est de l'île, générant localement des phénomènes de laves torrentielles.

Les agriculteurs de la plaine de Marana, de l'ensemble de la plaine orientale et du Nebbio, sont de nouveau gravement sinistrés. Le Fium'Orbo, puis l'Abatesco sont les premiers à envahir routes et champs dans la soirée du 4. Dans la nuit, le Tavignano quitte à son tour son lit (fermeture de la RN 198).

Le bilan fait état d'un mort, un automobiliste emporté par les eaux en furie de l'Aliso à Oletta. De Furiani à Biguglia la crue ravage les routes. Les habitations sont aussi sérieusement endommagées. Les routes sont coupées au sud de Bastia. Au lendemain de la catastrophe, de nombreuses voies de communication restent impraticables. Plus au sud, un pont et deux maisons sont emportés par une coulée de boue à Lugo-di-Nazza. Les dégâts à la voie ferrée sont également très importants. Le trafic est interrompu entre Bastia et Ponte-Leccia plusieurs jours après la décrue. Sur la route d'Antisanti, la chaussée a été emportée sur plus de 50 m au gué de Puzichellu.

Dans le vallon du Poggio-d'Oletta, le Poggio submerge la chaussée à la sortie sud de Saint-Florent, coupant toute communication avec les villages du Haut-Nebbio : voitures emportées et coulées de boue à la confluence de l'Aliso.

Suite aux laves torrentielles, quatre villages sont isolés dans le Cortenais. Un glissement de terrain emporte quatre maisons à Canavaggia (vallée du Golo) où l'on observe d'importants phénomènes de laves torrentielles. Fort heureusement, l'incident ne fait aucune victime.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec orage • Remontées orageuses par un flux violent de sud-est	• Plaine orientale, région bastiaise, vallée du Golo, Cortenais	• 1 mort, routes coupées, récoltes inondées • Phénomènes torrentiels sur les reliefs : maisons et routes emportées

Orage des 29 et 30 mai 2008 sur le secteur d'Ajaccio

Le 29 mai 2008, un orage violent et localisé touche la ville d'Ajaccio. À Campo Dell'Oro, les cumuls de pluie atteignent 147,6 mm (plus forte valeur enregistrée depuis 1921) dont 86,1 mm en 6 heures et 120,9 mm en 12 heures. Ils sont de 187 mm en 24 heures dans le centre-ville d'Ajaccio. Ces précipitations intenses **(fig. 5-28)**, de période de retour d'environ 100 ans, génèrent des crues et un nombre élevé de mouvements de terrain.

La mise en charge du réseau hydrographique contribue à déstabiliser les terrains. Ces phénomènes prennent la forme de glissements ou d'effondrements, et également de coulées de boue, de ruissellement ou de phénomènes de charriage hyperconcentré. Les phénomènes les plus nombreux (plus d'une soixantaine) se présentent sous la forme de ravinement sur les talus de route, provoquant des déplacements de quelques mètres cubes de matériaux accompagnés d'éventuelles chutes de pierres et blocs depuis les affleurements granitiques fortement altérés et fracturés. Sur l'ouest, le nord et l'est d'Ajaccio, on trouve, par endroits, jusqu'à 1,50 m d'eau (fig. 5-29). Dans la nuit du 29 au 30 mai, 179 personnes sont évacuées de deux hôtels inondés. La voirie et le réseau pluvial connaissent des dommages très importants et l'hôtel Dolce Vita est dévasté par une coulée de boue. Plus au sud, les villes de Sartène et Propriano sont également touchées par les inondations. La RN 96 est coupée suite à des éboulements importants.

Figure 5-29. Inondations du 29 mai 2008 dans la région d'Ajaccio : affouillement et effondrement au pont de Loretto.
Source : F. Rivet, N. Margot, rapport 56458, 07/2008, © BRGM

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec orage localisé, 150 mm en 24 heures	• Ajaccio	• Jusqu'à 1,50 m d'eau dans les rues, routes effondrées suite aux mouvements de terrain

Unité côtiers ouest

Réseau hydrographique

D'une superficie de 18 926 km², cette UP est constituée des bassins versants de l'ensemble des fleuves côtiers méditerranéens situés le long du littoral languedocien et de la Camargue gardoise : Tech, Réart, Têt, Agly, Aude, Orb, Hérault, Lez, Vidourle, Vistre. Elle comprend par ailleurs un littoral de quelque 230 km caractérisé par deux entités d'inégale longueur et morphologiquement différentes : une longue côte sableuse entrecoupée de quelques promontoires rocheux et une courte côte rocheuse à l'extrémité des Pyrénées-Orientales. Ce littoral présente comme particularité un remarquable système lagunaire, à l'interface entre les milieux marins et terrestres (étangs de Thau, de Leucate, de Bages, de Sigean, de Vie…), et soumis à d'importants phénomènes d'érosion.

Typologie des inondations

Les inondations sont principalement issues de débordements de cours d'eau. Les phénomènes météorologiques de type cévenol ou méditerranéen extensif sont ici à l'origine de crues exceptionnelles, tant par les vitesses que par les débits maxima atteints. Refroidies et bloquées dans leur remontée par la barrière des massifs montagneux tout proches (Pyrénées, montagne Noire, Cévennes), les masses d'air, régulièrement rechargées par la Méditerranée, libèrent en quelques heures des trombes d'eau (systèmes convectifs de méso-échelle). Les cumuls journaliers atteignent plusieurs centaines de millimètres. Pour des raisons liées à la fois aux températures et à la circulation des masses d'air, les phénomènes les plus remarquables surviennent presque exclusivement à la fin de l'été et au début de l'automne, entre les mois de septembre et novembre. Ils prennent alors la forme de crues rapides ou de laves torrentielles (Pyrénées-Orientales), associées souvent à des phénomènes de ruissellement urbain intense (Nîmes, Montpellier). La frange côtière est par ailleurs exposée aux inondations de plaine et aux submersions marines.

Inondations remarquables

Parmi les nombreux épisodes identifiés au cours du dernier siècle et demi, six événements remarquables ont été retenus **(fig. 5-30)** pour illustrer :

– des intensités pluviométriques exceptionnelles, comme lors de la crue du Tech en octobre 1940 (1 000 mm en 24 heures et près de 2 000 mm en quatre jours), celle du Réart en septembre 1992 (300 mm en 4 heures), la crue de Nîmes d'octobre 1988 (400 mm en 8 heures) et celle de l'Aude en novembre 1999 (600 mm en 24 heures, et 200 mm sur plus de 7 000 km²) ;

– des conséquences humaines et financières très lourdes, avec 125 morts en septembre 1875, 50 morts en octobre 1940 (ainsi que 300 morts en Espagne), 11 morts et 610 millions d'euros de dommages en octobre 1988, 35 morts et 3,5 milliards d'euros de dégâts en novembre 1999 ;

– des typologies d'inondations particulières comme en octobre 1988 (orage cévenol et ruissellement en secteur urbain), en décembre 1997 (submersions marines sur le littoral du Languedoc-Roussillon) et en novembre 1999 (phénomène cévenol à large échelle et surcotes marines).

Crues de septembre 1875 sur l'Orb et le Vernazobres

Suite à de très fortes précipitations cévenoles sur le territoire compris entre le Minervois et l'ouest de la Lozère, la Cesse (montagne Noire), l'Orb, ses principaux affluents (le Vernazobres et le Jaur), ainsi que les hauts bassins du Tarn et du Lot, connaissent des crues éclairs extraordinaires. Elles constituent aujourd'hui encore la référence des plus hautes eaux connues (PHEC) sur nombre de sites.

Le temps est particulièrement pluvieux entre le 9 et le 11 septembre 1875. Très tôt dans la matinée du 12, des trombes d'eau exceptionnelles s'abattent sur les reliefs. Le bassin versant du Vernazobres est particulièrement touché. Incapable de contenir les écoulements, la rivière déborde dans les rues de Saint-Chinian, transformées en véritables torrents charriant des arbres entiers. Les deux tiers de la ville sont submergés.

On enregistre durant l'épisode la cote 5,50 m sur l'Orb à Bédarieux, 9 m sur le Vernazobres à Saint-Chinian, 9,50 m sur le Jaur à Saint-Pons-de-Thomières. L'église de Saint-Chinian est envahie par 1,82 m d'eau. La rapidité (la crue du Vernazobres a duré moins d'une heure) et la puissance des crues ont surpris tout le monde.

Le bilan est catastrophique. À Saint-Chinian, près de 150 maisons situées en bordure du Vernazobres s'écroulent et sont parfois littéralement emportées, causant la mort d'une centaine de personnes. 300 maisons devront également être détruites suite aux dégâts et on dénoncera plus tard le rétrécissement artificiel du lit. La route reliant Saint-Chinian à Saint-Pons est ravinée en maints endroits. Même scénario à Poussan et Cazouls-d'Hérault, avec quatre et huit décès constatés. Au total, on dénombre la mort directe d'au moins 125 personnes, dont 97 à Saint-Chinian.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol • Orages violents	• Bassins versants de l'Orb et ses affluents	• 125 morts, maisons et routes effondrées

Aiguat d'octobre 1940 sur le bassin du Tech, de la Têt et de l'Agly

Les crues qui touchent la moitié occidentale des côtiers ouest entre le 16 et le 20 octobre 1940 sont provoquées par une averse extensive méditerranéenne centrée sur le massif du Canigou. Les précipitations sont d'une intensité, d'une extension spatiale et d'une durée exceptionnelles **(fig. 5-31)**. Des cumuls record sont enregistrés à Saint-Laurent-de-Cerdans sur le flanc sud du Canigou : 1 000 mm le 17 et 1 930 mm entre le 16 et le 21 octobre.

La montée des eaux est extrêmement rapide sur les cours d'eau concernés, trois mètres en moins d'une demi-heure pour le Tech à Amélie-les-Bains. On estime le débit maximum atteint en ce point par la rivière à au moins 3 000 m^3/s, soit une période de retour comprise entre 150 et 400 ans – plus peut être sur les secteurs amont. Les valeurs maximales de débit sont 2 000 m^3/s sur l'Agly à Rivesaltes (1 070 km^2) et de 3 300 m^3/s sur la Têt à Perpignan (1 580 km^2) avec une hauteur d'eau de 5,60 m. Les crues balayent les lits, emportant berges, constructions, troncs d'arbres. Le transport solide est très important. On estime que le lit du Tech

s'est rehaussé en moyenne d'environ 70 cm entre 1923 et 1942, essentiellement du fait des apports de la crue de 1940. De même, l'érosion intense des berges alluvionnaires provoque un élargissement considérable de la bande active. Sur certains tronçons, elle atteint la centaine de mètres. Au défilé de la Baillanouse, trois kilomètres à l'aval de Prats-de-Mollo, un éboulement gigantesque barre la vallée d'un mur de 40 m de haut sur 200 m de long.

La vallée du Tech est la plus impactée par la catastrophe. La gare d'Amélie-les-Bains est rasée ainsi que deux usines électriques, plus une autre à la Coumelade. Une soixantaine d'immeubles sont détruits à Arles-sur-Tech et Amélie-les-Bains, une dizaine à Prats-de-Mollo. Plusieurs dizaines de petits ponts sont broyés par les flots. Plus en aval, la plaine d'Argelès-sur-Mer est noyée sous un mètre d'eau. En amont du pont de Brouilla, le Tech occupe un lit de 400 m de large (50 m en temps normal). Au total, des milliers d'hectares de terres agricoles sont emportées, ravinées, ou recouvertes sous un épais dépôt de sédiments.

L'événement touche également les autres bassins côtiers, Agly, Têt jusqu'à celui de l'Orb, ainsi que le bassin versant de l'Aude et les vallées limitrophes côté espagnol. À Olette, la Têt en crue fait crouler le mur de soutènement de la RN et de l'avenue de la gare. La voie ferrée est emportée au niveau de la confluence avec le Cabrils. À Prades, le pont de la RN 116 est détruit. On dénombre en tout 50 morts en France (dont la moitié à Amélie-les-Bains et ses environs) et plus de 300 en Espagne.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol • Fortes précipitations méditerranéennes sur 5 jours centrées sur le massif du Canigou • Maximums à 2 000 mm, dont 1 000 mm en 24 heures	• Vallées du Tech, de la Têt et de l'Agly	• 50 morts en France et 300 en Espagne, dégâts énormes aux infrastructures, notamment à Amélie-les-Bains, récoltes ravagées

Inondation de Nîmes du 3 octobre 1988

La disposition hydrogéomorphologique de Nîmes est très particulière. L'agglomération de 130 000 habitants s'étend sur un ensemble de collines et vallons drainés par des cours d'eau (les cadereaux) aux écoulements temporaires mais aux crues extrêmement brutales. Le secteur renferme également une nappe souterraine discontinue qui alimente des résurgences (cf. la Fontaine de Nîmes). Lors des épisodes de pluies intenses, cadereaux et résurgences ont des régimes d'écoulement associés. La Fontaine de Nîmes peut ainsi en quelques heures passer d'un débit de quelques centaines de litres par seconde à plusieurs dizaines de mètres cubes (atteint en 1988). Les cadereaux, à sec la plupart du temps, réagissent de manière comparable aux très fortes précipitations, concentrant très rapidement les eaux de ruissellement. Au pied des vallons, leurs lits, naturellement trop étroits pour assurer le passage de ces

importantes masses d'eau, ont encore été rétrécis et entièrement couverts au fil du développement urbain.

Le 3 octobre 1988, un orage d'une rare intensité déverse plus de 400 mm sur les hauts des vallons nîmois en à peine huit heures. Tous les cadereaux et résurgences entrent en crue simultanément et viennent submerger la ville. La Fontaine de Nîmes débite 35 m³/s. On estime le débit total entré dans la cité à 1 700 m³/s dont 700 m³/s de ruissellement urbain, alors que la capacité totale d'évacuation des cadereaux est au mieux égale à 300 ou 400 m³/s. Sans parler des phénomènes d'embâcles qui accroissent ponctuellement les débordements. En quelques minutes, les rues sont transformées en torrents violents avec des vitesses d'écoulement souvent supérieures à 4 m/s (cause première des pertes humaines et matérielles) pour des hauteurs comprises entre 0,5 et 2 m. La période de retour de l'événement est supérieure à 100 ans d'un point de vue hydrologique. Mais l'ampleur de la catastrophe tient avant tout aux conséquences de l'urbanisation.

Le bilan est très lourd. 11 personnes perdent la vie. Les dégâts matériels sont exceptionnels : 2 000 logements et 6 000 voitures sont impactés (dont 1 200 emportées), 90 km de réseaux d'eau usée détruits et 15 km de voirie endommagés. Le coût total des pertes est évalué à 610 millions d'euros.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage cévenol en « V » sur Nîmes : 400 mm de pluie en 8 heures	• Nîmes	• 11 morts ; 610 M€ de dégâts • Ville submergée (courants très rapides, jusqu'à 2 m d'eau dans les rues), dégâts aux habitations, plus de 1 600 véhicules détruits

Crue du Réart les 26 et 27 septembre 1992

Les 26 et 27 septembre 1992 **(fig. 5-32)**, quatre jours seulement après la catastrophe de Vaison-la-Romaine (UP « Durance »), les régions méridionales connaissent à nouveau un épisode pluvieux d'une grande violence sur l'Aveyron, les Pyrénées-Orientales, l'Aude et l'Hérault. Une forte dépression centrée sur l'Espagne génère l'arrivée rapide de masses d'air chaud depuis la Méditerranée, provoquant de fortes instabilités orageuses sur les reliefs. Les cumuls de précipitations atteignent 324 mm au Mont-Hélène (66) et 292 mm à Narbonne en 24 heures. Les pluies s'abattent sur une courte durée (3 à 4 heures) et provoquent de forts ruissellements ainsi que la montée rapide de la plupart des cours d'eau. Le Réart connaît à cette occasion une crue torrentielle majeure.

Avec un bassin versant côtier de 145 km² et une longueur de 30 km, le Réart se caractérise par l'irrégularité de ses débits, des temps de concentration très courts sur des terrains favorisant des ruissellements rapides. Ses affluents ont un régime torrentiel méditerranéen soutenant également des vitesses très importantes. La montée des eaux s'opère entre une et trois heures, jusqu'au débit de pointe de 1 100 m³/s

au Mas Palegry (crue centennale). À Saleilles, une vague de six mètres débouche le 26 septembre 1992 à minuit au niveau du pont de chemin de fer et de la RN. Calibré pour un débit de 500 m³/s, le Réart déborde et emprunte un ancien lit plus au nord, balayant un grand nombre d'habitations et emportant plusieurs voitures. Tous les cours d'eau du bassin versant sortent de leur lit et dévastent propriétés agricoles, lotissements et zones industrielles. La RN 9 est coupée et les communes de Théza, d'Alénya et de Saleilles sont sinistrées. Sur les 1 250 maisons que compte cette dernière, 580 ont les pieds dans l'eau, de quelques centimètres jusqu'à 1,60 m. À Fourques, la crue submerge les RD 615, RD 23 et RD 2. Plusieurs habitations sont touchées en rive gauche de la Juncayrole et en rive gauche de la Galsérane. À l'amont de la RD 615, certaines maisons sont sous plus d'un mètre d'eau. La dépression de Corneilla-del-Vercol participe activement à l'écrêtement de la crue.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol • Plus de 300 mm en 24 heures sur les Pyrénées-Orientales et jusqu'à 190 mm en 3 heures • Crues torrentielles dans le bassin du Réart	• Pour le Réart : communes de Théza, Alénya, Saleilles, Fourques	• Un mort, routes, propriétés agricoles et habitations endommagées (jusqu'à 1,60 m d'eau)

Submersions marines du 17 au 20 décembre 1997 sur le littoral Languedoc-Roussillon

Du 16 au 18 décembre 1997, une violente tempête touche l'arc méditerranéen, avec des vents moyens de 80 à 90 km/h et des rafales dépassant 140 km/h sur le littoral languedocien et jusqu'à 180 km/h à Leucate. L'ensemble du golfe du Lion est concerné, de l'embouchure du Rhône au cap Creus en Espagne. La dépression centrée sur le golfe de Gascogne et l'anticyclone d'Europe centrale génèrent par ailleurs un flux de sud-est propice aux phénomènes cévenols. Les cumuls pluviométriques enregistrés du 16 au 20 décembre sont compris entre 400 et 670 mm sur les reliefs **(fig. 5-33)**.

La submersion marine des zones littorales est ainsi concomitante à de graves débordements de cours d'eau. Des houles de sud-est avec des hauteurs de plus de 10 m se développent au large de Sète. La hauteur significative (hauteur moyenne du tiers des vagues les plus hautes) atteint 6,98 m soit une période de retour voisine de 50 ans. Les niveaux marins s'élèvent de 1 à 1,50 m sur l'ensemble du littoral et jusqu'à 1,70 m à Port-Vendres et 2 m à Leucate-plage.

Les impacts sont très importants, associés à une importante érosion des cordons dunaires notamment sur le département de l'Hérault. Les installations portuaires sont sinistrées en particulier dans les Pyrénées-Orientales (fig. 5-34). Habitations et routes subissent par ailleurs de nombreux dégâts. Au sud de Montpellier, secteur de Palavas et Villeneuve-lès-Maguelone, les franchissements ont été remarquables, avec un recul du trait de côte allant jusqu'à 20 m sur plusieurs kilomètres de long associé

à un colmatage progressif de la lagune. À Valras-Plage (embouchure de l'Orb), les franchissements d'eau et de sables envahissent les infrastructures. Même scénario à Leucate, où les lames rompent le parapet de front de mer et détruisent totalement la digue en terre du fond de plage. L'affaissement des enrochements sur le flanc nord du Cap cause d'importants dégâts à la route. À Sainte-Marie et à Canet, le boulevard de front de mer est envahi par les sables. Entre Argelès et Portbou, les infrastructures portuaires de la Côte vermeille subissent les attaques de la tempête (décapages et déstructurations des digues).

a)

b)

Figure 5-34. Inondations lors de la tempête de décembre 1997 : (a) Leucate-Plage ; (b) Argelès-sur-Mer. Source : Dreal LR

Au total, le coût des travaux s'élève à 40 millions de francs pour la réhabilitation des cordons dunaires, et plusieurs dizaines de millions pour la réparation des ouvrages de protection. L'estimation globale des dégâts sur les quatre principaux départements concernés (Gard, Hérault, Aude et Pyrénées-Orientales) s'élève à 150 millions de francs.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen tempétueux avec submersion marine • Tempête violente sur le golfe du Lion • Vents forts de sud-est jusqu'à 180 km/h en rafales • Fortes pluies sur les Cévennes	• Littoraux du Languedoc-Roussillon et de la Camargue	• Destruction de nombreux cordons dunaires, recul des plages, zones urbanisées inondées, dégâts aux infrastructures (150 MF dont 40 pour les ouvrages de protection)

Inondations des 12 et 13 novembre 1999 sur le bassin versant de l'Aude

Le phénomène cévenol, avec un système convectif de méso-échelle, qui frappe les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn à la mi-novembre 1999 est d'une ampleur remarquable, tant par l'intensité des pluies que par son extension spatiale **(fig. 5-35)**. On enregistre une lame d'eau de 200 mm sur une bande de plus de 7 000 km^2 avec des maxima extrêmes supérieurs à 600 mm/jour (624 mm à Lézignan-Corbières du 12 au 14 novembre). Des surcotes marines de plus d'un mètre, liées à des houles d'est et à des vents violents (jusqu'à 140 km/h), viennent aggraver les inondations, notamment au niveau des embouchures de l'Aude et de l'Agly.

Dans les zones proches des massifs montagneux, qui connaissent les pluies les plus intenses, les cours d'eau se transforment en torrents violents entraînant tout sur leur passage et créant d'importants embâcles. Sur les basses plaines de l'Aude, l'inondation est aggravée par la rapidité de montée du niveau des eaux à l'amont, associée aux ruptures d'ouvrages (canal de navigation, remblai SNCF). Les ruissellements intenses génèrent également des inondations pluviales dans les secteurs périurbains et urbains (cf. Villeneuve-Minervois).

Outre l'Aude et l'Agly, la Berre (Corbières), le Thoré et l'Agout sur le haut bassin du Tarn sont particulièrement affectés. Les bassins de l'Hérault, de l'Orb et de la Têt ne le sont que partiellement. La période de retour de la crue est supérieure à 100 ans sur la Berre, le Verdouble, l'Argendouble, la Clamoux, le Lauquet et l'Orbieu. Le débit maximal de l'Aude avoisine 3 000 m^3/s à Moussoulens et celui de l'Agly les 2 110 m^3/s à Rivesaltes (crue centennale).

Les écoulements ravinent les routes, emportent les ponts et les lignes des chemins de fer. Les coulées de boue envahissent les habitations. Les cultures subissent des destructions sans précédent. Un millier d'hectares de vignes disparaît sous les eaux. La zone industrielle de la Molière-Basse, située à la confluence de trois rivières torrentielles, est également ravagée.

Le bilan humain est lourd : 35 morts, dont 25 dans l'Aude, plus un disparu. Près de la moitié des victimes périssent dans leur véhicule ou à proximité. Sans l'intervention des secours par bateaux et hélicoptères (600 hélitreuillages sont réalisés), le bilan aurait été encore bien plus sévère. De nombreux glissements de terrain se produisent, dont l'un ensevelit une maison et quatre personnes dans le Tarn.

Le bilan matériel est évalué provisoirement à 3,5 milliards de francs à peu près également répartis entre les particuliers (habitations et véhicules), les activités économiques (agriculture, commerces et industries) et les équipements publics. 438 communes sont sinistrées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime cévenol • Précipitations exceptionnelles (jusqu'à plus de 600 mm en 24 heures) • Violente tempête marine d'est	• Départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn	• 35 morts • 3,5 GF de dégâts • Cultures ravagées et destructions généralisées de réseaux de communication et d'équipements publics

Unité Doubs

Réseau hydrographique

Avec un bassin versant de 7 710 km^2 et une longueur d'environ 450 km depuis Mouthe (937 m d'altitude) jusqu'à Verdun-sur-le-Doubs, le Doubs est le principal affluent de la Saône. Lui-même est alimenté par les rivières Allan, Savoureuse puis, en aval de Besançon, par la Loue, principal affluent rive gauche. Le relief de ce territoire est constitué d'une alternance de plateaux et de faisceaux calcaires plissés au sein duquel on retrouve des zones de karsts fortement développées à l'origine d'une importante circulation hydraulique souterraine. À ce titre, on sait aujourd'hui que les sources de la Loue sont une résurgence du Doubs.

Typologie des inondations

Le bassin du Doubs est principalement affecté par des crues de type océanique. Elles prennent naissance sur les reliefs des Vosges et du Jura et sur les plateaux à l'occasion de pluies moyennement intenses mais durables et étendues spatialement. Ces crues se propagent ensuite le long de la moyenne vallée sans qu'elles ne soient ni amorties, ni renforcées. En effet, les affluents sont ici peu nombreux et la vallée n'offre que très peu de champs d'expansion aux eaux. Plus en aval, les crues peuvent encore être réalimentées par la Loue.

Trois sous-catégories d'événements peuvent être retenues :
– les crues océaniques strictes, qui ne sont pas les plus fréquentes. En général, elles ne sont pas redoutées quand la neige est absente des sommets. Avec la contribution des plateaux karstiques et sous l'effet de pluies abondantes plusieurs jours durant, la moyenne et la basse vallée peuvent néanmoins connaître des phénomènes sévères (décembre 1882, mai 1983) ;
– les crues océaniques avec influence nivale, qui sont souvent des phénomènes généralisés. Les sous-bassins du Doubs amont (Allan, Savoureuse) connaissent une fonte brutale du manteau neigeux sous l'effet d'un régime d'ouest associant redoux et pluies. Ce fut le cas en janvier 1910, en février 1957 ou encore en février 1990. Les volumes d'eau transférés sont alors très importants, ils sont à l'origine des inon-

dations les plus marquantes. Les faibles possibilités d'amortissement contribuent encore à renforcer l'impact des phénomènes à l'aval ;
– les crues d'orage, sachant que, compte tenu du relief, tous les sous-bassins du Doubs sont réactifs aux pluies intenses et à leurs ruissellements. Les rivières des plateaux karstiques sont particulièrement concernées par le phénomène. Les réseaux souterrains canalisent ces eaux et provoquent la mise en charge rapide des sources. Les résurgences se situent parfois hors des zones d'écoulement habituel ou sur d'autres bassins et sont de ce fait à l'origine de gros dégâts. Il n'est pas rare que ces phénomènes génèrent des affaissements de terrain ou des chutes de blocs. Selon l'ampleur de l'orage, les crues peuvent être étendues exceptionnellement à de grosses rivières, comme ce fut le cas sur la Loue en juin 1953. Le plus souvent les événements sont circonscrits à de petits bassins versants (le Gland en août 2007, la Feschotte en novembre 2002, octobre 2004, août 2007).

Inondations remarquables

Sept événements remarquables ont été sélectionnés **(fig. 5-36)** et couvrent les trois typologies d'inondations : crues océaniques (décembre 1882 et mai 1983), crues océaniques avec fonte nivale (mars 1896, janvier 1910, février 1957, février 1990) et crue d'orage (juin 1953).

Crue du Doubs de fin décembre 1882

En décembre 1882, les précipitations touchent une frange orientale du bassin versant du Doubs, allant du relief du Jura aux Vosges. Les averses du 25 au 28 ne produisent pas de cumuls conséquents à leur paroxysme et la neige est peu présente (à peine 10 cm dans le secteur du Doubs amont à Pontarlier). En revanche, les jours précédents ont été très humides.

Du fait de son ancienneté, peu d'informations sont disponibles à ce jour sur cette crue. L'événement est plus prononcé sur le haut du bassin. Les pluies persistantes combinées à la fonte des neiges grossissent les cours d'eau. Dans la journée du mercredi 27 décembre, la Savoureuse et d'autres affluents amont connaissent leur maximum. Le niveau du Doubs atteint la cote 8,85 m à Besançon, niveau inférieur à la crue de 1910 mais supérieur à celle de février 1990.

À Pontarlier, le pont de Sandon est emporté par les eaux. Les barrages des Forges et des Augustins sont renversés. Les usines Les Forges sont inondées. À Morteau, le pont Vionnet situé entre Pont-de-la-Roche et Remonot est détruit et le moulin d'Entre-Roches est inondé. La route reliant Morteau à Villers-le-Lac est sous un mètre d'eau à l'entrée et à la sortie de la commune. À Villers-le-Lac, les barrages du Saut du Doubs rompent en plusieurs endroits. À Goumois, la culée gauche et le tablier du pont sont emportés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique	• Crue généralisée en particulier sur le Doubs amont, et sur le Doubs moyen	• Dommages sur voies de communication, rupture de barrages

Crue nivale du Doubs et de la Loue de mars 1896

La crue fait suite à huit jours de pluie et de neige alors que l'hiver a été très clément. Du 8 au 10 mars un cumul de près de 159 mm d'eau s'abat sur le bassin faisant fondre rapidement l'important manteau neigeux accumulé les jours précédents (50 cm de neige au Grand Taureau et près d'un mètre à Chapelle-des-Bois). Ailleurs, les sols gelés et gorgés depuis deux mois par les pluies ne retiennent plus l'eau.

La crue de 1896 est inférieure à celles de 1910, 1852 et 1882 mais elle reste exceptionnelle dans la vallée du Doubs (fig. 5-37). Le 9 mars vers 13 heures, le niveau de la rivière s'accroît de 25 cm en une heure. La pluie continue entretient cette montée dans la nuit et le Doubs atteint 1,75 m à Pontarlier (contre 2,10 m en 1882). Le pic est atteint à Besançon le 11 mars avec une cote de 7,97 m. La Loue connaît en revanche une crue plus importante qu'en 1882.

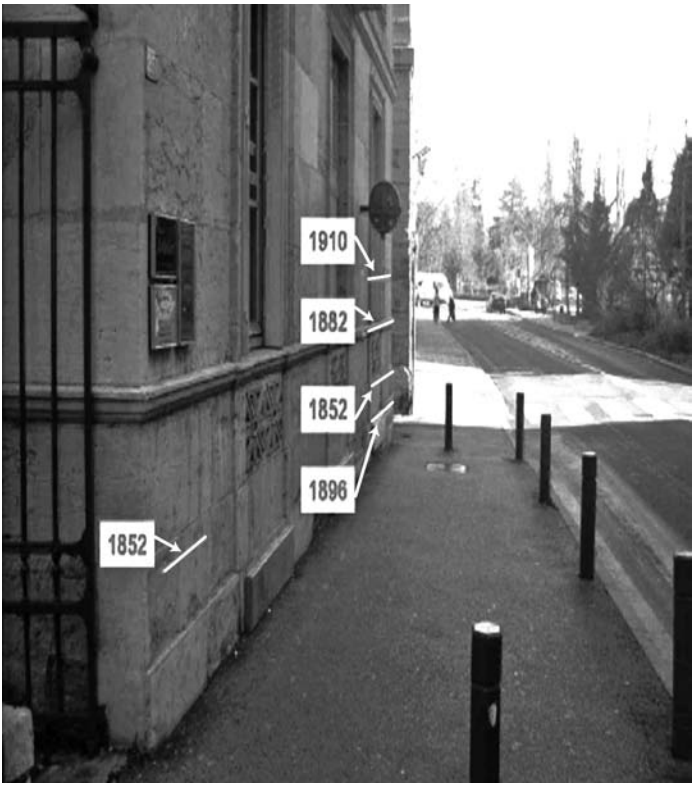


Figure 5-37. Repères de crues de 1910, 1852, 1882 et 1896 dans la rue de la République à Besançon. Source : EPTB Saône et Doubs

Toute la région est sinistrée (fig. 5-38) : établissements publics, infrastructures, biens particuliers, entreprises. Sur la commune de Doubs, l'eau arrive en torrents dans le village, cause des dégâts importants aux usines et oblige à des évacuations. Même scénario à Montbenoît, où les communications sont interrompues suite à la destruction du pont de Planche. À Maisons-du-Bois, la voie ferrée est coupée. On relève

30 à 40 cm d'eau dans certaines habitations de Dompierre et le village est traversé par un ruisseau. À Belfort, un jeune homme de 16 ans, venu observer la crue, meurt noyé. À Besançon, la place Labourée est sous les eaux, le pont de Bregille risque d'être emporté par les bois à la dérive et l'hôpital Saint-Jacques est envahi. Même désastre dans le Jura où la levée du chemin de fer est emportée à Chaussin. Port-Lesney est isolé plusieurs jours durant, interrompant l'activité des fruitières. La vallée de la Loue est sinistrée : villages, usines et entreprises (chômage), infrastructures et maisons particulières.

Figure 5-38. Crue du Doubs de mars 1896 au pont d'Audincourt.
Source : Cercle cartophile du Pays de Montbéliard

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Un cumul de 160 mm d'eau en trois jours en présence de neige	• Doubs moyen, Doubs aval et en particulier la Loue • Le Doubs à Besançon : 7,97 m • La Loue à Ornans : 2,56 m • La Loue à Parcey : 2,90 m (ancienne échelle)	• Un mort, nombreuses communes et voies de communication inondées

Crue nivale du 17 au 21 janvier 1910 sur le bassin du Doubs

Les pluies sont tombées en abondance durant toute la période, avec des maxima les 18 et 19 janvier. En quatre jours, du 18 au 21 janvier, le bassin versant du Doubs reçoit entre 150 et 250 mm de pluie, soit, au maximum, deux fois les précipitations moyennes mensuelles du mois de janvier. Accompagnées d'un vent chaud, elles ont activé la fonte des neiges en montagne.

La montée de la crue est très rapide sur le Doubs amont. Elle gagne 1,50 m en dix heures. La cote 6,55 m est atteinte à Morteau le 21 dans l'après-midi, soit un niveau légèrement inférieur à l'événement de 1882 (– 0,25 m). À Besançon, la montée horaire moyenne est de 13 cm (contre 8 cm en 1882). Avec un pic à 9,57 m, l'événement est ici supérieur de 72 cm au niveau de 1882 (+ 1,15 m au Lycée de jeunes filles). Entre Voujeaucourt et Besançon (tab. 5-13), on estime le temps de propagation des maxima entre 9 et 12 heures.

Tableau 5-13. Hauteurs sur le Doubs à Voujeaucourt et Besançon du 18 au 24 janvier 2010

Date	Cote à Voujeaucourt	Cote à Besançon
18 janvier 1910		3,48 m (7 h)
19 janvier 1910	4,30 m (7 h)	3,88 m (7 h) 5,96 m (23 h)
20 janvier 1910	5,45 m (7 h) maxi 5,62 m (16 h)	7,25 m (7 h) 8,40 m (15 h) 9,23 m (23 h)
21 janvier 1910	5,12 m (7 h)	maxi 9,57 m (3 h) (environ 1 700 m^3/s) 9,20 m (7 h) 8,50 m (16 h)
22 janvier 1910	4,60 m (7 h)	7,27 m (7 h)
23 janvier 1910	4,00 m (7 h)	5,98 m (7 h)
24 janvier 1910	3,50 m (7 h)	4,65 m (19 h)

L'inondation de 1910 est d'autant plus destructrice qu'elle survient au terme d'une longue phase de développement industriel, économique et urbain. Les bassins versants de l'Allan et de la Savoureuse sont largement impactés. Les usines automobiles Peugeot de Beaulieu-Valentigney et Terre-Blanche sont sinistrées – chômage technique durant plusieurs semaines. Les réseaux de communication terrestres (routes, ponts) et électriques (télégraphe, téléphone) sont durement affectés dans toute la région.

Sur le Doubs amont, un homme se noie à Villers-le-Lac. Les dégâts matériels sont énormes à Chaux-Neuve, Pontarlier, Montbenoît : pont emporté, voie du tram coupée par un éboulement, routes submergées. L'activité industrielle est fortement impactée. Les usines Maradaux et Planty déménagent alors qu'à Pont-de-Roide le travail est suspendu.

Sur le Doubs moyen, l'eau atteint des hauteurs importantes, parfois jusqu'au premier étage. Elle sinistre gravement les infrastructures et tous les bourgs riverains (Branne, Ougney-Douvot) : dégâts aux particuliers (maisons, mobiliers), aux agriculteurs (champs ravinés), mais aussi et surtout aux entreprises (filatures) fortement implantées dans la vallée depuis le milieu du XIXe siècle (stocks, machines, chômage plusieurs semaines durant).

À Besançon (fig. 5-39), la ville est sous les eaux et dans le noir, les usines électriques et la distribution de gaz sont arrêtées. Les barques sont les seuls véhicules. L'ensemble des services est mobilisé pour gérer l'urgence et porter secours. Malgré la préparation, la submersion cause de très importantes pertes aux particuliers, commerçants et industriels. Sans parler des nombreuses infrastructures inondées. Les ponts sont menacés par les embâcles – notamment par les stocks de bois de la papeterie de Novillars – et interdits d'accès (ponts de Battant et de la République).

Sur la basse vallée du Doubs, la chute du pont de Rans sème la panique dans la population. À Dole, toute la partie inférieure de la cité est sinistrée avec d'importantes pertes chez les négociants et artisans (stocks). Les voies et ponts de chemin de fer sont coupés et détruits en divers endroits (Molay, Chagny, Dole).

Au total, les pertes sont considérables mais restent aujourd'hui difficilement chiffrables sans un travail d'enquête détaillé. On dispose néanmoins de quelques données ponctuelles : le budget départemental du Jura prend à son compte pour 1 600 000 francs (valeur 1910) de réfections diverses. Les 35 000 mètres cubes de bois perdus par la papeterie de Novillars sont estimés à 1 million de francs (valeur 1910). À Besançon, on évalue le coût total de la crue entre quelques centaines de milliers et deux millions de francs de l'époque.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Jusqu'à 250 mm en 3 jours sur un épais manteau neigeux qui a immédiatement fondu	• Crue généralisée, exceptionnelle sur l'Allan et la Savoureuse, ainsi que sur le Doubs moyen • Le Doubs à Voujeaucourt : 5,62 m • Le Doubs à Besançon : 9,57 m (environ 1 700 m^3/s)	• Dégâts très importants tant aux infrastructures, biens publics et particuliers que pour l'activité économique (agriculture, commerce) et industrielle • Seule inondation connue qui ait submergé les quais de Besançon et envahi toute la boucle du centre-ville

Orage du 9 au 10 juin 1953 sur le bassin du Doubs

L'épisode pluvieux de 1953 débute le 9 juin par un orage de grande ampleur à l'échelle du bassin versant du Doubs. Sur les plateaux karstiques, la lame d'eau est exceptionnelle (Amancey). Dans la seule journée du 9 juin, il est tombé jusqu'à 1,5 fois la moyenne climatologique du mois, un record pour bien des stations des environs. Les pluies se poursuivent le 10 et s'arrêtent le 11 juin.

a)

b)

c)

Figure 5-39. Inondations à Besançon pendant la crue de janvier 1910 :
(a) Grande-Rue, les transbordements ;
(b) pont de la République sur le canal, amoncellement des bois de la papeterie ;
(c) square Saint-Amour et rue d'Alsace. Source : archives municipales de Besançon

L'ensemble du bassin versant réagit violemment, mais de manière différenciée d'un secteur à l'autre. L'épisode est exceptionnel sur le réseau karstique de la Loue. Outre le débordement des rivières principales (Loue, Cusancin, Dessoubre, Gland), les thalwegs traditionnellement à sec sont alimentés par les résurgences qui génèrent des cascades en falaise, des coulées de boue, des affaissements de terrain et des chutes de blocs.

La crue de la Loue est brutale et rapide (fig. 5-40). Elle croît de plus de 9 cm/heure. La cote 3,20 m à l'échelle d'Ornans surpasse d'environ 60 cm toutes les crues récentes et marquantes (1991, 1995, 1999). L'événement est plus modéré sur le Doubs. Le pic de crue est atteint le 11 juin à 22 heures à Voujeaucourt (5 m) et à minuit à Besançon (7,27 m pour 1 150 m^3/s).

Les dégâts chez les industriels (usines d'Ornans, SOC, minoterie Perrot…), commerçants et particuliers sont énormes et se chiffrent à environ 15 millions de francs, auxquels s'ajoutent les pertes agricoles conséquentes en pleine saison et les dégâts sur les infrastructures. La rapidité et la violence de montée des eaux expliquent l'importance des pertes (fig. 5-41).

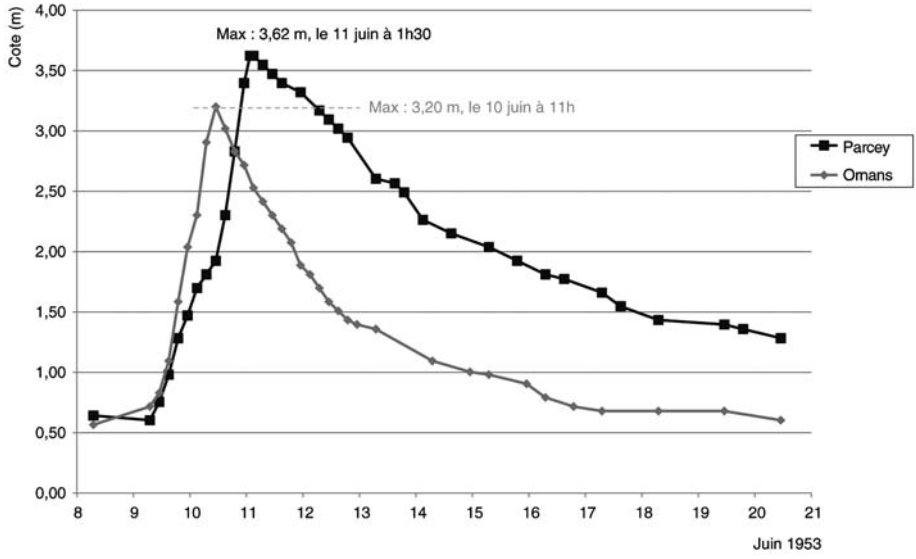
Sur les plateaux karstiques l'événement est brutal. L'eau atteint plus d'un mètre aux usines Peugeot. Dans tous les villages touchés les hauteurs génèrent d'importants dégâts (cf. le long du Gland) et obligent à des évacuations (Seloncourt, Vermondans, Hérimoncourt, Glay, Aibre). Sur la Loue, contrairement à 1910, le pont du chemin de fer de Vuillafans est atteint. À Ornans, à Port-Lesney, les courants causent des dommages conséquents aux infrastructures et habitations. Sur le Doubs moyen, un décès est constaté à Saint-Maurice, alors qu'à Clerval les résurgences et ruisseaux surprennent dans leur sommeil l'ensemble des habitants.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Crue faisant suite à un système orageux violent et étendu d'influence continentale • Cumul journalier de 100 mm au moins le 9 juin sur une grande partie du bassin versant (jusqu'à 140 mm sur le bassin versant de la Loue)	• Loue, Gland, les rivières et résurgences des plateaux karstiques en général • Le Doubs à Besançon : 7,27 m (1 150 m^3/s) • La Loue à Ornans : 3,20 m • La Loue à Parcey (ancienne échelle) : 3,62 m	• Un mort, environ 15 MF de dommages aux industriels, commerçants et particuliers

Crue nivale des 23 et 24 février 1957 sur le bassin du Doubs

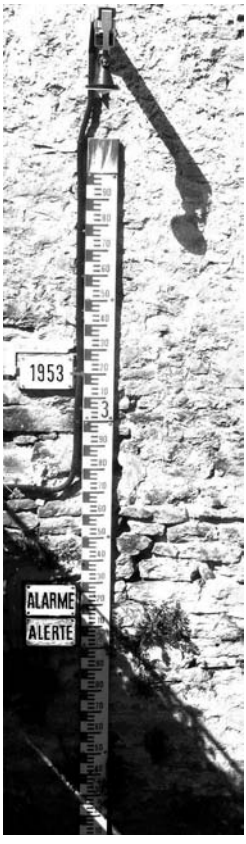
Le mois de février 1957 est très pluvieux avec un cumul mensuel deux fois supérieur à la moyenne climatologique. Les averses sont très abondantes les 23 et 24 février 1957 avec, sur le Doubs amont, la fonte précipitée de 1,50 m de neige présente sur les sommets jurassiens.

On enregistre sur le Doubs un débit de 420 m^3/s à Goumois avec une montée rapide (+ 5 m en 36 heures à Villers-le-Lac). La concomitance des fortes crues du Gland, de la Savoureuse, de l'Allan et de la Lizaine aggrave la situation à Montbéliard. On relève 1 300 m^3/s à Besançon. La situation est très inquiétante sur la Loue.



a)

Figure 5-40. (a) Limnigramme de la crue du 9 juin 1953. Source : Dreal Franche-Comté



b)

Figure 5-40. (b) Échelle de la station d'Ornan sur la Loue. Source : Dreal Franche-Comté

a)

b)

Figure 5-41. Inondations de la Loue, lors de crue de juin 1953, dans la rue Pierre-Vernier à Ornans. Source : bibliothèque et archives municipales de la ville d'Ornans

Toute la Franche-Comté est touchée par la brusque montée des eaux. Des torrents dévalent les pentes, grossissent ruisseaux et rivières, semant la panique chez tous les riverains. À l'amont, l'eau s'étend en grandes nappes (Saint-Point, Oye-et-Pallet, Morteau, Villers-le-Lac). Le territoire submergé est gravement atteint : prairies, habitations, établissements industriels sont envahis. Les infrastructures sont également touchées : voie ferrée en direction du Locle, RN 437 à Montbenoît. Les dégâts se répètent d'un secteur à l'autre : vallée de l'Allaine, ville de Belfort (effondrement du quai Émile-Keller sur une centaine de mètres), Giromagny (arrêt de la Société textile de la Savoureuse), Baume-les-Dames. Seule la crue de 1910 est comparable.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Seconde moitié de mois très arrosée (jusqu'à 250 mm sur le Doubs amont) en présence d'un épais manteau neigeux	• Crue généralisée • Le Doubs à Besançon : 7,55 m (environ 1 300 m^3/s)	• Coulées d'eau boueuse • Dommages sur voies de communication et habitations inondées

Crues du Doubs et de la Loue, du 12 au 15, puis du 25 au 28 mai 1983

Les mois d'avril et mai 1983 sont très pluvieux. En mai, le cumul mensuel est trois à quatre fois supérieur à la moyenne mensuelle régionale. L'ensemble du bassin versant du Doubs est touché. À la différence de nombreux autres événements, aucune fusion nivale ne s'ajoute ici à la lame d'eau précipitée. Les averses se répartissent en deux vagues, la première du 12 au 16 mai, la seconde, plus intense – exceptée sur le secteur du Doubs amont –, le 24 mai. La basse vallée reçoit les précipitations les plus élevées : 74 mm à Tavaux le 24 mai, 128 mm en trois jours. Cet épisode est à l'origine du pic de crue sur le secteur.

À l'exception du Doubs amont, partout ailleurs, y compris sur les affluents, le deuxième pic (du 25 au 28 mai) est le plus marqué. Compte tenu de la répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace, l'écoulement moyen mensuel est élevé. La saturation des sols entraîne une réaction rapide des rivières lors du second passage pluvieux.

Pour les deux épisodes, les relevés hydrométriques (fig. 5-42) montrent une certaine homogénéité dans la production des débits sur le Doubs moyen et aval, avec une accentuation vers la basse vallée. Le premier maximum est enregistré à Besançon le 17 mai (811 m^3/s). Le Doubs reprend son ascension une semaine plus tard pour atteindre un deuxième pic à 1 230 m^3/s, dans la journée du 27 mai.

En aval, les conditions hydrologiques générales expliquent une certaine simultanéité dans le démarrage de la crue aux différentes stations : pluviométrie abondante sur ces secteurs, apport considérable de la Loue au temps de réaction plus rapide que le Doubs moyen (pic de crue de 705 m^3/s, le 26 mai à midi à la confluence Doubs/

Loue). À l'aval de la confluence, en basse vallée, vient ensuite s'ajouter l'onde de crue propagée par le Doubs moyen. À Neublans, la montée de crue démarre le 24 mai à midi, le pic (1 760 m^3/s) est atteint le 28 mai à une heure.

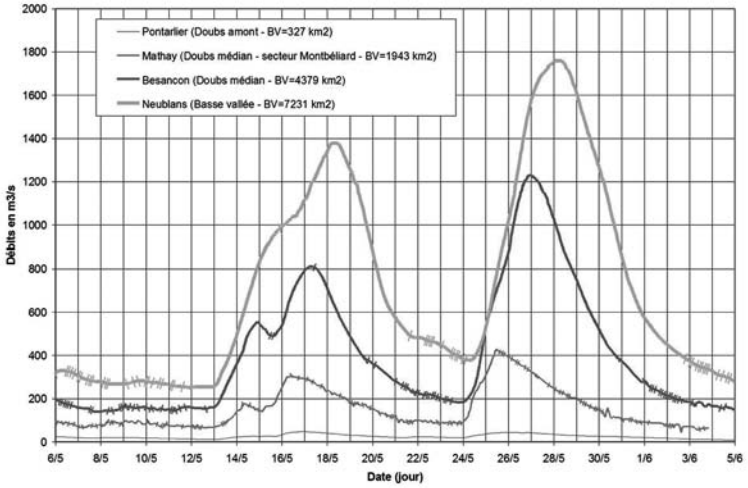


Figure 5-42. Hydrogrammes de la crue du Doubs de 1983. Source : Dreal Franche-Comté, SPR (ne pas tenir compte des traits hachurés sur les courbes ; artefact)

Au total, la cinétique de la crue est inverse à celle de 1990. Ce sont les bassins intermédiaires des plateaux (Dessoubre, Cusancin, Loue, Allan) et des plaines qui constituent les apports principaux. La crue de 1983 devient ainsi la crue de référence en basse vallée.

Les impacts sont très différenciés selon les secteurs. Relativement peu importants sur l'amont du bassin, ils affectent en revanche grandement les secteurs médians et aval. Les entreprises sont durement touchées comme EFI à Baume-les-Dames (chômage technique de 110 salariés, dégâts aux machines) ou Bost à Laissey.

Besançon et les communes périphériques (Avanne, Avenay, Vaire-le-Petit, Chalezeule, Chalèze) sont submergées en plusieurs endroits, notamment l'hôpital, les sous-sols de la Préfecture, les secteurs de la place du Marché, rue Claude-Pouillet, Chamars. De nombreux commerces et entreprises sont sous les eaux. Le pont Denfert-Rochereau reste sous surveillance alors que la RN 57 est coupée en sortie de ville.

Sur la basse vallée du Doubs, beaucoup de communes rurales sont touchées par les débordements et les remontées de nappe. Plusieurs centaines de personnes sont sinistrées. La période et la durée de l'inondation (lente vidange des zones inondées) ont été particulièrement préjudiciables aux agriculteurs de la basse vallée. Au total, les communes les plus impactées sont Asnans-Beauvoisin (exploitation agricole, route de Longwy), Champdivers (usines), Chaussin (caves, sous-sols, route de Peseux), Neublans-Abergement (route D 13, digue) et Peseux (chemin de fer).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen • Le mois de mai très arrosé (3 à 4 fois la moyenne du mois), avec un paroxysme journalier le 24 mai à plus de 70 mm • Remontées de nappe en basse vallée	• Doubs moyen, basse vallée du Doubs, Loue • Le Doubs à Besançon : 7,54 m (1 230 m^3/s • Le Doubs à Neublans : 5,65 m (1 760 m^3/s) • La Loue à Parcey : 705 m^3/s	• Dommages importants pour la société EFI à Baume-les-Dames • Inondations du centre-ville de Besançon (évacuation de l'hôpital) • Dommages agricoles importants sur la basse vallée

Crue nivale du 13 au 18 février 1990 sur le bassin du Doubs

La crue de février 1990 est la crue de référence sur une bonne partie du bassin versant du Doubs en raison de la conjugaison paroxystique de fortes pluies **(fig. 5-43)** et de la fonte d'un épais manteau neigeux. Jusqu'au 13 février, le temps est perturbé et froid : il neige au-dessus de 400 mètres (20 cm vers 500 mètres d'altitude, 50 cm au-dessus de 1 200 mètres). Le 13 au soir, le temps se dégrade encore mais se radoucit subitement. Il pleut abondamment jusque sur les sommets des Vosges (150 mm le 14 février au lac d'Alfeld). Les pluies associées à un très fort vent d'ouest font brutalement fondre la neige tombée les jours précédents, engendrant un écoulement supplémentaire équivalent au moins à 80 mm de pluie. À Belfort, le cumul pluviométrique du 13 et du 14 février 1990 atteint 101,4 mm.

Les tronçons hydrographiques des reliefs vosgien et jurassien (Savoureuse, Doubs) sont les plus concernés par cet épisode. À l'exception du Dessoubre, les rivières affluentes rive gauche du plateau karstique (Cusancin, Loue) connaissent une crue modérée. Dès le début de soirée du 13 février 1990, les parties en amont du Doubs, de la Savoureuse et du Dessoubre commencent à réagir (fig. 5-44). Sur cette dernière, le pic de crue est atteint le 15 février à 4 heures à Saint-Hippolyte, à midi sur la Savoureuse à Belfort, et à 16 heures dans la région de Montbéliard. La crue se propage en aval de la confluence de l'Allan en un pic bien marqué mais sans apports complémentaires notables. Besançon est donc touchée plus tardivement (maximum le 16 février à 18 heures, soit un temps de montée de 2,5 jours). Le débit de pointe y atteint 1 430 m^3/s. L'onde de crue quitte le bassin versant du Doubs le 18 février à une heure (1 500 m^3/s à Neublans-Abergement). Au final, l'événement de février 1990 constitue un événement de référence au moins équivalent voire supérieur à la crue de 1910 sur la partie haute du bassin versant du Doubs. Il s'atténue progressivement dès sa partie médiane entre Montbéliard et Besançon.

L'aire urbaine Belfort/Montbéliard, qui concentre d'importants enjeux économiques et urbains, est fortement touchée par l'événement. Le site Peugeot à Sochaux est particulièrement affecté (endommagements directs, perte d'activité). Un bassin d'emploi de 15 000 personnes est en chômage technique. Au total, pour le secteur industriel, l'estimation des dommages s'élève à plus de 180 millions d'euros. Les particuliers et

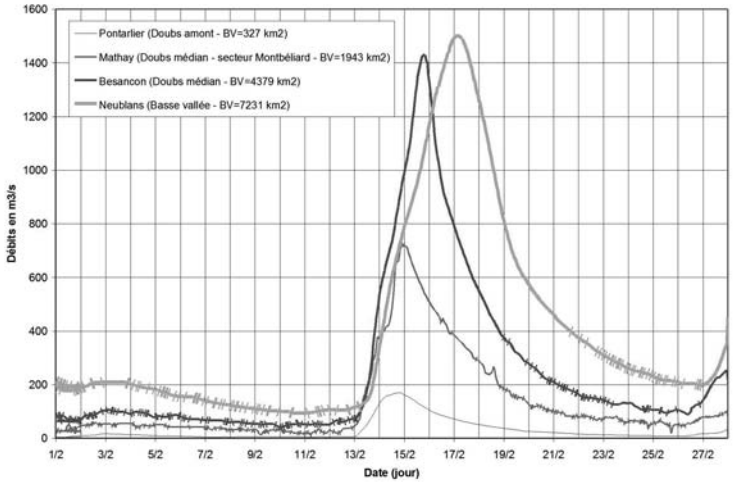


Figure 5-44. Hydrogrammes de la crue du Doubs de février 1990. Source : Dreal FRC, SPR (ne pas tenir compte des traits hachurés sur les courbes ; artefact)

commerçants riverains de l'Allan au droit des communes de Montbéliard, Sochaux, Sainte-Suzanne, Bart, Voujeaucourt, Mandeure, Mathay sont aussi sévèrement atteints : maisons sinistrées, stocks détruits. À Montbéliard, 3 500 personnes sont privées d'électricité. Les axes structurants et les transports en commun sont en grande difficulté.

Tout le nord du département du Territoire de Belfort est également sous l'eau, avec plus de 430 interventions de sauvetage : routes coupées, maisons inondées (parfois sur plus de deux mètres à Trévenans), entreprises détruites (la plus touchée est l'imprimerie Schraag à Valdoie). À Andelnans, le seul pont sur la Savoureuse est endommagé. Au total, 1 500 personnes sont privées d'électricité. On dénombre un mort et un blessé.

Sur le Doubs amont, la submersion affecte avant tout le réseau routier avec des conséquences non négligeables en pleine saison touristique hivernale. 200 foyers sont sans chauffage, des dizaines de familles sont relogées d'urgence, des scieries sont inondées.

Sur le Doubs moyen, de nombreuses routes – dont la RN 83 – sont coupées créant des problèmes d'enclavement. Blussangeaux est complètement isolée ; on y recense un décès. À Baume-les-Dames, 1 000 personnes environ sont concernées par les inondations (quartier de la Prairie), soit directement touchées par la crue (64 personnes sont évacuées), soit bloquées dans l'accès à leur habitation. C'est également le cas pour les activités économiques. La perte est ciblée sur une dizaine d'entreprises, représentant environ 500 emplois, avec cessation d'activité pendant plusieurs jours. L'alimentation électrique de l'hôpital est coupée. À Thise, route nationale et aérodrome sont inondés.

À Besançon, les plus affectés sont les caves et sous-sols des restaurants et magasins de centre-ville, la place du marché, l'hôpital – qui a été déménagé depuis –, la préfecture et le parking Chamars. En périphérie amont et aval, une dizaine de maisons et trois à quatre entreprises (Prés-de-Vaux) sont concernées par des coupures de desserte. Au total, l'impact est réduit. De même dans la basse vallée du Doubs, hormis quelques coupures de routes et dégradations de voiries communales.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Plus de 100 mm en 2 jours sur les Vosges, sur un épais manteau neigeux qui a immédiatement fondu	• Crue généralisée, exceptionnelle sur l'Allan, la Savoureuse, le Doubs amont • Le Doubs à Pontarlier : 170 m^3/s • Le Doubs à Besançon : 7,77 m (1 430 m^3/s) • L'Allan à Courcelles : 414 m^3/s • La Savoureuse à Belfort : 2,36 m (209 m^3/s)	• 2 morts, dommages industriels sur le secteur Belfort/Montbéliard (au moins 180 M€ et chômage technique de 15 000 personnes), 1 500 personnes privées d'électricité, coupure de nombreuses voies de communication

Unité Durance

Réseau hydrographique

Cette unité, d'une superficie de 18 447 km^2, est constituée majoritairement par le bassin versant de la Durance. De sa source à 2 300 m d'altitude sur la commune de Montgenèvre à sa confluence avec le Rhône au sud d'Avignon, la Durance parcourt environ 300 km. Jusqu'à la confluence de l'Ubaye au niveau du lac de Serre-Ponçon, elle est un cours d'eau montagnard à pente forte et régime torrentiel. Plus au sud, elle reçoit, en rive droite, le Buëch au niveau de Sisteron, le Jabron, puis le Coulon. En rive gauche, elle est alimentée par la Bléone qui traverse Digne-les-Bains, l'Asse et surtout le Verdon. Après la confluence de ce dernier, au pied du massif du Luberon, son cours prend une orientation est-ouest, puis s'infléchit brusquement vers le nord-ouest. La Durance rejoint alors la vallée du Rhône à quelques kilomètres au sud d'Avignon. Cette anomalie de tracé est le résultat du changement de cours survenu au quaternaire. La Durance franchissait alors la chaîne des Alpilles par le seuil de Lamanon, à 40 km à l'est du Rhône, et se jetait directement dans l'étang de Berre. Son ancien delta forme aujourd'hui la plaine de la Crau. En matière de débit, la Durance constitue le second affluent du Rhône après la Saône. Cette unité comprend également les bassins versants de l'Ouvèze, de l'Eygues (ou Aygues) et du Lez qui drainent les massifs du Diois et des Baronnies avant de se jeter dans le Rhône.

Typologie des inondations

Le haut bassin versant de la Durance se distingue par les hauts-reliefs du massif des Ecrins et du Queyras. L'hydrologie est marquée à la fois par l'influence nivale et par les fortes pentes qui, associées aux précipitations méditerranéennes ou aux retours d'est, sont à l'origine de phénomènes torrentiels exceptionnels. Le secteur de la basse Durance est composé de cours d'eau méditerranéens à caractère torrentiel comme le Buëch, l'Asse, le Jabron ou encore le Calavon-Coulon. On retrouve à peu près les mêmes caractéristiques sur les affluents rive gauche du Rhône aval avec des extrêmes hydrologiques marqués.

Un bassin très aménagé au xx^e siècle

La régulation du cours de la Durance et la surveillance de ses crues ont été envisagées dès le milieu du xix^e siècle, notamment après les grandes inondations de novembre 1843 et mai 1856. Des barrages régulateurs sont prévus à Saint-Clément, Serre-Ponçon, Arambre (confluence des deux Buëch), Saléon, Sisteron, de même qu'à Sainte-Croix et Montpezat sur le Verdon (1863) en vue d'augmenter la capacité d'écrêtement du lac d'Allos. Aucun ne sera réalisé. En revanche est mis en place un service spécial de la Durance chargé d'encadrer les études, les travaux d'endiguement et la surveillance des crues de la rivière.

L'aménagement hydroélectrique Durance-Verdon, décidé en 1955, confie trois missions à EDF : la production d'électricité, l'alimentation en eau (agriculture, villes) et la régulation des crues. En un peu moins de 40 ans, quelque 23 barrages et prises d'eau sont établis le long de son cours ou de ses affluents depuis les prises d'eau des Claux sur l'Argentière à celle de Mallemort en passant par la retenue de Serre-Ponçon. Le canal de la Durance alimente par ailleurs 33 centrales hydroélectriques. L'aménagement est achevé en 1992 par les ouvrages du Buëch.

La fonction d'écrêtement de ces grands réservoirs est surtout valable pour les crues moyennes. Pour les événements plus importants leur rôle est plus réduit. Les grandes crues de la basse Durance se forment en général sur la section moyenne de la rivière et ne peuvent bénéficier de la retenue de Serre-Ponçon (cf. crue de janvier 1994). Par ailleurs, compte tenu de son niveau de remplissage, la capacité d'écrêtement d'un ouvrage est en général très réduite, sans compter que les volumes générés par les événements exceptionnels sont sans commune mesure avec les capacités de stockage des barrages. On arrive ainsi au mieux durant quelques heures à écrêter 200 à 300 m^3/s du débit de pointe des grandes crues du xix^e siècle.

Inondations remarquables

Cinq événements remarquables ont été retenus **(fig. 5-45)**. Ils soulignent la double identité du secteur à la fois méditerranéenne et alpine. La présence d'un important espace montagneux peut, avec la rétention ou la fusion nivale, et selon les configurations météorologiques, atténuer ou au contraire accentuer les phénomènes de crue. Les épisodes sévères peuvent affecter l'ensemble du bassin de la Durance, comme ce fut le cas en novembre 1843, ou seulement la moyenne et basse Durance, comme en octobre-novembre 1886 et janvier 1994. Née d'un retour d'est sur le haut bassin, la crue de juin 1957 sur le Guil est la plus remarquable observée sur ce sercteur depuis le milieu du xix^e siècle. Celle de l'Ouvèze en septembre 1992 a marqué les esprits, avec un lourd bilan humain (41 décès).

Crue de la Durance les 1^er et 2 novembre 1843

Le 1^er et 2 novembre 1843, à la suite de cinq journées de pluies, une crue subite détruit tout de Sisteron à Avignon. « En 1843, la terrible rivière a démoli presque tous ses ponts… submergé toute la plaine en aval de Mirabeau » (Pardé, 1925).

Cette crue automnale est exceptionnelle. La documentation consultée livre peu d'informations sur la genèse météorologique de l'événement. La fusion nivale semble avoir accentué la montée de la crue. Sur le plan hydrologique, on relève 6,10 m

à Mirabeau, 3,70 m à Bonpas, et pour les débits 1 675 m³/s à Serre-Ponçon et 3 000 m³/s à Sisteron (dont 1 200 m³/s du Buëch), ainsi que les apports de la Bléone (960 m³/s à Digne, et 1 150 m³/s au confluent), de l'Asse (900 m³/s), du Verdon (1 400 m³/s à Sainte-Croix). Au total, les débits de la Durance atteignent 4 000 m³/s aux Mées, 4 800 m³/s à Manosque, et 5 500 m³/s à Mirabeau.

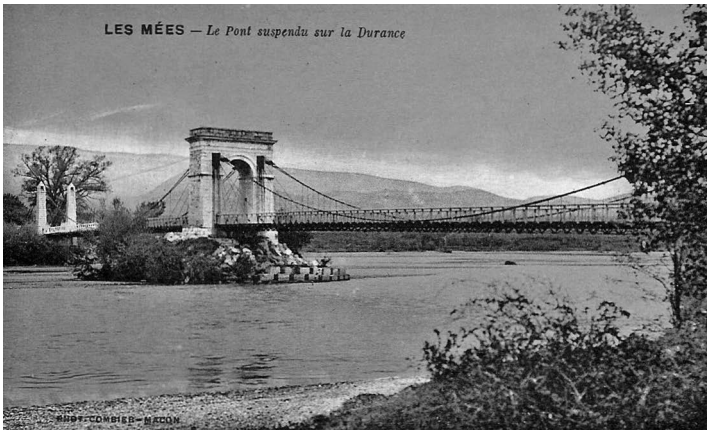


Figure 5-46. Deuxième pont des Mées, rebâti de 1854 à 1857 après la destruction du premier pont lors de la crue de novembre 1843, le jour fixé pour son inauguration officielle. Source : www.art-et-histoire.com

Les dégâts sont très importants et à ce jour encore difficilement appréciables : terrains submergés, digues rompues, chaussées détruites, routes coupées, riverains ruinés. D'Embrun jusqu'à son embouchure, la Durance emporte les six ponts qui jalonnent son parcours. Quelques-uns de conception monumentale viennent juste d'être construits : le pont suspendu des Mées (fig. 5-46), le pont de Manosque (cinq hommes périssent), le pont de Remollon construit en 1829 (en partie détruit), le pont de Mirabeau (construit en 1835), le pont de Rognonas. Reconstruit après le désastre, le pont de Manosque est terminé en 1847. D'autres ponts (Pertuis, Cadenet) sont endommagés. Une partie des digues sont submergées. Rien que pour les infrastructures fluviales, les dégâts s'élèvent à 5,1 millions de francs-or.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen extensif avec influence nivale et 5 jours de pluie • Crue millénale de la basse Durance	• Vallée de la Durance principalement	• Au moins 5 victimes, nombreux ponts détruits, 5 millions de francs-or de dégâts

Crues d'octobre-novembre 1886 sur le bassin de la Durance

La vallée de la Durance subit en octobre et novembre 1886 trois crues successives en moins de 15 jours : 26 au 28 octobre, 8 au 10 novembre, puis le 12 novembre. La Durance, la Blanche, la Bléone, le Verdon et l'Asse sont touchés. Les crues d'octobre-novembre 1886 sont des crues à pics multiples suite à une averse durable et généralisée dans le temps et dans l'espace, donnant deux maximums soutenus jusqu'au Rhône.

« Le cumul des précipitations est conséquent. Les valeurs cumulées sur le bassin du Verdon atteignent 450 mm en 29 jours, soit près de la moitié des précipitations annuelles normales. À Castellane, on relève 315 mm entre le 16 et le 29 octobre puis 319 mm entre le 2 et 13 novembre. Tout le haut bassin du Verdon connaît des valeurs semblables, avec un accroissement net avec l'altitude. Le Verdon aval reçoit environ 200 mm pour chacun des 2 épisodes. » (Blanchard *et al.*, 2007)

Les 27 et 28 octobre 1886, la crue se produit sur la moyenne et basse Durance. Les eaux quittent le lit mineur et dérivent en rive gauche (sud). Elles reprennent un ancien tracé et atteignent Rognonas (quelques maisons touchées), rompent les digues et se dirigent vers Graveson et Eyragues. La rivière atteint la cote 6 m à Sisteron et 5,75 m à Mirabeau. On estime à 4 000 m^3/s le débit de pointe (tab. 5-14) à Mirabeau. Le 11 novembre 1886, le niveau des eaux est à peine redescendu qu'une nouvelle crue se manifeste, plus forte encore que la précédente à Mirabeau (5 000 m^3/s).

Le 12 novembre 1886, suite aux pluies et aux inondations de la Durance, une partie de la montagne de Montgervis, à deux kilomètres de Sisteron, glisse et éventre le fourgon et le premier wagon du train qui passait à ce moment-là. Trois personnes périssent et plusieurs sont blessées.

Tableau 5-14. Débits (m^3/s) des grandes crues d'octobre-novembre 1886 et janvier 1994 sur la Durance (Sources : Sogreah-Aqualis-CESAME, SMAV de la Durance, 1998)

	Octobre 1886	Novembre 1886	Janvier 1994
Serre-Ponçon	800	1 300	60
Sisteron	2 000	2 900	1 600
L'Escale	2 200	3 000	2 000
Manosque	3 600	4 500	2 800
Mirabeau	4 000	5 000	2 900
Orgon		4 850	2 800
Bonpas	4 100	5 100	3 000

D'importantes superficies de terres cultivées sont submergées, engravées ou érodées, impactant durement l'activité agricole. Des digues sont fragilisées et détruites, des glissements de terrain se produisent, des routes et des ponts sont dégradés, comme celui de Cavaillon. À Bédarrides, l'usine Lenhardt est envahie (fig. 5-47). Le canal de Manosque est endommagé à hauteur de Château-Arnoux. Certains secteurs déjà fragilisés par la crue de 1882 sont particulièrement impactés, comme à Castellane où le Verdon envahit le village du fait des brèches non réparées sur les digues.

Figure 5-47. Crue de l'Ouvèze à Bédarrides en 1886 : vue de l'usine Lenhardt le 27 octobre. Source : CNUM, cote CNAM-BIB 4 ky 28 (27)

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen extensif • Série de crues conditionnées par une période de pluies d'environ un mois	• Vallées de l'Aygues, de l'Ouvèze, du Calavon-Coulon, de la Durance, du Verdon	• 3 victimes indirectes, vastes terres agricoles détruites, ponts et routes emportés, maisons inondées

Crues du Guil les 13 et 14 juin 1957

Les vallées du Guil, de la Cerveyrette et, dans une moindre mesure, de l'Ubaye, subissent, à la mi-juin 1957, une crue catastrophique (fig. 5-48). Le mois de mai se caractérise par des précipitations très largement supérieures aux moyennes climatiques dans les extrémités amont des vallées avec des températures basses (neige). Dès le 8 juin, une situation orageuse affecte l'Ubaye. À partir du 11, la pluie se généralise et ne cesse de croître en intensité journalière. Des averses moyennes de 250 mm environ se produisent vers 2 000 m d'altitude. Le ruissellement sur les neiges anciennes se conjugue à la fusion de l'importante couche de neige fraîche. On estime la lame d'eau libérée le 13 juin à 200 ou 300 mm en 24 heures. À Ceillac, le village est envahi et la population est évacuée par hélicoptère.

L'ensemble des torrents réagit violemment et génère une crue exceptionnelle du Guil, la plus importante du xx^{e} siècle, (période de retour de 100 ans). Le Queyras est isolé durant plusieurs semaines. Le Guil coupe la voie ferrée de Gap à Briançon, arrache des kilomètres de routes et de lignes téléphoniques, emporte de nombreux ponts, détruit partiellement plusieurs villages et hameaux.

a)

b)

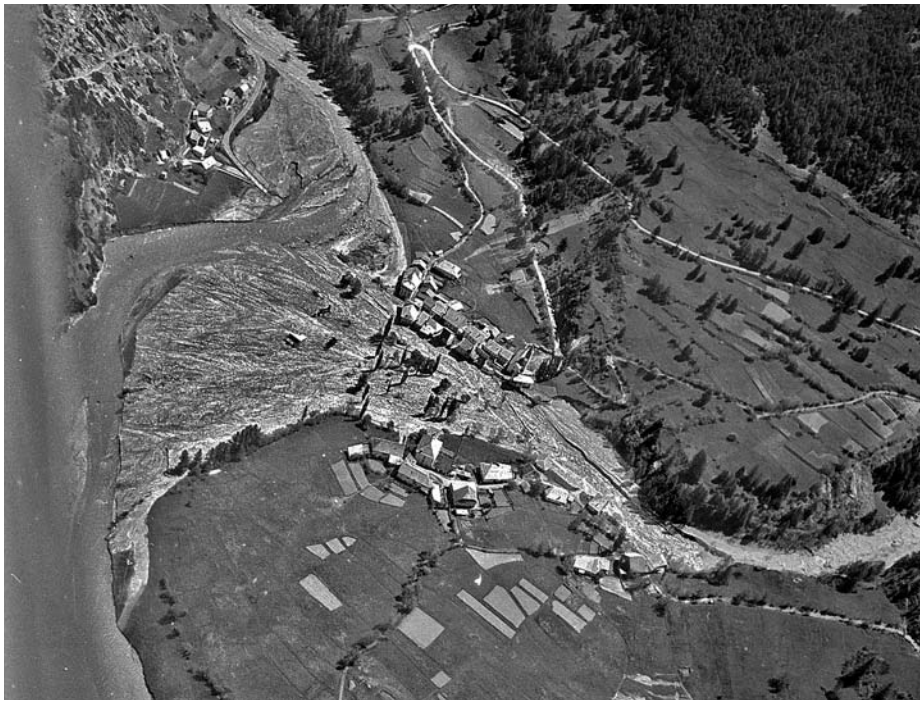


Figure 5-48. Crues de juin 1957 : (a) Ceillac ; (b) Ville-Vieille. Source : ONF et RTM 05

En Ubaye, de nombreuses communes sont affectées : Barcelonnette, Jausiers, La Condamine-Châtelard, Saint-Paul-sur-Ubaye, Meyronnes, Larche et Clumanc. Au cours des premières heures, de nombreuses évacuations sont ordonnées : 500 personnes à Jausiers, 130 à Barcelonnette, 50 aux Gleizolles sur la commune de Saint-Paul. Environ un millier de personnes au total sont sinistrées. Des maisons s'écroulent pendant l'événement et d'autres fragilisées devront être démolies. Sur la commune de Jausiers, le centre du village est totalement inondé, les digues sont détruites et les terres agricoles sont affouillées. À La Condamine-Châtelard, le torrent du Parpaillon déverse ses flots dans des maisons, tuant une personne. Les multiples torrents sont en crue et occasionnent des destructions très importantes localement. Des glissements de terrain sont activés. Deux cents hectares de terres cultivées sont atteints par les engravements ou les érosions, dont 120 hectares de manière définitive.

Les infrastructures sont durement touchées, spécialement le réseau national. La RN 100 est impactée en plusieurs tronçons, et parfois sur des centaines de mètres (chaussée submergée sur 1,5 km à Meyronnes), des ponts sont emportés (le pont de la RN 202 sur la commune de Meyronnes est détruit), des centaines de mètres de routes sont emportées. Les réseaux d'adduction d'eau, d'assainissement, et de télécommunication sont également endommagés, tout comme de nombreuses digues, en particulier celles destinées à protéger les lieux habités. Dans la haute vallée, les dommages sont également considérables : des ponts et digues sont détruits, la route d'accès est enlevée sur plus d'un kilomètre près du hameau de Saint-Antoine, et les terres agricoles sont totalement engravées, comme à Maurin. Les dommages globaux sont évalués à environ un milliard de francs de l'époque (soit 2 G€).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec retour d'est et influence nivale • Crue centennale sur le Guil suite à un printemps froid et humide, avec brutale remontée méditerranéenne les 13 et 14 juin 1957 • Fonte du manteau neigeux, suite à 3 jours de précipitations intenses accompagnées d'un brusque réchauffement	• Vallées du Guil et de l'Ubaye, ainsi que pratiquement toutes les rivières des Alpes françaises qui descendent de la crête frontière (Maurienne, Queyras)	• 2 morts, des dizaines de ponts emportés, routes submergées et détruites, habitations ravagées • Dommages d'environ 2 G€

Crue de l'Ouvèze le 22 septembre 1992

Les averses proviennent d'un front orageux, se déplaçant d'Aquitaine vers les Alpes du Sud, avec blocage sur le flanc ouest du mont Ventoux. Ce noyau pluviométrique intense affecte aussi une partie du haut des bassins versants des affluents sud-ouest du mont Ventoux, en particulier la Salette, le Brégoux et le Mède. La ligne des précipitations maximales est orientée sud-nord, de Carpentras à Vaison-la-Romaine

(fig. 5-49), et déborde au nord sur le bassin versant de l'Aigues qui connaît aussi une crue forte. Notons qu'au même moment un épisode remarquable comparable se produit sur le bassin de l'Ardèche. La crue est générée par deux épisodes orageux violents centrés sur Entrechaux et couvrant quelque 200 km² localisés en amont de Vaison-la-Romaine. Les cumuls de pluie atteignent 150 à 300 mm, dont la majeure partie tombe le 22 septembre entre 12 heures et 14 h 30 **(fig. 5-50)**.

« Une première séquence d'une petite heure débute vers 10 h 30 apportant selon les secteurs de 20 à 90 mm. Elle amorce une première montée des eaux de l'Ouvèze. Après une accalmie d'environ 1 heure, les précipitations reprennent et vont durer 2 heures avec de très fortes intensités. Les hauteurs d'eau recueillies au cours de cette séquence sont de 150 à 200 mm. La majorité des pluies est ainsi tombée en moins de 2 heures, de 13 heures à 14 h 45 légales avec des intensités atteignant 20 litres d'eau par mètre carré en six minutes. » (Météo-France, Pluies Extrêmes)

L'Ouvèze, dont le débit moyen annuel est de 6 m³/s, atteint un débit maximum estimé à 1 100 m³/s à Vaison-la-Romaine pour un bassin versant amont de 910 km². La crue centennale est estimée à 600 m³/s (Sogreah, 1997). Un coefficient de ruissellement de l'ensemble du bassin versant de l'ordre de 30 % permet d'estimer le volume total de la crue de l'ordre de 20 millions de mètres cubes à l'amont de Vaison-la-Romaine (CGGREF, 1995).

À Vaison-la-Romaine (fig. 5-51), la hauteur des eaux atteint 17 m au-dessus du niveau moyen et passe au-dessus du parapet du pont romain. Ce pont, situé au milieu du bourg, est construit sur un éperon rocheux rétrécissant la vallée. Sa faible section explique l'importante extension de la zone inondée en amont avec une grande hauteur d'eau mais de faibles vitesses. Dans le cas présent, la plupart des dégâts en amont sont à imputer à ces hauteurs d'eau plus qu'à l'érosion. La zone la plus touchée est le camping. Les caravanes sont emportées et plusieurs personnes décèdent faute de pouvoir évacuer à temps les lieux, à cause du débordement d'un affluent (le Lauzon) qui vient couper la voie d'accès au camping.

À l'aval du pont romain, le courant est beaucoup plus violent. L'énorme ressaut hydraulique sape les fondations de plusieurs vieilles maisons construites près de la berge et cause leur effondrement. Quelques centaines de mètres plus en aval, un lotissement pavillonnaire, construit en rive droite, est submergé sous deux mètres d'eau. La plupart des maisons sont détruites. Certaines s'effondrent dans le courant et engloutissent leurs habitants.

Dans le même temps la situation est critique sur tous les affluents sud-ouest du mont Ventoux, la Salette, le Brégoux, le Mède, l'Auzon, la grande Levade, qui rompent leurs digues et inondent de vastes zones habituellement protégées ainsi que certains villages. La Salette, dont le haut du bassin versant reçoit les intensités de pluie maximales, dévaste la ville de Beaumes-de-Venise, et emporte le pont. Les communes d'Aubignan et de Sarrians notamment, subissent des dégâts considérables à la suite de ruptures de digues plus en amont, sans parler du ruissellement.

Le bilan humain est catastrophique, avec 41 décès. Au total, les dégâts sont considérables (estimés à plus de 500 MF) à Vaison-la-Romaine et dans les communes plus en aval. Des dommages matériels très importants sont relevés également dans les villages

alentour (Sarrians, Beaumes-de-Venise). La ville de Bédarrides est sous les eaux deux jours durant, endommageant près de 80 % des maisons. L'eau atteint le premier étage des habitations sur la place de la mairie et de l'église.

a)

b)

Figure 5-51. Crue de l'Ouvèze en septembre 1992 : (a) pont de Vaison-la-Romaine ; (b) vue aérienne des inondations dans le Vaucluse. Source : INA

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen extensif • Deux orages déversant 200 à 300 mm en 4 à 5 heures	• Essentiellement le bassin de l'Ouvèze et ses affluents, de Buis-les-Baronnies à Vaison-la-Romaine puis Bédarrides et les affluents sud-ouest du mont Ventoux (Salette, Brégoux, Mède, Auzon) et les communes traversées	• 41 victimes, 245 communes déclarées en état de catastrophe naturelle, 9 000 personnes sinistrées à des titres divers, 12 ponts détruits

Crues de janvier 1994 sur le bassin de la Durance

Le bassin de la Durance connaît en janvier 1994 ses plus fortes crues depuis la réalisation des grands aménagements hydroélectriques de la vallée (1959). Ces crues surviennent dans un contexte nouveau de gestion des rivières (loi sur l'eau de 1992), marqué notamment par l'abandon de l'extraction de granulats. Une partie des bassins versants de la Durance, en aval de Serre-Ponçon, et du Verdon reçoivent en 36 heures entre 150 et 250 mm de pluie, jusqu'à 300 mm sur le plateau d'Albion et la montagne de Lure **(fig. 5-52)**. On relève encore 214 mm à Apt les 6 et 7 janvier 1994.

Le Calavon-Coulon à Coste-Raste atteint son maximum de 1,92 m avec un débit d'environ 130 m^3/s. Quelque 260 personnes sont évacuées dans la nuit. En aval, au pont de Lacoste, une digue en rive gauche est effacée, des terrains sont submergés ou décapés, une maison est inondée. Sur la commune de Lauris, plus de 100 habitations regroupant 250 personnes sont envahies par les eaux, qui s'engouffrent par les brèches formées sur près de 200 mètres dans la digue de protection de la rive nord de la rivière. 1 000 hectares sont inondés à Bédarrides, où 60 personnes sont évacuées par hélitreuillage en raison des débordements de l'Ouvèze. Son débit atteint 340 m^3/s à Vaison-la-Romaine et 460 m^3/s à Bédarrides (cote 4,50 m). De 1 200 à 1 500 hectares sont inondés à Cavaillon où la Durance est grossie par les eaux du Calavon-Coulon (fig. 5-53). Dans la commune du Thor plusieurs centaines d'habitations sont isolées et 400 autres le sont à Entraigues. Dans les Alpes-de-Haute-Provence, plus de 2 000 hectares sont submergés. Plus de 400 habitations sont touchées dans les communes de Sisteron, les Mées, Oraison, Bras-d'Asse. À Sisteron et aux Mées, 38 familles perdent tout dans l'inondation (moyenne et basse Durance).

Le 10 janvier, un nouvel épisode pluvieux affecte le sud-est de la France et provoque une crue de la Durance (470 m^3/s à Sisteron, 1 000 m^3/s à Cadarache). Mi-janvier, des milliers d'hectares sont encore sous les eaux en région PACA.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen • 150 à 250 mm en 36 heures à partir du 6 janvier	• Bassin versant de la Durance	• Évacuation de la population, milliers d'hectares inondés, centaines d'habitations touchées par les eaux

a)

b)

c)

Figure 5-53. Crue de janvier 1994 : (a) Durance ; (b) torrent des Eaux Chaudes à Digne-les-Bains ; (c) Calavon-Coulon à Apt. Sources : (a) DDT 04 ; (b) ONF-RTM 04 ; (c) INA

Unité haut Rhône

Réseau hydrographique

L'UP « haut Rhône » couvre le secteur du bassin du Rhône situé en amont de la confluence de l'Ain, et concerne plus particulièrement les affluents du fleuve. Elle s'étend sur une superficie de 11 884 km². Le territoire est constitué d'un relief de plateaux et de faisceaux calcaires plissés spécifiques au massif jurassien ainsi que des plaines alluviales de l'Ain et du Rhône. Il est doté d'importants réseaux karstiques et des nappes alluviales de l'Ain et du Rhône. Il est partagé en son centre par le Rhône qui y parcours plus de 170 km depuis la frontière suisse et marque la frontière entre les massifs du Jura et des Alpes. Les éléments propres au fleuve sont abordés dans la partie consacrée à l'unité « axe du Rhône ».

Parmi les principaux affluents, on trouve ici, en rive droite, la Valserine, le Séran et l'Ain, et en rive gauche, la Dranse (qui se jette dans le lac Léman), l'Arve (qui draine les eaux du mont Blanc), les Usses, le Fier et le Guiers. Le lac du Bourget (considéré comme le plus grand lac naturel français) draine un bassin de 560 km² et se déverse dans le Rhône par le canal de Savières. Le cours de cet émissaire s'inverse lors des crues du fleuve de sorte que le lac participe à leur atténuation.

Notons que le territoire comporte six retenues hydrauliques significatives susceptibles d'avoir un impact sur la gestion des inondations. Elles ont toutes pour principale vocation la production hydroélectrique. Trois sont situées sur le Rhône, trois autres sont implantés sur le bassin versant de l'Ain, dont la retenue de Vouglans.

Typologie des inondations

On rencontre ici principalement des inondations par débordement de cours d'eau. Leur genèse est liée aux précipitations (perturbations océaniques ou phénomènes orageux), avec souvent une influence nivale et de façon plus spécifique une débâcle glaciaire.

Les affluents jurassiens et alpins du Rhône ont un caractère torrentiel ou semi-torrentiel et réagissent promptement aux précipitations. Leurs crues se répercutent en quelques heures à peine sur les débits du fleuve. Les apports, parfois très importants (Arve, Fier, Ain), sont néanmoins tempérés par de larges zones naturelles d'écrêtement : plaines de Chautagne et Lavours, lac du Bourget, plaines de Brangues-Le Bouchage et, en aval de la confluence de l'Ain, la plaine de Miribel-Jonage.

Enfin, le débordement fluvial peut être accompagné d'autres types particuliers et très localisés de phénomènes : les inondations par ruissellement – particulièrement dommageables en zones urbaines ou périurbaines, mais parfois aussi à l'origine de coulées boueuses en milieu rural – et les inondations lacustres (lac du Bourget à Aix-les-Bains, lac d'Annecy). Parallèlement, l'urbanisation et l'afflux touristique contribuent à accroître les enjeux exposés.

Inondations remarquables

Sept événements ont été sélectionnés **(fig. 5-54)** et permettent d'illustrer principalement les crues océaniques avec influence nivale (crue de l'Arve en octobre 1859,

crues de l'Ain, l'Arve et le Fier en décembre 1918-janvier 1919, crues de l'Ain en février 1957 et février 1990), mais aussi des inondations avec fort transport solide (laves torrentielles en novembre 1895 et décembre 1918-janvier 1919, et orage sur le Grand-Bornand de juillet 1987) ou par rupture de poche d'eau glaciaire (glacier de Tête Rousse en juillet 1892).

Deux crues nivales majeures de l'Arve au XIXe siècle : octobre 1859 et novembre 1895

La crue d'octobre 1859

La crue est due à trois jours de pluies accompagnées d'un fort vent d'ouest provoquant la fonte d'une grande partie du manteau neigeux. L'Arve déborde de Sallanches à Bonneville, causant d'importants dégâts. À Bonneville, le faubourg des Places est inondé de même que la plaine de Crève-Cœur et toute la vallée jusqu'à Cluses. Le haut Fier est ravagé par les eaux. La route en construction de Thônes à Serraval est coupée en plusieurs points, celle d'Annecy à Thônes est impraticable aux voitures.

La crue de novembre 1895

L'automne 1895 est particulièrement humide, avec, en octobre, 143 mm à Bonneville (en 11 jours) et 112 mm à Annemasse (en 7 jours), puis, en novembre, 143 mm à Bonneville (en 12 jours) et 141 mm à Annemasse (en 10 jours). L'Arve connaît une crue très importante le 13 novembre, avec un niveau de 2,97 m au pont de Bonneville. Le 14, l'Ain est à 3,03 m à Pont-d'Ain et 4,10 m à Chazey.

De nombreux affluents torrentiels, dont l'Englennaz (rive droite de l'Arve), sont en crue à la fois suite aux précipitations et à la fonte des neiges. Ils déposent une quantité considérable de sédiments dans la plaine sur une étendue de plus de 30 hectares, contribuant à l'inondation de la vallée. Le débordement de l'Arve endommage ou détruit différents ouvrages de la route nationale n° 202. Les réparations s'élèvent à 11 500 francs-or. La crue cause également des dommages au chemin de grande communication n° 11, de Chamonix au Valais. La dépense pour remettre cette voie en état s'élève à 4 490 francs-or. Le village du Tourchet est affecté par une importante lave torrentielle (30 m de large et 10 m de hauteur). L'Arve emporte la digue rive droite en aval de Saint-Martin-sur-Arve et divague dans la plaine jusqu'à Luzier. À Bonneville, le faubourg de la Liberté est inondé et les habitants ont juste le temps d'évacuer leurs bestiaux. La plaine de Pontchy, de Sallanches et de Magland est submergée. En aval, l'usine électrique d'Arthaz est détruite par le courant. À Morillon et à Samoëns, le Giffre déborde. Sous Taninges, il affouille une digue en construction à Jutteninges. Le 12 novembre, le Fier détruit deux hectares de bois à Meythet.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• 1859 : régime océanique avec influence nivale • 1895 **:** régime océanique avec influence nivale et transport de sédiments	• Les vallées de l'Ain, de l'Arve, du Giffre et du Fier	• Dégâts matériels

Rupture du glacier de Tête Rousse le 12 juillet 1892

Le 12 juillet 1892, la vallée de Montjoie sur Saint-Gervais-les-Bains est ravagée par une crue du Bon Nant, suite à la rupture de la paroi frontale du glacier de Tête-Rousse (fig. 5-55) situé à 3 150 m d'altitude. Une masse d'eau et de glace pulvérisée estimée à 200 000 mètres cubes dévale la pente. Très rapidement, la lave torrentielle, mélange de glace, d'eau, de terre, de roches, de végétaux atteint un volume d'un million de mètres cubes.

Figure 5-55. Front du glacier de Tête-Rousse après la catastrophe de juillet 1892. Source : RTM 74

Tout est rasé sur son passage (fig. 5-56). 11 maisons du hameau de Bionnay sont emportées, faisant trois victimes. La coulée poursuit sa route plus en aval vers Saint-Gervais. Elle détruit le vieux pont romain, monte à 30 m de haut sous l'arche du nouveau pont du Diable, puis s'engouffre dans la gorge des Bains. À peine dix minutes après la rupture, l'établissement thermal de Saint-Gervais est balayé par la lave, anéantissant six bâtiments sur huit, enterrant à demi les autres sous les débris et causant la mort de 130 personnes. La lave franchit le pont du Fayet à la hauteur de l'usine électrique puis s'étale dans la plaine sur 75 hectares, après avoir démoli huit maisons et tué encore 12 personnes. Les dégâts sont considérables. Le bilan humain est catastrophique. Le nombre de morts et disparus est estimé entre 175 et 200.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Inondation causée par la rupture d'une poche d'eau du glacier de Tête Rousse	• La vallée du Bon Nant est submergée	• Au moins 175 victimes et des dégâts matériels considérables

a)

b)

Figure 5-56. Catastrophe de juillet 1892 : (a) les thermes de Saint-Gervais ; (b) le hameau du Bionnay. Source : RTM74

Crue nivale de l'Ain, de l'Arve et du Fier en décembre 1918 et janvier 1919

L'hiver 1918-1919 est caractérisé par des précipitations abondantes et par un fort enneigement. Du 22 au 24 décembre des pluies océaniques provoquent une première crue du Rhône supérieur et de ses affluents. Le 31 décembre, à la suite d'une nouvelle averse océanique, une deuxième onde de crue se développe. En matière de précipitations, on enregistre en décembre 321 mm à Chambéry (Savoie) contre 102 mm en moyenne, 192 mm à Bourg-Saint-Maurice (Savoie) contre 74 mm en moyenne. Les pluies se répartissent exclusivement au cours des deux dernières décades, avec notamment 40 mm le 24 à Bourg-Saint-Maurice, 82 mm le 28 à Chambéry, et durant toute la semaine de Noël une alternance de pluie et neige sur toute la Savoie.

L'ensemble des affluents torrentiels des cours d'eau principaux est en crue avec formation de laves torrentielles dans la basse vallée. L'Arve à Bonneville s'élève à 2,72 m, le Fier croît de plus de 30 m dans les gorges de Lovagny. Le lac d'Annecy déborde (cote de 1,58 m contre 3,10 m lors de la plus grosse connue en février 1711), ainsi que le lac du Bourget brusquement envahi par les flots du Rhône. Dans le même temps, l'Ain, démesurément grossi par l'ensemble de ses affluents connaît une crue exceptionnelle. Tous les records antérieurs sont dépassés. Le 24 décembre 1918, il atteint 8 m à Thoirette (7 m en octobre 1841, 6,95 m en janvier 1910), 3,85 m pour un débit de 2 000 m³/s à Pont-d'Ain (3,75 m en mars 1896) et 5,70 m pour un débit de 2 410 m³/s à Chazey (5,35 m en 1896).

Les dégâts sont très nombreux à Chiriac près d'Albertville et au Gargot à Saint-Pierre-d'Albigny, où les laves torrentielles endommagent gravement les prairies, les blés et le vignoble. L'Albanne, dans la plaine de la Madeleine, en amont de Chambéry, recouvre le ballast de la ligne de chemin de fer Chambéry-Modane. La Leysse détruit ses digues en aval du confluent de l'Hyères et occasionne d'importants dommages.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Précipitations abondantes et fonte des neiges • Laves torrentielles	• La vallée de l'Ain, de l'Arve et du Fier	• Les blés, les prairies et le vignoble sont endommagés par des laves torrentielles

Crue nivale de février 1957 sur le bassin l'Ain

Les précipitations ont été particulièrement importantes en ce mois de février 1957. On relève sur le bassin de l'Ain des cumuls mensuels deux fois supérieurs à la moyenne climatologique. Les averses très abondantes des 23 et 24 février sont associées à la fonte des neiges sur le massif du Jura.

Les écoulements génèrent l'une des plus fortes crues connues sur l'Ain au XX^{e} siècle. Le débit est estimé à 2 300 m³/s au pont de Chazey, pour une période de retour comprise entre 50 et 100 ans. L'Albarine, principal affluent rive droite, connaît un événement spectaculaire. La RN 504 est coupée à Saint-Rambert-en-Bugey. Sur l'Ain, la situation est inquiétante. La rivière sort de son lit et submerge subitement la plaine entre

Saint-Jean-le-Vieux, Ambronay et Pont-d'Ain. Au pont de Neuville-sur-Ain, les vagues atteignent jusqu'à quatre mètres de hauteur. Le bourg de Pont-d'Ain est submergé.

Les dégâts sont énormes. 250 bêtes sont prisonnières dans les bâtiments d'une porcherie où l'eau atteint 40 cm. Le hameau de Blanchon est totalement isolé, l'eau atteint un mètre dans certaines maisons. La situation est la même entre Pont-d'Ain et Saint-Jean-le-Vieux, où plusieurs fermes se retrouvent coupées de toute communication. La RN 84 est coupée entre Villette et Priay au lieu-dit Sous-Roche, où la chaussée est submergée par 80 cm d'eau. Même situation entre Mollon et Villieu où elle est submergée par plus d'un mètre d'eau. Entre Villieu et Mollon, l'Albarine coupe également la route. Au barrage d'Allement, en voie de construction, la crue cause de nombreuses perturbations. Les mesures de sécurité sont prises à temps et permettent d'éviter le pire. Dans l'ensemble, les dégâts les plus importants se situent à Pont-d'Ain où de nombreuses maisons ont leurs sous-sols, garages et caves totalement inondés, détériorant le matériel et les marchandises entreposés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • 24 heures de pluie et fonte des neiges • Crue la plus forte connue sur l'Ain avec un débit de 2 300 m³/s au pont de Chazey	• La vallée de l'Ain et de l'Albarine	• Inondations de plusieurs communes, coupure de voies de communication

Lave torrentielle du Borne le 14 juillet 1987

Le 14 juillet 1987, un violent orage accompagné de grêle et de précipitations intenses s'abat sur la montagne au-dessus du Grand-Bornand. Tous les torrents entrent en crue et descendent en cascades, chargés de nombreux débris jusqu'au Chinaillon. À 17 h 30, un nouvel orage éclate sur la chaîne des Aravis. Des précipitations abondantes et continues, accompagnées de grêle, déferlent sur le bassin du Borne. Selon les secteurs l'orage dure de 1 h 30 à 3 heures. On relève 93,2 mm de précipitations en 3 heures à la station de Pont-de-Venay (Haute-Savoie) avec une intensité particulièrement forte durant la première heure. Les périodes de retour des pluies varient de 7 à 200 ans selon que l'on considère les cumuls sur 24 heures ou sur 2 heures. On soulignera l'importante saturation des sols due à une pluviométrie soutenue depuis le mois de mai. En juin, les cumuls ont atteint 400,7 mm pour une moyenne climatologique de 155,8 mm. Au total, du 1er mai au 14 juillet, on enregistre quelque 757,9 mm de pluie, soit approximativement le double de la moyenne saisonnière (382 mm).

Ces pluies intenses provoquent d'importants ruissellements (ravines, caniveaux bouchés), et de nombreux débordements de torrents associés à une très forte érosion des berges et un important transport solide. Les crues du Borne et du Chinaillon sont concomitantes. Sur ce dernier, le pont de Suize est totalement obstrué et provoque un débordement en rive droite. Les eaux du Borne enflent également très rapidement, la

forte pente accentuant encore le phénomène de crue torrentielle. Le débit maximum transité est évalué entre 150 et 200 m³/s, soit une période de retour comprise entre 170 et 250 ans.

Le Borne sort de son lit et submerge le camping du Grand-Bornand sous une vague boueuse d'un mètre environ. Le bilan humain est très lourd : 21 morts et 2 disparus. Matériellement, les dégâts sont considérables mais à des degrés toutefois différents selon les secteurs. Les chaussées, les ouvrages publics du département de Haute-Savoie sont fortement impactés : un pont et 700 m de route sont détruits. De même, sur la commune du Grand-Bornand, une bonne partie des infrastructures sont endommagées (routes, ponts, terrains de tennis). Certains vacanciers ont tout perdu (caravane, voiture, bagages). Les dégâts sont estimés à plusieurs millions de francs. La commune est déclarée en état de catastrophe naturelle.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage, avec formation d'une lave torrentielle	• La vallée du Borne	• 21 morts et 2 disparus, dégâts estimés à plusieurs millions de francs

Crue nivale de février 1990 sur l'Ain et les principaux affluents du haut Rhône

La crue océanique de février 1990 touche principalement le haut Rhône. Les montagnes ont reçu les jours précédents un important manteau neigeux, à partir de 400 m d'altitude. Dès le 13 février de très importantes précipitations, associées à un vent du sud-ouest soutenu et à un brusque redoux, surviennent. Sur le Jura et les Préalpes les cumuls **(fig. 5-57)** dépassent les 200 mm en trois jours avec des périodes de retour exceptionnelles sur l'Arve (pluie centennale : 140 mm en deux jours, 227 mm en sept jours), le Fier (pluie centennale : 127 mm en deux jours, 203 mm en sept jours), l'Ain (pluie centennale : 134 mm en deux jours, 200 mm en sept jours).

Les crues sont décennales sur l'Arve (438 m³/s) et le Fier (700 m³/s) et presque centennale sur l'Ain (1 540 m³/s). On relève 5,48 m à Chazey pour un débit estimé à 1 910 m³/s. Le barrage de Vouglans écrête une bonne partie des apports du haut bassin, ramenant le débit du Rhône à Lyon à 3 230 m³/s, valeur légèrement supérieure à la crue décennale. En revanche, les affluents en aval de Vouglans (Bienne, Albarine) connaissent des crues très importantes. En rive gauche du Rhône, le Guiers connaît également l'une de ses plus grosses crues. Dans le secteur de Chambéry, la Leysse et l'Albanne ont des crues de périodes de retour respectivement de 30 ans et 15 ans. Avec le Rhône, elles contribuent à la crue et au débordement du lac du Bourget (fig. 5-58), + 2,50 m au Bourget-du-Lac. De son côté, le niveau du lac d'Annecy croît en deux jours de plus de 1,50 m. L'eau envahit les quais de la Tournette au Pâquier. Plus au nord, la Dranse connaît un phénomène moins remarquable, avec un débit de 330 m³/s à Vongy contre 430 m³/s en septembre 1968 (période de retour de 35 à 40 ans).

a)

b)

Figure 5-58. Inondation de février 1990 : (a) Crue du lac à l'esplanade d'Aix-les-Bains ; (b) Crue du Sierroz. Source : PPRI Aix-les-Bains, DDT73

En matière de dégâts, quelques caves et rez-de-chaussée sont inondés ainsi que le réseau routier secondaire. En Haute-Savoie, deux ponts sont emportés, plusieurs petites routes sont ravagées et de nombreuses habitations endommagées. À Saint-Rambert-en-Bugey (01), la vallée de l'Albarine est partiellement inondée. En Chautagne, la montée du lac du Bourget intercepte les routes. Outre les débordements, les importantes précipitations sont à l'origine de nombreux glissements de terrain. Le CD 991 s'effondre à hauteur de Motz. Les routes menant aux stations de sport d'hiver sont coupées à la fois par les avalanches et les coulées boueuses. En plaine, plusieurs zones industrielles situées à proximité de cours d'eau ou de lacs sont impactées ainsi que des habitations.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Fortes chutes de neige avec pluviométrie exceptionnelle et redoux	• La vallée de l'Ain et ses affluents	• Dégâts matériels • Le haut Rhône est déclaré comme sinistré

Unité Isère

Réseau hydrographique

L'unité de présentation « Isère » couvre une superficie de 15 471 km². Elle intègre le bassin versant de l'Isère ainsi que l'ensemble des affluents rive gauche du Rhône, jusqu'à la plaine de Donzère-Mondragon.

Depuis sa source à 2 990 m d'altitude, à la frontière des Alpes italiennes, jusqu'à sa confluence avec le Rhône entre Tournon et Valence, l'Isère parcourt 290 km. Elle s'écoule à la manière d'un torrent dans la vallée de la Tarentaise, passe par Bourg-Saint-Maurice et Moutiers où elle reçoit les eaux du Doron, se grossit de l'Arly, et s'introduit dans le Sillon Alpin avant de recueillir l'Arc dans la Combe de Savoie. Au-delà de la vallée du Grésivaudan, elle reçoit le Drac au niveau de l'agglomération grenobloise. Elle sort ensuite des Alpes par la cluse de Voreppe et longe le massif du Vercors jusqu'à la vallée du Rhône. En amont de la confluence avec le Drac, le territoire est constitué à la fois d'espaces montagneux avec de hauts-reliefs, et de plaines alluviales largement ouvertes, comme la Combe de Savoie et la vallée du Grésivaudan. L'hydrologie est avant tout marquée ici par des cours d'eau à forte pente avec une influence nivale importante.

L'ensemble des affluents en rive gauche du Rhône, au sud jusqu'à la plaine de Donzère-Mondragon, est constitué principalement de basses vallées alluviales et de nombreux aquifères diversifiés (molasse, karst, alluvions). On trouve ici, le bassin versant de la Drôme, ceux de la Véore et de la Barberolle à l'est de Valence, du Roubion et du Jabron à l'est de Montélimar. Tous récupèrent les eaux du Vercors et du Diois avant de rejoindre la vallée du Rhône.

Typologie des inondations

Les conditions naturelles sont à l'origine du régime hydrologique pluvio-nival spécifique de l'Isère. Les crues de la plaine iséroise se forment essentiellement en juin, lors de la fonte du manteau neigeux, et en automne lors des fortes pluies provoquées par les fronts pluvieux océaniques d'ouest. La concomitance de ces deux phénomènes, associés à des épisodes de redoux marqués, peut aboutir à des crues catastrophiques, comme en novembre 1859. Les inondations de plaine sont également fortement influencées par l'activité des affluents torrentiels qui, à l'occasion de remontées d'air méditerranéen (bassin du Drac), de retours d'est (Arc de Maurienne) ou d'orages, peuvent générer des crues très violentes caractérisées par un important transport solide.

Inondations remarquables

Six événements remarquables ont été retenus **(fig. 5-59)** et couvrent les différentes typologies d'inondation : crue océanique avec fonte nivale (novembre 1859), crues avec influence méditerranéenne et fonte nivale (novembre 1843 et juin 1957), crues d'orage avec laves torrentielles (juin 1827, septembre 1940 et juin 2002).

Lave torrentielle du torrent de Goncelin le 14 juin 1827

Le torrent de Goncelin est un affluent rive gauche de l'Isère entre Grenoble et Chambéry. Malgré la faible superficie de son bassin versant (4,1 km²), ses fortes pentes et sa forte capacité érosive sont à l'origine de crues particulièrement dévastatrices avec formation de laves.

Le 14 juin 1827, entre 18 heures et 20 heures, un violent orage génère d'intenses précipitations sur la montagne des Souliers dominant le territoire de Goncelin. Un décrochement (glissement de terrain ou éboulement) dans le ravin de Sollières amorce alors un phénomène de lave torrentielle d'environ 50 000 mètres cubes. Sa période de retour est estimée supérieure à 100 ans. Rochers et arbres sont entraînés vers le bourg de Goncelin installé en contrebas sur le cône de déjection du torrent : 47 maisons sont emportées et 94 autres sont dégradées. Le lit du torrent est comblé sur 20 pieds de hauteur (plus de 6 m). En certains endroits, les matériaux atteignent le premier étage des maisons. La route est endommagée et toute communication interrompue. « Les récoltes sont dévastées, les terres couvertes de décombres et de pierres. » Plus de 100 têtes de bétail périssent ensevelies. Outre Goncelin, d'autres communes sont partiellement touchées par les intempéries : Saint-Pierre-d'Allevard (deux moulins emportés), Le Cheylas, Morêtel-de-Mailles.

On dénombre au total 27 morts et entre 50 à 60 personnes disparues.

Le torrent connaît un nouvel épisode torrentiel le 22 décembre 1827. Bien que de moindre intensité, l'encombrement du lit le fait de nouveau déborder dans la rue principale. Les maisons sont envahies de matériaux et de vase, les stocks sont perdus. Une personne est emportée par les flots.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage violent avec formation d'une lave torrentielle	• Commune de Goncelin	• 27 morts et 50 à 60 disparus, nombreuses maisons emportées ou dégradées, récoltes ravagées, routes coupées

Crue nivale du Drac les 1er et 2 novembre 1843

Le bassin du Drac est sous la triple influence de perturbations d'origine océanique, de remontées d'air méditerranéen à l'origine d'averses intenses, et des apports saisonniers de la fusion nivale. Son principal affluent, la Romanche, est plus particulièrement sensible aux deux dernières (massif des Ecrins).

La crue de novembre 1843 est spécifiquement du type méditerranéen extensif. Elle se distingue en cela de la crue de mai 1856 où les influences océaniques et méditerranéennes se sont conjuguées. Le 1er novembre 1843, les eaux du Drac sont gonflées par des pluies très intenses dans un flux d'air chaud sud-est qui contribue à la fonte rapide du manteau neigeux. Les données hydrométéorologiques disponibles restent toutefois très partielles. Le débit du Drac à Fontaine le 1er novembre est estimé à 1 710 m³/s (Pardé, 1925).

Dans la nuit, les eaux submergent, sur 1,50 m de hauteur, la digue barrant l'entrée sud de la plaine de Grenoble (digue Marcelline). La digue du Pont-de-Claix est emportée sur 150 m. Une brèche et des débordements se forment également plus en aval dans le secteur du Petit Séminaire. Une bonne partie de la plaine en rive droite du Drac est sous les eaux (0,60 m sur 1 500 m de large selon le témoignage de l'ingénieur E. Gueymard). La commune d'Échirolles se retrouve complètement inondée. Les écoulements suivent le parcours d'anciens lits et s'étendent jusqu'au quartier de la Galochère, pour rejoindre l'Isère un peu en amont de Grenoble. Les terres agricoles et la route du pont de fer subissent d'importants dégâts. En aval de la confluence, les débits cumulés du Drac et de l'Isère atteignent 2 600 m³/s. Tout le secteur entre Grenoble et Voreppe est plus particulièrement affecté : terres engravées, routes détruites, digues ensevelies.

Sur les parties amont du bassin, les pluies intenses, observées durant près de 36 heures, génèrent des crues sur les multiples affluents torrentiels du Drac, en particulier dans les plaines de Bourg-d'Oisans et de Vizille, où la Romanche cause d'importants dégâts aux infrastructures et aux terres agricoles.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen extensif avec influence nivale • Précipitations intenses, forte fusion nivale provoquée par un vent chaud de sud-est	• Plaine de Grenoble en rive droite, entre Le Pont-de-Claix et la confluence avec l'Isère • Vallée de la Romanche, en particulier la plaine de Bourg-d'Oisans	• Dégâts aux propriétés riveraines, terres engravées, routes détruites, digues ensevelies sur le secteur Grenoble-Voreppe

Crue nivale de l'Isère les 1er et 2 novembre 1859

Entre le 26 et le 31 octobre 1859, le bassin de l'Isère reçoit des précipitations océaniques peu importantes mais continues sur plusieurs jours. Les 31 octobre et 1er novembre des averses plus intenses associées à un redoux subit (19 °C à Grenoble, isotherme 0 °C à 3 000 m environ), porté par un vent du sud soutenu, entraînent la fonte rapide du manteau neigeux tombé les jours précédents au-dessus de 800 m sur les massifs de Savoie et du Dauphiné (1,50 m d'épaisseur au-dessus de 1 500 m).

Dans la nuit du 1er au 2 novembre, l'Isère déborde violemment tout le long de son cours. À Moutiers, elle éventre deux digues et envahit plusieurs maisons en s'élevant parfois jusqu'au premier étage. Dans la combe de Savoie, le pont Albertin est emporté, la route de Grésy-sur-Isère à Aiton est coupée et les eaux recouvrent les champs sur

plus de 16 km. À l'amont de Grenoble, de nombreuses digues érigées par les riverains sont rompues et emportées. Les courants ravagent les terres agricoles et engravent les terrains. La vallée du Grésivaudan est submergée sur plus de 80 km. L'évacuation des eaux prendra plusieurs jours, voire plusieurs semaines dans les points bas.

Figure 5-60. Grenoble : place Sainte-Claire sous les eaux, le 3 novembre 1859. Source : Pilot JJA, *Grenoble inondé*, Mainsonville et Jourdan, 1859 ; dessin de D. Raoult

À Grenoble même, le 2 au matin, l'Isère atteint la cote 5,40 m à l'échelle du pont de pierre. Tout le territoire en dehors des enceintes est recouvert jusqu'aux abords de la gare. En ville, l'eau « sortait de tous côtés par le sol, par les canaux et les égouts ». La ville est inondée à la fois par les débordements directs du lit et par les écoulements provenant de l'amont. Les hauteurs d'eau atteignent et dépassent le mètre dans plusieurs quartiers (fig. 5-60) : 1,32 m place Vaucanson, 1,44 m rue Montorge et jusqu'à 1,80 m au cimetière. Les caves et rez-de-chaussée sont inondés et les pertes de marchandises sont considérables. Des radeaux sont construits à la hâte par les habitants. Les courants sont puissants le long des remparts, à l'intérieur de la ville où les déplacements sont difficiles, voitures et chevaux sont emportés. Plusieurs immeubles situés à proximité de l'Isère s'effondrent (fig. 5-61).

Les fortifications connaissent d'importants affouillements et la plupart des canalisations sont détruites. En dehors des remparts, le quartier de L'Île-Verte est submergé sous plusieurs mètres d'eau. En aval de Grenoble, toutes les digues sont rompues et la rivière se trace un nouveau lit jusqu'à Voreppe. Le chemin de fer est submergé à Saint-Égrève. La forte mobilisation des habitants et de l'armée sur les ouvrages permet d'éviter le pire.

Le 2 novembre au soir, le niveau des eaux de l'Isère à Grenoble atteint son maximum : 5,45 m au-dessus de l'étiage. Les hauteurs d'eau resteront importantes le 3 novembre : 4 m à 8 heures et 3 m à 20 heures. Le débit de pointe de l'Isère est estimé à 800 m^3/s à l'amont de la confluence avec l'Arc, 1 890 m^3/s au pont de la Gâche à Pontcharra (pour une hauteur de 4,70 m) et 1 800 m^3/s à Grenoble.

Figure 5-61. Grenoble : les quais de l'Isère et le jardin de la ville lors de l'inondation du 2 novembre 1859. Source : archives départementales de l'Isère, cote 7Fi371

Au total, 38 communes sont sinistrées, huit décès sont à déplorer et les dégâts aux infrastructures sont estimés, à l'époque, à 620 000 francs-or, dont 116 000 francs pour Grenoble. Cet événement restera la crue de référence sur l'Isère (période de retour estimée à 200 ans). De lourdes dépenses sont engagées au cours des années 1860, notamment en Combe de Savoie, en Grésivaudan et au passage de Grenoble, pour consolider, aligner ou exhausser les digues.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Précipitations océaniques peu intenses mais continues sur plusieurs jours • Redoux le 1er novembre, pluies intenses et fonte brutale du manteau neigeux	• Grenoble. Vallée du Grésivaudan, de Pontcharra à Moirans	• 8 morts, terres agricoles ravagées, ruptures de nombreuses digues • Grenoble sous les eaux, effondrement de maisons

Crue nivale de l'Isère les 15 et 16 septembre 1940

Une pluie océanique, amenée par des vents d'ouest à sud-ouest, touche le bassin de l'Isère les 14 et 15 septembre 1940. Les cumuls sont importants au nord, sur les Préalpes et sur les massifs centraux occidentaux. L'événement échappe cependant à la répartition d'une pluie océanique « classique » :

« À partir du haut Bréda, la bande très arrosée abandonne le flanc occidental de Belledonne, elle s'engage par-derrière sur l'autre versant, annexe le bassin de l'Oisans et ses environs montagneux, et s'engage sur les montagnes de la Bonne où elle se termine. » (Pardé, 1941)

Les précipitations atteignent, sur une trentaine d'heures, 140 mm en Combe de Savoie et 147 mm à Bourg-d'Oisans. Ces cumuls importants sur des zones habituellement épargnées par ce type de phénomène sont à attribuer à des conditions

localement orageuses liées à un fort gradient thermique. On note également les intensités maximales durant les six dernières heures du phénomène, le 15 au matin, provoquant de forts ruissellements et une importante fusion nivale sur les bassins versants en altitude.

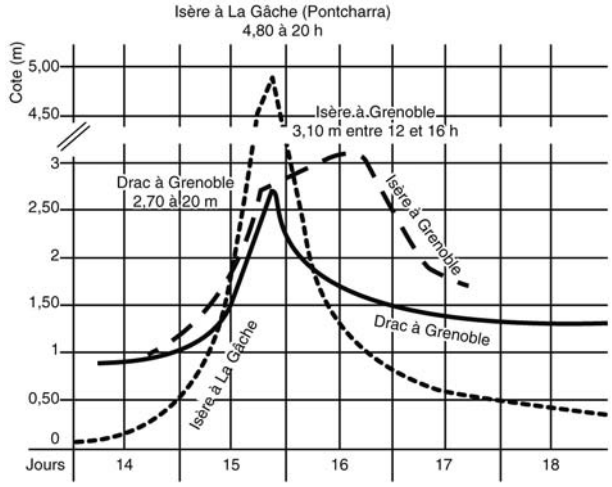


Figure 5-62. Limnigrammes des crues de l'Isère et du Drac en septembre 1940.
Source : M. Pardé, 1941

Sur les rivières principales de la région grenobloise, la montée des eaux (fig. 5-62) n'a rien d'extraordinaire en comparaison avec les crues de juillet 1914, septembre 1928 ou la crue bicentennale de novembre 1859. Le Drac atteint, le 15 à 20 heures, une hauteur de 2,70 m à Grenoble, pour un débit estimé à 700 m³/s. Le débit de l'Isère à Grenoble atteint son maximum le 16, avec une hauteur à 3,10 m. Cependant, à l'aval du confluent Drac-Isère, « il semble hors de doute que les retenues artificielles ont préservé d'un désastre les campagnes alluviales du Chevalon, de Voreppe et de Noyarey » (Pardé, 1941). La Romanche connaît une crue importante qui atteint 2,60 m à Bourg-d'Oisans mais ne dépasse pas les niveaux de la crue de 1928 (3,20 m). Dans la haute Isère, les débits sont imposants mais pas excessifs.

La crue est cependant remarquable à Pontcharra, peu après le confluent du Bréda. On y relève 4,80 m au pont de la Gâche, contre 4,72 m en 1859. Cette hauteur très importante serait en partie due, selon M. Pardé, au remblaiement du lit depuis 1859. Les apports très importants de certains affluents, comme l'Arly ou le Bréda, expliquent également le débit de l'Isère, exceptionnel à Pontcharra.

Ainsi les crues les plus redoutables ont lieu sur certains bassins versants touchés par les averses orageuses. L'Eau d'Olle (affluent de la Romanche) déborde au Verney, après avoir surmonté la digue de 4 m de hauteur, et dépose une couche alluvionnaire de 2 m d'épaisseur à proximité de l'usine. Le cours d'eau prend l'allure d'une lave torrentielle, il charrie des arbres de 20 à 25 m, des rochers de plusieurs mètres cubes et apporte vraisemblablement plus de 250 m³/s à la confluence. Le haut Bréda connaît également une crue exceptionnelle. On relève 80 m³/s au pont de Rigaud. Les berges sont entamées en de nombreux endroits, plusieurs routes sont endom-

magées et plusieurs ponts sont emportés. Le barrage du Bout-du-Monde à l'entrée des gorges d'Allevard est démoli et la place principale de Pontcharra est envahie par les eaux. Sur l'Arly et le Doron de Beaufort, la crue est également importante et ses répercussions sont sévères : routes coupées ou emportées, quelques immeubles arrachés, usine de Queige envahie.

Dans la plaine du Grésivaudan, l'Isère déborde entre Goncelin et Le Versoud sur une vingtaine de kilomètres. Toutes les digues en amont de Brignoud cèdent et l'ensemble de la plaine entre Tencin et Brignoud est largement inondée, formant un lac de 14 km² : toutes les routes sont coupées, la voie ferrée et plusieurs usines sont endommagées. Quelques débordements moindres surviennent en amont du confluent avec l'Arc. L'extrême rapidité de la montée des eaux et de la décrue a largement contribué à l'écrêtement de l'onde de crue à l'aval : alors qu'il dépasse 1 500 mètres cubes à Pontcharra (La-Gâche) pour une hauteur de 4,90 m, le débit n'est plus que de 950 m³/s à Grenoble. D'autre part, les petits affluents de Chartreuse et de Belledonne au sud du Bréda semblent avoir très peu donné, en comparaison avec la crue de 1859.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale et orage	• Plaine du Grésivaudan entre Pontcharra et Brignoud • Débordements le long de certains affluents de la moyenne Isère	• Ruptures de digues, routes coupées, cultures inondées • Ponts et routes emportées par les affluents torrentiels

Crue nivale de l'Arc de Maurienne le 14 juin 1957

Début juin 1957, un refroidissement de l'atmosphère vient stopper la fonte habituelle du manteau neigeux. Le 13, un flux d'air chaud provoque un redoux et une fusion rapide du stock neigeux. Les hauts massifs de Maurienne sont bientôt touchés par des pluies diluviennes liées à des perturbations d'origine méditerranéenne, par retour d'est les 13 et 14, et du sud le 15, couplées à des phénomènes orageux. L'épicentre des pluies se situe sur le haut bassin, avec plus de 300 mm sur la crête frontalière. Le 13, Bonneval et Avérole reçoivent respectivement 159 et 204 mm. L'apport nival sur l'ensemble de l'événement correspondrait à 50 à 60 mm d'eau, soit 20 à 35 % de l'apport total (EDF/CHM).

L'Arc et ses affluents connaissent une montée brutale des eaux dans la nuit du 13 au 14 juin. La crue est estimée centennale sur le haut bassin (Lanslebourg), trentennale à Saint-Jean-de-Maurienne. Les débits de la rivière s'élèvent à 400 à 500 m³/s à Avrieux, 570 m³/s à Modane, 600 m³/s à La Saussaz et 600 à 700 m³/s au pont de la Madeleine.

La crue de l'Arc provoque la ruine de ponts, de routes et de la voie ferrée (fig. 5-63), ainsi que de nombreuses brèches dans les digues. Elle est à l'origine de débordements importants et de l'inondation de quartiers entiers. Dans le haut bassin, Bonneval est isolée et les terres sont ravagées. Des maisons sont emportées

à Bessans et Lanslevillard. L'hôtel International à Lanslebourg est englouti. À Modane, bloqué par les eaux de l'Arc, le torrent du Charmaix refoule dans les rues, provoque l'écroulement de plusieurs immeubles et fait sauter les canalisations. Aux Reisses, la digue de protection du village est détruite. 47 immeubles sont emportés par la crue et une trentaine d'autres éventrés. À la Saussaz, l'Arc coupe à la fois la N 6 et la voie ferrée. Fort heureusement, les barrages de l'Arc écrêtent une partie de la crue, limitant la catastrophe à la partie amont de la rivière. Les barrages de Tignes et de Bissorte ont respectivement stocké 12 et 23 millions de mètres cubes d'eau.

Figure 5-63. Voie ferrée aux Reisses lors de la catastrophe du 14 juin 1957.
Source : IRMa, www.railsavoie.fr

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec retour d'est, influence nivale et orage • Forte fusion nivale • Perturbations méditerranéennes et situations orageuses sur plusieurs jours	• Vallée de l'Arc de la Maurienne	• Habitations endommagées, une centaine de bâtiments emportés, plusieurs usines détruites • Routes, ponts et voies ferrées emportés • Récoltes ravagées

Orage du 6 juin 2002 sur le Vercors et la Chartreuse

Le 6 juin 2002, les massifs du Vercors et de la Chartreuse sont touchés par une cellule orageuse plusieurs heures durant. Ces précipitations soudaines surviennent après un mois de mai déjà particulièrement pluvieux. On relève, en 24 heures, 136 mm à Autrans et 130 mm à Saint-Pierre-de-Chartreuse. Ce sont les contreforts nord-ouest du massif de la Chartreuse qui connaissent les cumuls les plus importants, jusqu'à 200 mm déversés à Saint-Geoire-en-Valdaine, dont une grande partie en quelques heures seulement, sur des sols déjà largement saturés.

L'Ainan et ses affluents connaissent une crue brutale et inondent violemment les secteurs urbanisés et agricoles sur un grand nombre de communes aux alentours de Saint-Geoire-en-Valdaine. La crue de l'Ainan est estimée centennale, tandis que certains affluents connaissent des crues beaucoup plus rares. Des phénomènes de glissements de terrain et de ravinements viennent aggraver les inondations qui prennent la forme de « coulées de boue balayant tout sur leur passage ». Les berges et les lits des cours d'eau subissent en effet une érosion très importante favorisant le transport solide et la capacité de destruction de la crue. Les bouleversements dans la morphologie des lits sont considérables : les lits mineurs, jusqu'alors très étroits, passent en certains endroits de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de large durant l'événement.

La violence des eaux emporte ponts et routes. L'élargissement brutal des lits mineurs provoque des ravages sur les secteurs agricoles. De nombreux embâcles, mêlant sédiments grossiers et bois morts sur parfois plus d'un mètre d'épaisseur, s'accumulent et ravagent les ouvrages et les habitations ; le coût de leur seule extraction s'élève à plus de 500 000 euros. Les ruissellements creusent des ravines, parfois jusqu'à plusieurs mètres de profondeur et ce en dehors de tout axe de concentration des eaux. Une quinzaine de communes sont déclarées en état de catastrophe naturelle. On déplore le décès d'une personne.

La réhabilitation des cours d'eau coûtera plus de 5 millions d'euros et s'orientera vers une logique « d'adaptation de l'urbanisation » à l'aléa et de la non-urbanisation de certains secteurs plutôt que vers des travaux lourds de protection et d'endiguement.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Cellule orageuse sur le Vercors et la Chartreuse • Intensités maximales des précipitations sur la Valdaine (200 mm en 24 heures)	• Canton de Saint-Geoire-en-Valdaine	• 1 mort, habitations, ponts, routes ravagés, nombreux embâcles • Réhabilitation des cours d'eau estimée à 5 M€

Quelques éléments sur les crues remarquables de la Drôme

Drôme, Ouvèze ou Roubion génèrent des crues rapides à caractère torrentiel sur les têtes de bassins. Des événements récents nous rappellent combien ces cours d'eau peuvent être à l'origine de destructions notables (secteurs urbanisés de Saillans, Crest, Livron, Loriol) : janvier 1994, novembre 2002, ou décembre 2003. Lors de cette dernière crue, la Drôme débite près de 700 m³/s à Saillans (crue centennale : 950 m³/s). En dépit de son importance, elle reste toutefois bien en deçà des grands épisodes des XIXe et XXe siècles, sur lesquels les données restent très lacunaires à ce jour. On citera les événements dont les débits ont pu être estimés à Crest : septembre 1841 (920 m³/s), octobre-novembre 1840 et novembre 1935 (1 000 m³/s), 26 septembre 1842 (1 250 m³/s).

Unité littoral Provence-Alpes-Côte-d'Azur

Réseau hydrographique

L'UP « littoral Provence-Alpes-Côte-d'Azur » s'étend sur une superficie de 13 936 km^2 et sur une longueur d'environ 800 km. Elle est caractérisée par deux types de paysages distincts, le delta du Rhône d'une longueur d'environ 100 km et un littoral de nature principalement rocheuse entrecoupé de plages plus ou moins développées jusqu'à la frontière italienne. Le chevelu fluvial se compose d'une succession de fleuves côtiers au régime méditerranéen : Touloubre, Arc, Huveaune, Gapeau, Giscle, Argens, Nartuby, Siagne, Loup, Estéron, Var, Tinée, Vésubie, Paillon.

Typologie des inondations

Outre les conditions hydrométéorologiques propres aux régions méditerranéennes (systèmes d'averses méditerranéens intenses couplés ou non avec des circulations d'origine océanique), le territoire de l'UP « littoral PACA » présente des caractéristiques géographiques propres à accroître l'impact des phénomènes de crues. Elles peuvent être regroupées en quatre catégories principales :

– le relief : hormis une faible bande littorale qui accueille la très grande majorité des enjeux (populations, activités, infrastructures), le territoire est constitué d'un relief prononcé fait de collines et montagnes au sein desquels les cours d'eau prennent leurs sources ;

– les cours d'eau : hormis le Var, les fleuves côtiers ont en général une longueur réduite, des sections relativement étroites, des profils en long aux pentes souvent prononcées, le tout propice aux écoulements rapides et destructeurs ;

– la géologie : lors d'épisodes pluvieux prolongés ou intenses, elle favorise les phénomènes de glissements et d'éboulements. Ceux-ci accroissent les apports en matériaux des cours d'eau, peuvent générer des barrages naturels et, concomitamment aux crues, rendre le territoire plus vulnérable (cf. rupture des réseaux de communication) ;

– la vulnérabilité : la Côte d'Azur est la partie du littoral français la plus urbanisée. La croissance soutenue de la population au cours des quatre dernières décennies associée à une très dense occupation du sol a fortement contraint les lits des fleuves côtiers et les espaces naturels littoraux. La vulnérabilité du territoire face aux débordements des cours d'eau et ruissellements s'est donc accrue dans des proportions comparables. L'agglomération niçoise, coincée entre mer et montagnes, est un exemple particulièrement représentatif de cette situation. En l'espace d'un siècle (1868-1972) et au fil des projets urbains, le fleuve Paillon a été recouvert sur toute la traversée de la ville. Le retour de crues exceptionnelles comme celles survenues en 1886 ou 1940 aurait des conséquences graves dans la cité.

Au total, les inondations sont avant tout générées par les débordements de cours d'eau qui prennent alors souvent un caractère torrentiel, avec parfois localement des phénomènes de laves. Du fait des intenses précipitations, ces épisodes sont aussi associés à de forts ruissellements dont les conséquences sont aggravées en zone urbaine par l'imperméabilisation des sols. L'UP « littoral PACA » est par ailleurs exposée au phénomène de submersion marine, dont l'origine est avant tout liée aux grandes tempêtes.

Inondations remarquables

Sept événements ont été sélectionnés **(fig. 5-64)** parmi les nombreux épisodes repérés sur cette unité géographique. Mis à part la submersion marine de novembre 1982, il s'agit d'inondations rapides (crues de l'Huveaune et de l'Arc en janvier 1978, crue du Var en novembre 1994, crues de l'Argens et de la Nartuby en juin 2010), souvent associées à des glissements de terrain (novembre 1926) ou à des ruissellements urbains (à Marseille en septembre 2000). La rupture accidentelle du barrage de Malpasset en décembre 1959 est un événement à part.

Crues torrentielles et glissements de terrain de novembre 1926 sur le haut Var et la Vésubie

Au cours des mois d'octobre et novembre 1926, les hauts bassins versants des Alpes-Maritimes connaissent une période pluvieuse exceptionnelle avec plus de 2 000 mm en deux mois à Venanson, dont 1 662 mm entre le 21 octobre et le 21 novembre, qui correspondent à la moyenne annuelle. On relève également 885 mm à Beuil et 709 mm à Grasse. Aucun cumul aussi élevé n'a été enregistré dans la région depuis.

La réaction des torrents est exceptionnelle. La Vésubie endommage gravement le réseau routier.

La Roya, roulant un volume d'eau inconnu jusqu'ici, emporte la route sur une longueur de 27 m, entre Fontan et la frontière, interrompant toute relation avec l'Italie. Le Cians arrache en plusieurs points le mur de soutènement du chemin départemental dans les gorges inférieures. La Tinée mine la voie du tramway en amont de la Mescla. (Bénévent et Maury, 1927)

Le service des Ponts et Chaussées estime à 17,5 millions de francs la dépense nécessaire à la seule réparation des routes départementales et nationales.

Les glissements et éboulements associés aux crues causent les dommages les plus remarquables. Les sols et sous-sols saturés d'eau depuis plusieurs semaines, très instables, génèrent de nombreux mouvements de terrain localisés. Les phénomènes sont particulièrement importants en vallée de la Vésubie. Le haut bassin est isolé plusieurs semaines. Pas une route, pas un chemin n'est épargné. Des éboulements de grande ampleur surviennent entre le 21 et le 23 novembre à la Muselle, à Coaraze (vallée du Paillon) et dans le vallon de la Madone de Fenestre. Des paquets marneux s'éboulent dans la vallée du Cians. À Lantosque, les glissements entraînent des dégâts considérables sur plusieurs immeubles et sur l'usine électrique.

Le phénomène le plus remarquable a lieu le 24 novembre à Roquebillière où une partie du village est ensevelie. Sur les argiles et les placages morainiques argileux des pentes dominant le village, une loupe de 300 m de large sur 50 m de profondeur se décolle près de la commune de Belvédère et génère une coulée d'un kilomètre de long, large de 60 m, évoluant à la manière d'une lave torrentielle. Dix-neuf personnes trouvent la mort et 11 bâtiments, dont la mairie, sont détruits.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen • Pluviométrie exceptionnelle sur deux mois • Glissements de terrain	• Nombreux villages dans les vallées de la Vésubie, de la Tinée, du haut Var	• 19 morts lors du glissement de Roquebillière • Destruction des routes et de bâtiments

Rupture du barrage de Malpasset le 2 décembre 1959 et inondation de la plaine de Fréjus

Construit entre 1952 et 1954 dans la vallée du Reyran, une dizaine de kilomètres en amont de Fréjus, le barrage de Malpasset répond à l'époque au besoin crucial d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation de la région. De type voûte (largeur 250 m, hauteur 60 m), sa capacité de stockage est de 50 millions de mètres cubes.

Le mois de novembre 1959 est particulièrement pluvieux, avec 231 mm à Fréjus. Les fortes précipitations méditerranéennes de fin novembre-début décembre **(fig. 5-65)**, de l'ordre de 250 mm en 6 jours, provoquent, entre le 30 novembre et le 1er décembre, une crue très importante de l'Argens, avec un débit voisin de 1 820 m³/s à l'aval de sa confluence avec l'Endre. Elle est estimée légèrement inférieure à la centennale et s'avère être la plus forte crue survenue au cours du xxe siècle dans la basse plaine de l'Argens – bien inférieure à l'événement de juin 2010. Les pluies sont accompagnées d'une forte tempête méditerranéenne, avec des rafales de vents supérieures à 100 km/h sur Toulon et Fréjus.

Le niveau de la retenue du barrage de Malpasset s'élève très rapidement, plus de quatre mètres au cours des 24 heures précédant la rupture, alors que pour des raisons techniques et judiciaires les tests habituels de solidité n'ont pas encore été réalisés. Par ailleurs, la présence plus en aval du chantier de l'autoroute Marseille-Nice conduit à retarder la décision d'une vidange préventive. Le remplissage rapide augmente alors les phénomènes de pression sur les roches (gneiss) sous-jacentes, qui conduisent à désolidariser l'ancrage du barrage en rive gauche.

Le 2 décembre au soir, l'ouvrage cède libérant d'un coup un volume de 50 millions de mètres cubes d'eau qui dévalent la petite vallée du Reyran à une vitesse estimée à 10 m/s. Tout est emporté, 1 350 hectares de terres cultivées sont ravagés, les habitations riveraines rasées. La vague atteint en quelques minutes la plaine de Fréjus qu'elle submerge d'eau et de boue. Au total, on dénombre 423 victimes et environ 7 000 sinistrés. Routes, téléphone, électricité et eau sont coupés. La N7 et la voie ferrée sont détruites sur plusieurs centaines de mètres, de nombreuses terres agricoles et la base aérienne sont ravagées. Fréjus est sinistrée, isolée, et une couche de boue de 50 cm d'épaisseur recouvre une grande partie de la ville.

La prise de conscience engendrée par cette catastrophe entraînera la mise en place d'un Comité technique permanent des barrages (CPTB), ayant autorité sur l'étude et la critique de projets, ainsi que le contrôle de l'exécution des ouvrages.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Rupture d'ouvrage • Régime méditerranéen : près de 400 mm de pluie en 3 semaines • Remplissage et rupture d'un barrage artificiel	• Vallée du Reyran, plaine de Fréjus	• 423 morts, routes et voie ferrée emportées, terres agricoles ravagées

Crues de l'Huveaune et de l'Arc les 16 et 17 janvier 1978

Janvier 1978 reste un des mois de janvier les plus arrosés des dernières décennies. Du 11 au 17 janvier **(fig. 5-66)**, un épisode pluvieux important et continu touche la Provence. Les cumuls sur sept jours atteignent plus de 300 mm sur la partie est du département des Bouches-du-Rhône et plus de 200 mm sur le département du Var. Les plus fortes précipitations se produisent les 16 et 17 janvier, sur des sols déjà largement saturés. Durant ces deux jours, l'intensité des pluies reste modérée mais les cumuls atteignent tout de même 167 mm à Trets (haute vallée de l'Arc) et 180 mm à Roquefort-la-Bédoule (amont de l'Huveaune).

Le 16, l'Huveaune se transforme en un torrent boueux et déborde tout le long de son cours. D'importants secteurs du lit majeur se retrouvent sous les eaux, y compris en zone urbanisée : 180 hectares à La Penne-sur-Huveaune, 88 hectares à Aubagne, 250 hectares à Marseille. La banlieue est de la ville est sinistrée, plusieurs centaines de personnes sont évacuées dans la nuit. L'autoroute Marseille-Aubagne est coupée à la hauteur de La Pomme. Aux alentours d'Aix-en-Provence, un automobiliste est emporté par les eaux de l'Arc qui inonde une bonne partie de la campagne. Pélissanne est victime du débordement de la Touloubre avec coupure de la route d'Aix. Le Jarret, affluent de l'Huveaune, déborde à Plan-de-Cuques où plusieurs foyers sont évacués.

Les dégâts matériels sont conséquents : environ 8 000 véhicules de particuliers sont endommagés. Les pertes sont évaluées à 40 millions de francs pour Marseille, 30 millions pour Aubagne. Une aide de 6 millions de francs est apportée par les autorités aux sinistrés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen • Pluie continue sur 7 jours, atteignant 300 mm	• Marseille et banlieue est, Aubagne, La Penne-sur-Huveaune, autoroute Marseille-Aubagne	• Un mort, 40 MF de dégâts à Marseille et 30 MF à Aubagne

Tempête et submersions marines du 6 au 8 novembre 1982 sur le littoral camarguais

Dans la nuit du 6 au 7 novembre, le sud de la France est touché par une perturbation, liée au couplage d'une dépression centrée sur le golfe de Gascogne et d'un anticyclone en Europe centrale, dont les effets se font ressentir jusqu'au 8 novembre. La tempête est soudaine et particulièrement longue (36 heures). Durant une cinquantaine d'heures, les vents sont supérieurs à 75 km/h avec des pointes à 160 km/h. Des vagues d'une amplitude moyenne de huit mètres s'abattent sur les littoraux. L'élévation du niveau marin, la houle et le vent freinent alors le déversement, dans la Méditerranée, des crues fluviales générées par les très importantes précipitations continentales, notamment sur le Rhône.

Le village des Saintes-Maries-de-la-Mer est inondé et privé d'électricité pendant une journée. Les hauteurs d'eau dans les rues dépassent 70 cm et les dégâts aux habitations sont très importants. On mesure entre + 1 m et + 1,40 m d'eau dans les ports, dans les graus abrités (le grau de la Dent, le port de Bouc) et les étangs littoraux : + 1,25 m à Port-Camargue, + 1,35 m à La Grande-Motte et + 1,70 m à Palavas.

L'événement a provoqué un recul marqué des plages de Camargue, avec un déplacement du cordon littoral de 20 à 30 m par endroits, et la formation d'une brèche de plusieurs dizaines de mètres de large dans la partie centrale, fragilisant, du coup, cette partie de la côte.

Les dégâts matériels sont considérables sur les ouvrages de protection et les bâtiments d'exploitation salinière. Les salins d'Aigues-Mortes sont inondés sur 2 500 hectares par 23 millions de mètres cubes d'eau. Aucune victime n'est à déplorer en Camargue, alors que le passage de la tempête cause, par ailleurs, la mort de 15 personnes sur le territoire français.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen tempétueux avec submersion marine • Tempête sur 36 heures • Hauteur moyenne des vagues : 8 m	• Camargue	• Destruction des ouvrages de protection et du cordon dunaire en de nombreux endroits, fort recul des plages • Dégâts aux exploitations salinières

Crues des 4 et 5 novembre 1994 du Var et de ses affluents

Après avoir causé de nombreuses inondations sur les Cévennes et le Languedoc, et généré des débits remarquables sur le Rhône à Beaucaire, l'épisode méditerranéen du début novembre 1994 se décale vers l'est et affecte la région PACA (voir également plus haut le développement consacré aux crues survenues en Corse). Les cumuls sur deux jours (4 et 5 novembre, **fig. 5-67**) dans les Alpes-Maritimes dépassent les 200 mm sur plusieurs stations du haut Pays. L'automne 1994 figure parmi les plus arrosés des 50 dernières années dans le sud de la France, jusqu'à plus de 900 mm sur les reliefs des Alpes-Maritimes, 1 000 à 1 400 mm sur les Cévennes.

L'ensemble des cours d'eau entrent en crue avec des phénomènes aggravants de concomitance. Le Var réagit violemment, notamment dans sa basse vallée, fortement urbanisée. Sur le plan hydrologique, l'événement est remarquable sans être exceptionnel. À Entrevaux, environ 50 kilomètres en amont de Nice, la période de retour est estimée à 50 ans (540 m³/s). À l'amont du seuil n° 16, le débit atteint 2 300 m³/s (période de retour de 30 ans). Il est de 3 000 m³/s au seuil n° 3, pour une période de retour voisine de 50 ans. La rupture des seuils 2 et 3 provoque une mobilisation soudaine des importants volumes d'eau contenus derrières ces ouvrages, avec la formation d'un effet de vague. Le débit s'élève alors à 3 500 m³/s au droit des communes de Nice et Saint-Laurent-du-Var, soit une valeur proche de la crue centennale (3 620 m³/s). L'Estéron connaît une crue hors norme : 1 086 m³/s à la station du Broc correspondant à une période de retour de 300 ans. Le débit de la Tinée est de 733 m³/s au pont de la Lune à La Tour. L'importante végétation présente dans le lit du Var aggrave les conditions d'écoulement.

Les dégâts aux infrastructures sont considérables. Dans la moyenne vallée, l'activité érosive du cours d'eau cause une vingtaine de points de rupture sur la RN 202, alors que dans la vallée de la Tinée la départementale RD 2205 est fortement endommagée. La voie ferrée Nice-Digne est emportée à hauteur de Villars-sur-Var. L'autoroute A 8 est fermée dans l'après-midi du 5 novembre. On enregistre jusqu'à 1,50 m d'eau sur le tronçon Saint-Augustin - Saint-Isidore, de même qu'à l'aéroport international de Nice dont le trafic est arrêté plusieurs jours durant. Dans la ville même, le Centre administratif départemental, le quartier des Moulins, et ceux de l'Arenas et du Broc, sont sous les eaux. Le débordement se fait également en rive droite du Var, où on relève des déversements de 50 cm à Carros.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen ayant affecté les Cévennes et le Languedoc, puis le secteur de Nice • Précipitations de plus de 200 mm en 4 jours sur le haut Pays	• Nombreux quartiers de Nice, aéroport, Carros	• Dégâts importants sur les ouvrages fluviaux (seuils, digues), voies de communications coupées, aéroport immobilisé pendant plusieurs jours

Ruissellement urbain et inondation du centre-ville de Marseille le 19 septembre 2000

La topographie de la ville de Marseille l'expose naturellement aux phénomènes de ruissellement. Ceux-ci sont encore renforcés par l'extension de l'imperméabilisation des sols. L'épisode du 19 septembre 2000, comme celui du 1er décembre 2003, rappelle la forte vulnérabilité de la cité face à ces phénomènes brusques et localisés. Le 19 septembre en fin d'après-midi, un violent orage touche la ville de Marseille et ses environs. En quatre heures les cumuls de pluie **(fig. 5-68)** atteignent 200 mm – jusqu'à 212 mm à Néréides et 211 mm à Vauban – accompagnés ponctuellement de grêle.

Avec un temps de réponse de l'ordre d'une demi-heure, le ruissellement génère, dès 18 heures, une inondation éclair dans toutes les rues du centre-ville. L'eau dévale les pentes depuis les plateaux (40-50 m d'altitude) jusqu'à la Canebière et le Vieux-Port où, par endroits, le niveau de la mer atteint le sommet du quai.

Dans nombre de rues les riverains ont de l'eau jusqu'aux cuisses, les voitures sont emportées par les courants. Tous les commerces du centre sont inondés. Au sud de la ville, l'Huveaune et son affluent le Jarret, sortent soudainement de leur lit. On dénombre au total trois morts et plusieurs blessés, emportés par les courants ou accidentés dans leur automobile.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen avec un orage violent « en V » très localisé	• Marseille	• 3 morts, rues et rez-de-chaussée inondés

Crues des 15 et 16 juin 2010 sur les bassins de l'Argens et de la Nartuby

L'épisode des 15 et 16 juin 2010 est d'autant plus exceptionnel qu'il tranche avec la genèse habituelle des crues de l'Argens. Celles-ci sont en effet souvent associées à des épisodes pluvieux de plusieurs jours, en général au terme d'un hiver bien arrosé (événements de février 1994, janvier 1996). Le 15 juin 2010, une dépression d'altitude migre depuis le golfe de Gascogne vers les Pyrénées et génère un flux de sud chaud en direction des régions méditerranéennes. Au sol, l'action des vents d'est concentre les masses d'air chaud et humide sur le département du Var. Un système orageux s'installe alors durablement et génère d'importantes précipitations.

Les pluies débutent le 15 juin à 10 heures sur Hyères et Toulon, puis se décalent vers l'est. En six heures, le centre Var reçoit jusqu'à 200 mm de pluie (Comps-sur-Artuby) avec par moments des intensités allant jusqu'à 100 mm/h. Le ruissellement est intense et les cours d'eau des bassins de l'Argens et de la Nartuby réagissent de manière violente en quelques minutes. La Nartuby déborde à Rebouillon. Elle charrie des blocs de taille métrique provenant d'effondrements de versant dans les gorges. Les précipitations continuent jusqu'au 16 juin à 6 heures. Entre le 15 juin à 6 heures et le 16 juin à 6 heures, les cumuls **(fig. 5-69)** atteignent près de 400 mm aux Arcs-sur-Argens (dont 350 mm entre 9 heures et 21 heures), 460 mm à Lorgues (dont plus de 400 mm entre 9 heures et 21 heures), et 370 mm à Draguignan.

Le débit estimé de l'Argens dépasse les 2 400 m³/s à Roquebrune (bassin versant de 2 500 km²). La Nartuby est la principale responsable des inondations de la plaine de l'Argens jusqu'à Fréjus. Les témoins parlent d'un « mur d'eau déferlant dans le lit mineur ». Le transport solide est également très important.

Dans les rues de Draguignan (fig. 5-70), l'eau atteint par endroits plus de deux mètres. Sur certains axes d'écoulement, alors que les hauteurs restent inférieures à 50 cm, la vitesse et la puissance des eaux superficielles déplacent les véhicules. Le quartier de Maljournal est sinistré. Plus en aval, la plaine de l'Argens est sous les eaux. Dans le

golfe de Fréjus, la RN 98 est submergée et le cordon littoral est percé de nombreuses brèches. La voie ferrée entre les Arcs et Saint-Raphaël subit des dommages importants qui interrompent le trafic jusqu'au 18 juin. Les coupures d'électricité affectent près de 125 000 foyers et le fonctionnement du réseau d'eau potable. Au total, l'événement cause la mort de 23 personnes, la plupart piégées dans leur véhicule sur leur trajet de retour du travail. Le coût matériel des dégâts est estimé à plus d'un milliard d'euros. Les communes des cantons de Callas, Draguignan, Fayence, Fréjus, Le Luc, Lorgues, Besse et Cotignac sont reconnues en état de catastrophe naturelle le 21 juin.

Figure 5-70. Clos Jean-Aicard à Draguignan, le 16 juin 2010.
Source : Ville de Draguignan, © F. Lantiez

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen • Précipitations exceptionnelles par leur intensité en moins de 24 heures	• Draguignan, Figanières, Trans-en-Provence, Le Luc, Fréjus, Saint-Aygulf, Le Muy, en grande partie la plaine de Fréjus	• 23 morts, 1 G€ de dégâts

Unité Rhône moyen

Réseau hydrographique

D'une superficie de 6 810 km², l'UP « Rhône moyen », structurée autour de la Saône et du Rhône, comprend la Bourbre qui se jette dans le Rhône en amont de Lyon, l'Azergues qui rejoint la Saône en aval de Villefranche, et le Gier qui conflue avec le Rhône à Givors. Ces deux derniers cours d'eau illustrent assez bien les caractéristiques hydrologiques spécifiques des affluents qui proviennent des monts du Lyonnais et du Pilat, à l'ouest du territoire.

Typologie des inondations

Les différents bassins de l'unité « Rhône moyen » sont soumis à un régime climatique de transition entre les influences océaniques, continentales et méditerranéennes. Ils connaissent principalement des crues de types océanique et méditerranéen. Mais des épisodes à caractère cévenol peuvent remonter jusqu'au bassin du Gier. Le val de Saône connaît par ailleurs des inondations mixtes avec succession de phases océaniques et méditerranéennes.

On a, avant tout, affaire ici à des débordements de cours d'eau. À l'exception du val de Saône et de la Bourbre (présence d'anciennes zones marécageuses), la dynamique des crues de ces petits affluents est généralement rapide, avec un temps de montée de l'ordre de 12 à 24 heures et des débits de pointe qui peuvent être très importants. Les eaux ruissellent, se concentrent rapidement dans les talwegs, et génèrent des phénomènes brutaux et destructeurs avec formation d'embâcles. La rapidité de montée des eaux laisse en général peu de temps à l'alerte et à l'évacuation des populations.

L'agglomération lyonnaise connaît également des phénomènes de ruissellement urbain et de refoulement de réseau d'assainissement pluvial. Ces écoulements de surface sur voirie sont eux-aussi très rapides. Les communes situées à l'aval des bassins versants sont les plus affectées par ces phénomènes (cf. Givors pour le Gier et le Garon, Oullins pour l'Yzeron).

Inondations remarquables

Six événements historiques ont été retenus **(fig. 5-71)**. Outre les deux crues généralisées d'octobre-novembre 1840 et mai-juin 1856, qui ont largement impacté la ville de Lyon, figurent les crues de mai 1983, octobre 1993, décembre 2003 et novembre 2008 qui ont touché une des parties de l'unité « Rhône moyen ».

Crue d'octobre-novembre 1840 sur le Rhône moyen

C'est l'événement référence en val de Saône.

Le val de Saône et l'agglomération lyonnaise

Pluies océaniques et averses méditerranéennes se succèdent 28 jours durant en septembre et octobre 1840, avec des cumuls exceptionnels. Fin octobre, il tombe en sept jours plus d'eau qu'en sept mois. Les cumuls sur l'ensemble des épisodes (27 octobre-4 novembre) sont remarquables. Ils atteignent 324 mm à Macon pour une moyenne annuelle de 766 mm.

Sur le val de Saône la crue de 1840 **(fig. 5-72)** est sans conteste la plus forte de toute la période historique. Les eaux de la Saône atteignent la hauteur de 7,50 m au pont de la Feuillée à Lyon. Sur la Saône, la période de retour est supérieure à 100 ans. Les bassins de l'Azergues et de la Brévenne-Turdine sont également très touchés par l'épisode. Plus en aval, à Givors, on enregistre sur le Rhône un débit de 5 500 m³/s.

Dans la ville de Lyon, la Saône submerge la presqu'île de part en part, arrachant quais et chaussées, avant de rejoindre le Rhône. Au pied de la colline de Fourvière, les bâtiments subissent d'importants éboulements. Quatre ponts sont détruits, emportés par les eaux ou percutés par des embâcles (charpentes, bateaux de charbons, tonneaux de vin…). On envisage même un temps de démolir les ponts et de creuser des tranchées depuis la Saône jusqu'au Rhône pour faciliter l'évacuation des eaux hors de la ville. Le quartier de Vaise, noyé sous trois mètres d'eau, est gravement sinistré. On compte plus de 240 maisons écroulées, sans compter les incendies. On relève 1,60 m d'eau dans l'église de la Charité.

Dans les villages amont, de très nombreuses maisons construites en terre s'effondrent également : 400 environ en Saône-et-Loire et plus de 1 000 dans le département de l'Ain.

Bassins du Gier et de la Gère

La crue d'octobre-novembre 1840 sur le Gier cause de grands dommages, même s'ils ne sont pas comparables à ceux de la Saône et du Rhône. Du fait de la différence des temps de concentration, les pics des grandes crues du Gier ne sont pas concomitants avec ceux du Rhône. Les niveaux atteints sur le Gier en 1840 sont supérieurs à ceux de mai 1856 à Givors, avec des dégâts très importants en ville (pertes aux industries, éboulement de 30 maisons). Le préfet demande, dès le 12 novembre 1840, l'ouverture de quêtes pour porter secours aux victimes. Dès le 30 octobre, la Gère occasionne à Septème, Pont-l'Évêque et Vienne, d'importants dégâts aux infrastructures (routes, ponts), usines et maisons, avec des phénomènes aggravants d'embâcles. À Vienne, le passage quelques jours plus tard (4 novembre) du pic de crue du Rhône aggrave encore la situation.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen extensif	• Le val de Saône, les vallées du Gier et de la Gère	• Dommages matériels très importants, surtout à Lyon

Crue de mai-juin 1856 sur le Rhône moyen

Outre la Saône et le Rhône tous les autres cours d'eau de l'unité « Rhône moyen » connaissent une crue sévère au cours de l'épisode de mai-juin 1856 : Azergues, Yzeron, Bourbre, Brévenne, Turdine, Gier, Gère. Toutefois, pour l'instant les informations manquent pour décrire précisément la réalité hydrologique des phénomènes et leur impact sur chaque cours d'eau.

Le val de Saône et l'agglomération lyonnaise

La cote maximum de la Saône au pont de la Feuillée atteint 6,78 m. À Lyon, les débits du Rhône avoisinent les 4 000 m³/s au pont Morand, puis 6 000 m³/s à Givors, entre le 31 mai et le 1er juin 1856, avec un apport de 1 800 m³/s de la Saône (crue décennale).

Les infrastructures fluviales et routières connaissent des dégâts très importants dans les départements du Rhône. La ville de Lyon est particulièrement touchée (fig. 5-73). La Saône envahit la presqu'île. Les ruptures de digues du Rhône dans le secteur de la Tête d'Or et de Charpennes entraînent la submersion de nombreux quartiers, ateliers et usines, dont la quasi-totalité de la rive gauche (plusieurs centaines de maisons détruites). Suite à cet événement, d'importants travaux de défense sont engagés (loi de 1858) au passage de la ville, en particulier la réfection et le rehaussement des lignes de quais sur la Saône et le Rhône.

Figure 5-73. Débordement de la Saône à Lyon au niveau du quai des Célestins.
Source : *L'Illustration*, 1er juin 1856

Bassins du Gier et de la Gère

Le Gier s'élève à une hauteur d'environ 4 m à Saint-Romain-en-Gier. Les rez-de-chaussée de plusieurs rues sont envahis par les eaux. Le chemin de fer est interrompu entre Rive-de-Gier et Lyon. La plupart des mines suspendent leurs activités. Les chevaux sont évacués des écuries envahies par les eaux. Le bassin de la Gère connaît également des pertes importantes, notamment l'arrêt des usines à Pont-l'Évêque.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen extensif	• Le val de Saône, les vallées du Gier, de la Gère	• Dommages matériels importants et rupture de digues à Lyon

Crue des 17 et 18 mai 1983 sur le val de Saône et le bassin de l'Azergues

Le val de Saône et l'agglomération lyonnaise

La crue de la mi-mai 1983 fait suite à une pluviométrie exceptionnelle depuis le début du mois. À Lyon, les cumuls pluviométriques d'avril et mai atteignent 435 mm (155 mm pour la moyenne climatologique de ces deux mêmes mois). Le 18 mai, le Rhône déborde à Jonage, Meyzieu, Décines, Vaulx-en-Velin, Lyon, et la Saône à Neuville, Albigny, Couzon-au-Mont-d'Or, Rochetaillée-sur-Saône, Collonges-au-Mont-d'Or. Les parkings le long des berges sont inondés et fermés, le trafic routier est perturbé, notamment sur l'axe Lyon-Neuville. Une maison de retraite est évacuée à Albigny, une barge de 40 tonnes rompt ses amarres à Rochetaillée. Le plan Orsec est déclenché, 1 500 pompiers et militaires sont mobilisés. Un arrêté de catastrophe naturelle est pris sur tout le secteur.

Bassin de l'Azergues

La crue du 17 mai 1983 est considérée comme l'événement référence sur l'Azergues (cartographie des zones inondées). L'événement survient après trois semaines de pluie sur le bassin. Les sols et terrains sont gorgés d'eau. Une série d'averses soutenues durant trois jours du 14 au 17 mai, achevée par un violent orage, inonde tous les points bas de la vallée et fait déborder de nombreux fossés. Les débits de l'Azergues ont une période de retour de 100 ans à Lozanne (plus de 420 m^3/s), 80 ans à Chamelet et 50 ans à Châtillon. On relève de nombreux embâcles au droit des ouvrages ce qui contribue à freiner l'écoulement des eaux et à accroître les hauteurs d'eau à l'amont. Certains biefs et prises d'eau restés ouverts propagent l'inondation au-delà des zones les plus proches. Sur les affluents Brévenne et Turdine, la crue est également l'une des plus importantes connues. L'aval concentre les écoulements et connaît les débits les plus notables. À Sain-Bel, la Brévenne atteint 150 m^3/s (crue centennale). En amont, les débits restent inférieurs à la centennale. L'événement est à l'origine d'une série de travaux d'aménagements le long des deux cours d'eau.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen extensif • Pluviométrie exceptionnelle	• Le val de Saône, les vallées de l'Azergues et de ses affluents	• Dommages matériels, plan Orsec et arrêté de catastrophe naturelle

Crues du 5 au 12 octobre 1993 sur la région lyonnaise

La crue de 1993 est provoquée par une série d'averses soutenues début octobre après le mois de septembre le plus arrosé depuis 35 ans. Un cumul pluviométrique de 570 mm est enregistré à Bourgoin-Jallieu sur ces deux mois. L'événement affecte l'ensemble du bassin du Rhône, touche plus gravement le Sud, et ponctuellement aussi durement quelques secteurs au nord.

Le val de Saône et l'agglomération lyonnaise

Le 5 octobre 1993, le Rhône déborde à Lyon. Une barge de 80 tonnes (27 m de long et 9 m de large) s'échoue contre le pont Wilson. Au pont Morand, les eaux du Rhône atteignent la hauteur de 3,43 m pour un débit de 2 825 m^3/s.

Bassin de l'Yzeron
Le 5 octobre 1993, le débit de crue atteint 95 m³/s à la station de Taffignon. C'est la plus forte valeur observée à la station sur la période 1988-2013, à égalité avec celle de la crue du 2 décembre 2003. La période de retour est estimée entre 20 et 30 ans.

Bassin de la Bourbre
La crue de la Bourbre à l'aval de Bourgoin-Jallieu est voisine de la centennale avec un débit reconstitué de 90 m³/s dans la traversée de l'agglomération.

À Saint-Jean-de-Soudain et Rochetoirin, une partie de la zone industrielle est inondée. Les dégâts les plus notables proviennent des affluents torrentiels (cf. confluence Hien-Bourbre). À Cessieu, le centre-ville est sous 0,50 m d'eau. Les zones de marais sont submergées un peu partout. À Ruy-Montceau, on relève deux mètres d'eau dans la Cour des Moulins. L'autoroute A 43 est coupée par les débordements concomitants du Loudon et de la Bourbre. À Bourgoin-Jallieu même, les eaux atteignent 50 cm dans les quartiers de Champaret et de Pré-Bénit. Le lycée Aubry est inondé avec plus d'un mètre dans les ateliers, tout comme les caves du collège de Pré-Bénit. Les quais des Belges, la rue de la Libération, la rue de Funas et l'avenue Henri-Barbusse, sont recouverts. À L'Isle-d'Abeau, on relève un mètre d'eau dans la zone des Sayes et en amont de la gare SNCF. La plaine et les marais en aval de Vaulx-Milieu sont inondés plus de dix jours durant.

Bassin de l'Ozon
La crue du 12 octobre 1993 est la plus forte connue sur le bassin de l'Ozon. Son débit atteint 25 m³/s à Sérézin-du-Rhône (période de retour 30 ans). Les inondations les plus importantes surviennent à Simandres, Saint-Symphorien-d'Ozon et Sérézin-du-Rhône. À Simandres, l'Inverse (affluent de l'Ozon) déborde en rive gauche vers les secteurs habités.

Bassin du Garon
Le débit de la crue du 8 au 9 octobre 1993 est estimé à 35 m³/s et sa période de retour à 20 ans.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen • Série d'averses soutenues	• Val de Saône, vallées de l'Ozon, du Garon, de la Bourbre et de l'Yzeron	• Dommages matériels importants et arrêté de catastrophe naturelle

Crue de début décembre 2003
sur les affluents rive droite de la région lyonnaise
Le caractère exceptionnel de cet épisode réside à la fois dans sa durée et son extension spatiale, affectant l'ensemble du bassin du Rhône, et particulièrement tous ses affluents de rive droite, depuis la région lyonnaise jusqu'à la mer. L'événement fait suite à un automne particulièrement pluvieux sur le Sud-Est qui a entièrement saturé les sols. Le 1er décembre, les pluies se généralisent au quart sud-est de la France en s'intensifiant. Au plus fort de l'épisode, sur les deux journées du 30 novembre et du

1er décembre, 12 départements recueillent plus de 100 mm, dont sept sur le bassin versant du Rhône, de la Méditerranée jusqu'à la Saône. La période de retour de cet événement est évaluée entre 10 et 100 ans selon les secteurs. Elle est proche de 100 ans à Brignais alors qu'elle n'est que de 50 ans à Givors.

Bassin du Gier

C'est un des secteurs les plus touchés. Les dégâts sont particulièrement importants. La crue du Gier cause des dommages aux voies de communication, l'autoroute A 47 Lyon - Saint-Étienne est coupée, le pont de Givors s'effondre. La crue cause également des dommages notables aux habitations, aux bâtiments d'activités, aux ouvrages de protection et aux berges des cours d'eau. L'autoroute A 47 fait l'objet d'un dispositif de mise en sécurité.

Bassin de l'Ozon

La période de retour de la crue de l'Ozon est de 10 ans. Elle provoque de nombreux désordres, notamment des érosions de berges. Toutefois, elle n'a pas ici de caractère exceptionnel. Quelques secteurs à l'aval sont inondés à Sérézin-du-Rhône, de même que le pont de la Blancherie, la passerelle Descaillot et le parc de l'Ozon.

Bassin de l'Azergues

L'épisode pluvieux à l'origine de la crue de l'Azergues débute le 1er décembre en milieu de journée et se prolonge jusqu'au 2 décembre en soirée. Les hauteurs de pluie enregistrées en 24 heures sur le bassin versant de l'Azergues approchent le niveau centennal. La crue débute dans la nuit du 1er au 2 décembre. Le pic est atteint à Châtillon et Lozanne dans l'après-midi du 2 décembre avec des débits maximaux respectivement de 150 et 281 m³/s pour une période de retour comprise entre 70 et 80 ans. L'événement est plus marqué sur l'Azergues que sur ses affluents. Certains débordent néanmoins. Globalement, l'enveloppe des zones inondées en décembre 2003 est moins étendue qu'en mai 1983, mais quelques secteurs sont sous les eaux alors qu'ils ne l'avaient pas été 20 ans plus tôt.

Bassin de la Brévenne et de la Turdine

La crue est notable sur la Brévenne et la Turdine avec des périodes de retour estimées respectivement à 30 et 100 ans. Le passage de l'eau est d'autant plus impactant qu'il s'accompagne d'un important transit sédimentaire. À L'Arbresle, son départ laisse une épaisse couche de boue sur toutes les parties basses de la ville.

Bassin du Garon

Le Garon atteint les 2 et 3 décembre 2003 un débit estimé entre 65 et 70 m³/s à Brignais (voisin de la crue centennale). La période de retour de la crue décroît progressivement jusqu'à la confluence avec le Rhône pour atteindre 50 ans à Givors. Passerelles et ponts sont submergés ou arrachés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen extensif • Pluies diluviennes le 1er et le 2 décembre 2003	• Les vallées du Gier, de l'Ozon, du Garon, de l'Azergues et de ses affluents	• Dégâts matériels importants, surtout au niveau de l'A 47

Crue des 1er et 2 novembre 2008 sur les bassins de l'Azergues et du Gier

Bassin de l'Azergues

Les fortes averses du 1er novembre sur le bassin versant de l'Azergues (70 mm en 24 heures) arrivent sur des sols déjà gorgés d'eau et ruissellent rapidement. L'Azergues atteint 333 m³/s le 2 novembre pour 4,63 m à la station de Lozanne. La période de retour de l'événement est supérieure à 50 ans pour la moyenne Azergues et proche de 100 ans pour la basse vallée.

La rivière sort de son lit, s'étale dans le fond de la vallée et inonde les villages riverains. Les dégâts les plus conséquents sont enregistrés sur les communes de la basse vallée de Lozanne à Anse, en raison en particulier des apports très importants de la Brévenne. À Châtillon d'Azergues, le centre-ville est submergé par le ruisseau d'Alix.

Bassin de la Brévenne et la Turdine

Les pluies diluviennes du 1er novembre entraînent le débordement violent de la Brévenne et de la Turdine. La rapidité de montée des eaux est liée à la saturation en eau des sols, générée par les précipitations du mois d'octobre (crue déjà le 22 octobre).

Sur la Brévenne, les débits atteignent 200 m³/s à Sain-Bel et 235 m³/s à L'Arbresle. L'événement est supérieur à 2003 avec une période de retour estimée à 170 ans à L'Arbresle (fig. 5-74). C'est la crue de référence pour le secteur urbain. En amont, les règles de constructibilité et d'implantation le long du cours d'eau sont précisées avec un recul minimal de dix mètres de part et d'autre des berges pour toute nouvelle implantation.

Bassin du Gier

Les villes de Rive-de-Gier, Saint-Romain-en-Gier et Givors sont envahies par les eaux dans la nuit du 1er au 2 novembre 2008. Les débits atteignent 340 m³/s à Givors et 295 m³/s à Rive-de-Gier **(fig. 5-75)**, où l'eau monte entre un et deux mètres dans certaines rues. La commune de 14 000 habitants constitue le principal point noir du département. Les dégâts aux commerces (stocks, arrêt d'activité) et aux particuliers sont importants. Plus de 200 véhicules automobiles sont sinistrés, certains emportés par les eaux.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen extensif • Pluies diluviennes le 1er et le 2 novembre 2008	• Les vallées de l'Azergues et de ses affluents ainsi que celle du Gier	• Dégâts matériels aux commerçants et particuliers (automobiles)

a)

b)

Figure 5-74. La Brévenne à L'Arbresle après la crue de novembre 2008. Source : Dreal Lyon

Unité Saône

Réseau hydrographique

Le territoire de cette unité (18 920 km^2) couvre la majeure partie du bassin versant de la rivière Saône, à l'exception du bassin du Doubs (cf. développements spécifiques dans l'UP « Doubs »), et des affluents du département du Rhône (Azergues et rivières du Beaujolais). Long de 480 km, le cours de la Saône est marqué par une pente moyenne faible (0,02 %), tout particulièrement dans sa section aval où elle ne dépasse parfois pas 5 cm/km. Elle conflue avec le Rhône au niveau de la ville de Lyon.

Parmi les principaux affluents de la Saône qui composent ce territoire, on retiendra, depuis le massif des Vosges, les vallées du Côney, de la Lanterne, du Durgeon ou encore de l'Ognon. Depuis le plateau de Langres, elle reçoit le Salon, la Vingeanne et la Tille. Enfin, des plateaux de la Côte-d'Or et du Massif central s'écoulent l'Ouche, la Dheune et la Grosne. Au-delà du Doubs, les eaux du Jura affluent principalement vers la Saône par la Seille. La Reyssouze, la Veyle et la Chalaronne drainent les plaines de l'Ain. On notera que les affluents du département du Rhône (rivières du Beaujolais, Ardières, mais surtout Azergues), qui ne font pas partie de cette unité de présentation (cf. UP « Rhône moyen »), sont situés en amont du verrou lyonnais et peuvent avoir une influence significative sur l'hydraulique de la Saône en bloquant son écoulement par l'aval comme ce fut le cas en 1840.

Le territoire de la Saône, hors Doubs et département du Rhône, peut être divisé en trois parties :
– la Saône amont, dont la particularité est la grande diversité des paysages (moyennes montagnes, collines, plaines). La vallée de la Saône est aussi un milieu naturel structurant, présentant des zones humides à l'amont des bassins versants ainsi que des aquifères remarquables à la confluence Breuchin-Lanterne ;
– les affluents rive droite de la Saône, avec la côte et l'arrière-côte calcaire bourguignonne, les coteaux viticoles, mais aussi la plaine alluviale de la Saône ;
– la Dombes, la Saône et les affluents rive gauche qui constituent un territoire de plaine avec des cours d'eau à débits d'étiage naturellement faibles, un réseau dense d'étangs et des aquifères alluviaux importants.

En termes d'aménagements hydrauliques, les barrages de la Saône n'ont qu'une vocation de navigation et les digues de protection dans la basse vallée sont essentiellement à usage agricole. Les seuls ouvrages significatifs sont liés à l'approvisionnement en eau des canaux de Bourgogne et du Centre.

Typologie des inondations

Les inondations sont avant tout le fait des débordements de cours d'eau et peuvent être regroupées en trois grandes catégories :
– les crues océaniques liées, en période hivernale, aux courants humides d'ouest – sud-ouest à l'origine de précipitations conséquentes sur les Vosges et le Jura. Les cumuls pluviométriques sont alors très marqués sur la partie amont et tout particulièrement sur les façades ouest du Jura et des Vosges. Ils peuvent être associés à une fusion nivale. Les crues générées concernent alors essentiellement la section de la haute Saône et de la Petite Saône ;

– les crues méditerranéennes dues aux remontées d'air méditerranéen et aux pluies diluviennes qui les accompagnent. Au printemps, elle touchent la partie sud du bassin ;
– les crues mixtes liées aux pluies intenses d'origine méditerranéenne qui succèdent à celles durables et répétées d'origine océanique. Cette combinaison est à l'origine des événements les plus catastrophiques, comme ce fut le cas en novembre 1840.

On notera encore la spécificité des coulées boueuses et des crues de la Saône :
– les coulées boueuses sont souvent assimilées à des inondations fluviales par la similitude des dégâts occasionnés, mais elles ne sont pas générées par les mêmes processus. Elles surviennent en général lors d'épisodes orageux estivaux et sont produites par le ruissellement pluvial sur les surfaces agricoles. Les eaux et les particules de terre sont rapidement transférées vers l'aval par le biais du réseau de fossés et de cours d'eau, parfois jusqu'aux zones habitées. La côte viticole bourguignonne est tout particulièrement exposée à ce genre de phénomènes – petits bassins versants à forte pente, sols découverts, espaces urbanisés aux exutoires. Outre les inondations des zones bâties et les dégâts aux sols et aux cultures, les coulées boueuses ont aussi une incidence sur la pollution des eaux (cours d'eau, nappes, captages) par transfert des pesticides et engrais agricoles ;
– les crues de la Saône ont, parmi leurs traits essentiels, leur remarquable lenteur en rapport avec la taille du bassin versant et la faible pente du cours d'eau. Les crues exceptionnelles sont dès lors associées à des pluies longues et répétées (plusieurs jours à plusieurs semaines). Les eaux atteignent des niveaux critiques seulement après une longue période de croissance (cinq à sept jours). De même pour le pic et la décrue, les hautes eaux pouvant durer une à trois semaines. La propagation du maximum entre Verdun-sur-le-Doubs et Lyon met ainsi trois à quatre jours. Lors des crues, cette très faible pente explique aussi la forte sensibilité entre niveaux amont et niveaux aval. Ce fut le cas, par exemple, en novembre 1840 où les exhaussements à la confluence Saône/Seille ont induit une remontée de ligne d'eau qui s'est fait ressentir jusqu'à Chalon-sur-Saône.

Inondations remarquables

Huit événements remarquables ont été retenus **(fig. 5-76)** et couvrent les différentes typologies d'inondation : crue mixte généralisée sur l'ensemble du bassin (crue d'octobre-novembre 1840), crues océaniques de la Saône avec influence pluviale (mars 2001) ou avec fonte nivale (janvier 1955 et février 1970), orages avec influence d'air méditerranéen (octobre 1935 et mai 1983) et coulées boueuses en zone viticole (juin 1986 et juillet 1987).

Crue d'octobre-novembre 1840 sur la Saône
Une pluie quasi continue de 28 jours, en septembre-octobre sur tout le bassin de la Saône, associée à une subite fusion nivale sur les sommets du Jura génère une première crue du Doubs et de ses affluents. Les pluies océaniques s'intensifient fin octobre saturant les sols. Survient, à partir du 27, un épisode de pluies méditerranéennes qui redouble dans la nuit du 29 au 30 octobre. Les affluents d'aval (Seille, Azergues, Reyssouze) réagissent fortement. Ces crues, associées à celles de la Petite Saône et du Doubs, provoquent une première inondation du val de Saône en aval de Chalon. Du

1er au 3 novembre, les averses torrentielles affectent cette fois la partie aval du bassin, jusqu'à Macon. Les cumuls sur l'ensemble des épisodes (27 octobre-4 novembre) sont remarquables. Ils atteignent 324 mm à Macon pour une moyenne annuelle de 766 mm.

La crue de novembre 1840 est sans conteste la plus forte de la Saône sur toute la période historique. On enregistre 7,28 m à Chalon, 8,05 m à Macon et 7,50 m au pont de la Feuillée à Lyon, avec des débits estimés par Pardé respectivement à 3 240, 4 000 et 4 200 m^3/s, et des périodes de retour comprises entre 150 et 1 000 ans. La Seille atteint la cote 4,02 m à Louhans avec une période de retour voisine de 100 ans.

Les impacts sont particulièrement importants dans les départements de Saône-et-Loire et du Rhône, moindre en Haute-Saône. À Lons-le-Saunier, l'eau de la Vallière envahit la rue du Jura, la Grande Place et la rue Neuve. À Bletterans, la Seille renverse deux maisons, emporte un pont et menace la gendarmerie. À Louhans, au confluent de la Vallière, du Solnan et de la Seille, les eaux s'élèvent, dans les faubourgs Saint-Jean et des Bordes, à plus de 1,50 m au-dessus des niveaux historiques de décembre 1825.

Les hauteurs atteintes sont partout exceptionnelles et les pertes considérables. Plusieurs morts sont à déplorer (sans précision) et plusieurs milliers de maisons sont détruites. La comptabilité des pertes reste encore aujourd'hui très incertaine. À Chalon-sur-Saône, les quais sont sous l'eau et le canal fait sa jonction avec la Saône. À Tournus, on circule en bateau sur les quais, sur la place de l'Hôpital, dans les rues Greuse, du Bac et de la Pêcherie. L'eau arrive presque à l'escalier de l'hôtel de ville. On relève plus de deux mètres à La Truchère (amont de Tournus) où le bourg est en partie détruit. La moitié de la ville de Macon est sous les eaux : la cote 8,05 m est atteinte soit + 1,20 m au-dessus du niveau de référence de 1711. Les dommages sont considérables (maisons détruites, commerces sinistrés). À Lyon, la Saône franchit le quai des Célestins dans la nuit du 3 au 4 novembre 1840 et couvre la place Bellecour sur un mètre environ. La décrue s'amorce à partir du 5 novembre en fin de journée.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen extensif	• Vallées de la Saône et de ses affluents, surtout à partir de Chalon-sur-Saône	• Plusieurs morts, maisons et ponts détruits, importants dégâts dans les villes

Crues de la Seille et de la Reyssouze le 4 octobre 1935

Le début du mois d'octobre 1935 se caractérise par des orages méditerranéens intenses du haut Vivarais jusqu'au Jura méridional et central. À Bourg-en-Bresse, le 3 octobre 1935, il est tombé 138 mm, nettement plus que la pluie centennale. Le niveau de la Reyssouze à Saint-Julien atteint 2,55 m (pour 2,46 m en février 1904). Les eaux de la Seille atteignent 4,10 m au pont Cassin à Louhans (fig. 5-77), pour une période de retour évaluée à plus de 100 ans. À titre de comparaison, la rivière atteint 3,50 m et 90 m^3/s en octobre 1999. Situé au confluent de trois rivières (Vallière, Solnan, Seille), le bourg est complètement cerné par leurs eaux à partir du 4 octobre au soir.

Aucune perte humaine n'est cependant à déplorer, mais les dégâts matériels sont considérables (infrastructures, réseaux, habitations particulières, commerces).

Figure 5-77. Repère de crue à Louhans, 4 octobre 1935.
Source : Dreal Bourgogne et DDT Jura

Au total, la crue est nettement moins forte sur la Saône que sur la Seille, et reste en deçà de la crue de 1840. Notons que ce type de remontée orageuse méditerranéenne est fréquent sur la partie ouest du département de l'Ain (tributaire de la Saône). Il provoque des débordements de rivières de plaine (Reyssouze, Veyle, Chalaronne) et des ruissellements de boue, qui engendrent des sinistres importants au regard de la brièveté de l'événement, par la combinaison de pluies intenses, de sols agricoles nus (culture de maïs par exemple) et dépourvus de haies brise-flux, et d'urbanisation sur et en pied de pente.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen extensif avec orage • Remontée orageuse méditerranéenne jusqu'au Jura méridional et central	• Le secteur de la Reyssouze (Bourg-en-Bresse et aval) • Tout le bassin de la Seille, et en particulier Louhans au confluent de la Vallière, du Solnan et de la Seille	• Beaucoup de dommages matériels • Louhans isolé

Crue nivale de janvier 1955 de la Saône et du Doubs

La crue de janvier 1955 est une crue caractéristique du type océanique, avec une forte contribution du Doubs. Un anticyclone au nord de l'Europe dirige vers la France un flux continental de nord-est, déviant vers la Méditerranée les perturbations atlantiques venant du sud-ouest. Des précipitations continues, centrées sur les Alpes du Nord et le Jura, atteignent trois fois la moyenne climatologique et totalisent, du 11 au 16 janvier, plus de 300 mm aux stations de Lamoura, des Rousses, et de Saint-Laurent-en-Grandvaux dans le Jura. Cette crue, renforcée par la fonte rapide de la neige tombée le 2 janvier sur tout le bassin (30 cm sur la route entre Dijon et Chalon), intervient alors que les rivières sont encore en crue hivernale. Le Doubs et la Saône montent simultanément et débordent en Côte-d'Or et en Saône-et-Loire. La crue atteint son apogée entre le 20 et le 21 janvier. Son expansion dans le val de Saône et l'absence de crue significative sur les affluents aval permettent d'en atténuer les impacts. Jusqu'à Auxonne, les niveaux enregistrés servent aujourd'hui de référence aux PHEC (tab. 5-15). À sa confluence, le Doubs atteint des niveaux dépassant localement ceux de 1840.

Plusieurs routes et chemins sont coupés dans le secteur de Vesoul. À Arc-lès-Gray, les rues du Moulin, de Pézet, Thiers et une partie de l'avenue Carnot sont submergées par les eaux. Les usines et de nombreuses habitations sont également impactées. La station de pompage de la ville, un temps immergée, ne permet plus le ravitaillement en eau potable des habitants. L'Ouche et la Tille provoquent de nombreux dégâts matériels à Plombières-lès-Dijon et à Arc-sur-Tille.

Tableau 5-15. Hauteurs, débits et périodes de retour des crues de la Saône en 1840, 1856, 1882, 1910 et 1955. Source : EPTB Saône-Doubs www.observatoire-saone.fr

Crue	Verdun-sur-le-Doubs	Chalon-sur-Saône	Macon	Lyon (La Feuillée)
Oct.-nov. 1840	8,10 m	7,28 m (T = 120 ans)	8,05 m	7,50 m
Mai-juin 1856	7,76 m	6,56 m	6,72 m	6,78 m
Déc. 1882	7,97 m	6,53 m		
Janv. 1910	8,21 m	6,68 m		
Janv. 1955	8,44 m	6,84 m/2 850 m³/s (T = 50 ans)	6,96 m/2 900 m³/s (T = 70 ans)	6,50 m/3 000 m³/s (T = 80 ans)

À la confluence Saône/Doubs, la rupture de la digue de Verjux oblige les habitants à fuir. Un immense lac se forme en aval de Verdun et cause de très importants dommages. À Gigny, Allerey, Saunières, Écuelles, etc., la situation est catastrophique. On relève jusqu'à 2,50 m d'eau dans les maisons. Plus de 800 foyers et 2 700 personnes sont touchés. Les villes de Tournus et Macon prennent des mesures d'évacuation. Un grand nombre de maisons sont détruites ou dévastées dans le secteur. À Chalon, toute la navigation est bloquée pendant deux semaines, la voie ferrée Chalon - Saint-Marcel est coupée par plusieurs affaissements, la majeure partie du commerce est paralysée et plus de 3 000 salariés sont réduits à l'inactivité.

Plusieurs quartiers de l'agglomération lyonnaise sont cernés par les eaux, on déplore un mort, et plus de 40 foyers sont isolés. Sur la seule commune de Fontaines-sur-Saône, les dégâts sont estimés à plus de 10 millions de francs de l'époque.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec influence nivale • Fortes pluies associées à une fonte des neiges	• Tout le bassin de la Saône, mais plus particulièrement à la confluence de la Saône et du Doubs	• Un mort, des milliers de sinistrés, des millions francs de dégâts matériels, des pertes économiques et une rupture de digue

Crue de février 1970 sur la Petite Saône

La conjugaison d'averses persistantes et de la fonte des neiges sur les Vosges génère une inondation de grande ampleur en février 1970 dans la partie amont de la Saône. En Haute-Saône, la crue de la Lanterne et de ses affluents prend une tournure exceptionnelle, dépassant en ampleur toutes celles connues (janvier 1910, décembre 1919 et décembre 1924). De nombreuses maisons sont inondées et des routes coupées à Conflans. À Saint-Loup, la Semouse inonde prés, champs, rues et habitations (40 cm d'eau). Les usines de meuble Parisot (1 200 ouvriers) sont menacées et des digues provisoires sont élevées à la hâte.

Le haut bassin de l'Ognon a également réagi très fortement : 2,65 m à Pesmes et 2,55 m à Autrey-le-Vay. Toutes les localités situées en amont de Villersexel sont touchées, avec plusieurs dizaines de centimètres d'eau dans les maisons, des routes coupées, des réseaux interrompus.

L'Ognon et la Lanterne sont à l'origine de la crue de la Saône, dont les eaux atteignent la cote 3,90 m à Saint-Albin et 4,30 m à Gray. L'événement est rapide avec une durée de propagation de 24 heures à Saint-Albin et 54 heures à Gray. Au confluent de la Lanterne (Conflandey), les niveaux atteints sont exceptionnels. Les ouvriers de la tréfilerie sont évacués par barques et d'importants moyens de pompage sont mis en œuvre pour préserver les installations. La région de Gray n'est pas épargnée non plus (rues, immeubles envahis). Les ateliers de l'usine Millot sont recouverts par 10 cm d'eau.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec de fortes pluies associées à une fonte des neiges	• Le bassin de la petite Saône	• Rues, routes, maisons et usines inondées, dégâts matériels

Crue de mai 1983 sur le bassin de la Saône

Le mois de mai 1983 connaît une série d'événements orageux particulièrement importants sur le bassin de la Saône. Les pluviomètres de Franche-Comté enregistrent cinq fois la valeur mensuelle de mai, ceux de Bourgogne quatre fois celle d'avril et trois fois celle de mai. Entre le 12 et le 17 mai, un premier épisode pluvieux touche la Petite Saône ainsi qu'une partie des régions Bourgogne et Rhône-Alpes, renforçant simultanément les affluents de rive droite, entre Verdun et Lyon. Entre le 23 et le 26 mai, le second épisode affecte le bassin de la Saône aval. Sur la Seille, les cumuls pluviométriques de mai 1983 atteignent 265 mm, soit six fois la moyenne climatologique.

La crue générée est exceptionnelle pour cette période de l'année. Sur la Saône, les temps de retour sont estimés à 65 ans à Chalon (6,91 m ; 3 340 m³/s), 35 ans à Macon (6,65 m ; 2 840 m³/s) et 15 ans à Trévoux. C'est la plus forte crue enregistrée sur l'Ognon à Pesmes (période de retour 100 ans) où plusieurs communes font l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle « inondation et coulées de boue ». Les eaux de la Seille atteignent 3,06 m à Louhans pour une période de retour estimée à 20 ans. Sur la Grosne, le débit de 80 m³/s dépasse largement le maximum connu et l'apport total du mois de mai 1983 représente à lui seul 50 % des apports d'une année moyenne.

Outre les routes, maisons, campings submergés, l'événement de mai 1983 affecte plus particulièrement le monde agricole (récoltes sur pied, coulées de boue). Cette année-là l'inondation, puis la sécheresse de l'été détruisent près de 90 % des cultures.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime mixte océanique et méditerranéen extensif • Pluviosité intense composée d'événements orageux	• Tout le bassin de la Saône	• Importantes pertes de l'agriculture

Ruissellements et coulées boueuses en zone viticole bourguignonne le 16 juin 1986 et le 6 juillet 1987

L'événement de juin 1986

Un orage de grêle d'une extrême violence s'abat sur l'ouest de la Côte-d'Or le 16 juin 1986. À Meursault, on relève 30 mm de pluie en un quart d'heure. Les dégâts sont importants de Venarey-les-Laumes à la côte de Beaune, en passant par Saulieu et Pouilly-en-Auxois. Près de Pouilly-en-Auxois, 3 000 à 4 000 poulets périssent noyés.

Dans tout le secteur, les caves sont inondées, les chemins impraticables, les récoltes compromises et les champs ravinés. Les dommages sont également importants aux limites de Pommard (coulées boueuses, ravinements). À Meursault, les rues sont recouvertes de boue et de pierres alors que les viticulteurs estiment leurs pertes à 80 %.

L'événement de juillet 1987

Le 6 juillet 1987, l'orage s'abat sur Gevrey-Chambertin, causant de gros dégâts dans l'agglomération. La vigne est touchée par la grêle qui précède la pluie. Des dizaines de caves sont inondées, ainsi que le restaurant Les Millésimes envahi par les eaux boueuses qui dévalent les collines. La RN 74 est submergée. À Dijon, Fontaine, Talant et Ahuy, quelques caves sont également inondées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Juin 1986 et juillet 1987 : épisodes orageux très intenses et localisés	• Côte viticole bourguignonne	• Coulées boueuses dans les villages de la côte viticole • Dommages considérables aux vignes

Crue de mars 2001 sur la vallée de la Saône et ses affluents

L'hiver 2000-2001 voit se succéder une série de perturbations dans un courant d'ouest particulièrement doux générant des cumuls de pluie très importants sur tout le nord et l'est de la France. En mars (fig. 5-78), ils sont supérieurs au double de la moyenne mensuelle climatologique sur presque tout le territoire national.

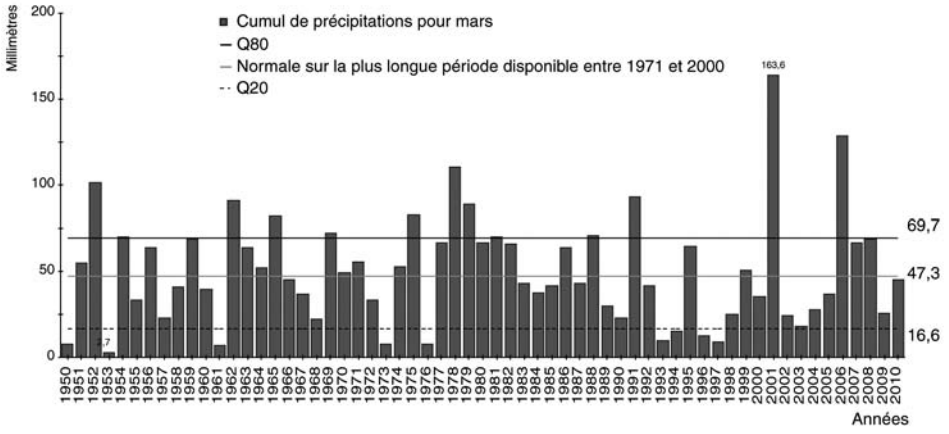


Figure 5-78. Cumul des précipitations pour le mois de mars à Dijon-Longvic sur la période 1950-2010. Source : Météo-France, Pluies Extrêmes

Sur le bassin de la Saône, on relève de nombreuses valeurs record, jusqu'à deux fois la moyenne climatologique mensuelle, souvent atteintes dès le 20 du mois : 197 mm à Louhans (Saône-et-Loire), 152 mm à Dijon (Côte-d'Or), 118 mm à

Macon (Saône-et-Loire). Les cumuls précipités sur le Jura (plus de 400 mm du 1er au 20 mars) mettent en crue l'Ognon et un certain nombre d'autres rivières dès le début du mois (tab. 5-16).

Tableau 5-16. Hauteurs, débits et périodes de retour atteints par la Saône en mars 2001. Source : RIC-SPC Rhône amont et Saône, 12 juillet 2006 - Diren Rhône-Alpes

	Auxonne	Chalon-sur-Saône	Mâcon	Lyon
Cote (m)	4,59	7,16 (6,75 m à l'ancienne échelle de Port Villiers)	6,54	5,55
Débit (m^3/s)	1 420	2 600	2 510	2 620
Période de retour (an)	10-20	20-50	20	20

La Saône n'a pas connu de crue aussi importante depuis le début des années 1980 (mai 1983). L'événement se caractérise par sa lenteur et sa durée particulièrement longue.

À Dijon, l'Ouche inonde plusieurs secteurs, maisons particulières et entreprises (*Amora*) sont affectées. À Longvic, les occupants des résidences du Parc sont évacués et relogés alors que l'on observe des remontées de nappe. À Gissey-sur-Ouche, une quinzaine d'habitations sont touchées (ruissellement, remontée de nappe). À Savigny-lès-Beaune, les vignes sont envahies par les eaux. À Chalon-sur-Saône, Saint-Rémy et Mâcon, environ 40 entreprises cessent leur activité et mettent leurs salariés au chômage technique. En tout, plus de 800 hectares de zones artisanales et industrielles sont submergés.

À Mâcon, les égouts refoulent dans les rues du centre-ville, 35 commerces sont sinistrés, les restaurants en particulier. L'activité du port fluvial est paralysée.

Au total, 108 communes riveraines de la Saône (sur 234) font l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle (dont 80 particulièrement affectées), 150 sur l'ensemble du bassin. 120 personnes sont évacuées. Les pompiers effectuent une centaine d'interventions par jour. L'événement pénalise également l'activité agricole au moment du démarrage de la végétation. Les dégâts directs déclarés atteignent 168 millions d'euros pour les particuliers, affectant environ 40 000 logements dont 8 000 pour l'agglomération lyonnaise. Extrapolé aux activités professionnelles, ce bilan avoisine 280 millions d'euros.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Crue lente et longue due à une pluviosité exceptionnelle	• Vallée de la Saône et de ses affluents • Partie amont moins touchée par la crue	• Pertes matérielles et économiques importantes, dommages estimés à 280 M€ • Ruissellement sur la côte viticole

Références

Sources

Almanach du Vieux Savoyard, 1958. La catastrophe de Maurienne.

Archives départementales d'Annecy, s.d. Dossiers de Paul Guichonnet.

Archives départementales des Alpes-Maritimes, 2011. Les Alpes-Maritimes à l'épreuve des risques naturels, catalogue de l'exposition itinérante.

Artigue G., Dumas D., Mertz C., Wesolek E., 2010. Épisode pluvio-orageux du 15 juin 2010 sur le Var : retour d'expériences sur la prévision météorologique et hydrologique d'un épisode diluvien exceptionnel, observatoire français des tornades et des orages violents, 20 p.

Association Rivière Rhône Alpes, 2008. Valorisation et mutualisation d'expériences de prévention et de gestion des inondations en Rhône-Alpes, Cahier n° 3.

BCEOM, 2003. Rapport de présentation de l'inventaire cartographique des inondations des 8 et 9 septembre 2002, bassin versant de la Cèze, Diren Languedoc-Roussillon.

BCEOM, 2003. Inventaire cartographique des inondations des 8 et 9 septembre 2002, bassin versant des gardons, Diren Languedoc-Roussillon.

BCEOM, 2005. Gestion des crues débordantes de l'Arc.

Blanchard R., Cœur D., Ravanat F., 2006. Étude historique préalable à une cartographie informative des phénomènes naturels à risques, RTM 05, Région PACA.

Blanchard R., Cœur D., Parigny J.-Ph., 2006. Étude historique préalable à une cartographie informative des phénomènes naturels à risques, RTM 06.

Blanchard R., Cœur D., Ravanat F., 2007. Étude historique préalable à une cartographie informative des phénomènes naturels à risques. RTM 04 et région PACA, Novembre.

BRGM, 1998. Cartographie des aléas naturels du bassin de risques du Diois (Drôme), rapport intermédiaire.

BRGM, 2008. Diagnostic post-crise des événements mouvements de terrain suite à l'épisode pluvieux exceptionnel des 29 et 30 mai 2008 sur la commune d'Ajaccio.

BRL Ingénierie, 2010. PPRI de la Cèze, rapport de présentation, DDTM du Gard.

Cereve, 2003. Analyse hydrologique des 8 et 9 septembre 2002 dans le Gard.

Ceric Horizon, 1992. Étude hydraulique des zones inondées par la crue du 22 septembre 1992, bassin de l'Ouvèze.

Certu, 2004. Centre-ville en zone inondable, prise en compte du risque, 64 p.

Cete Méditerranée, 2007. Élaboration d'un PPR submersion marine en Camargue : état des lieux des données existantes.

Cete Méditerranée, 2008. Poster : utilisation des données anciennes pour la connaissance des risques de submersion marine sur le golfe du Lion.

Cete Méditerranée, 2010. Analyse historique des séries marégraphiques du golfe du Lion : tempêtes, crues, raz-de-marée, tsunamis et remontées du niveau marin.

Chiari A., 2005. Banque de données sur l'historique des crues en Corse sur la période 1772-2005, master 2, université de Haute-Corse.

CNR, 2004. La crue du Rhône de décembre 2003 : synthèse hydrologique.

Cœur D., 2006. Les inondations de mai-juin 1856 en France : dommages et conséquences, Rapport MEDD/Diren-RA, Septembre.

Cœur D., Lang M., Soulingeas Y., 2000. Historisque-Isère, utilisation de l'information historique pour une meilleure définition du risque inondation, pôle grenoblois d'étude et de recherche pour la prévention des risques naturels.

Cœur D., Djerboua A., 2006. La crue de mai-juin 1856 : reconstitution d'un événement hydrologique de référence – Bassin Rhône, rapport MEDD/Diren-RA, SHF.

Conseil de développement du pays d'Aubagne et de l'Étoile, 2011. Aménagement et gestion du bassin versant de l'Huveaune, rapport de conseil, 3 février.

Contrat de rivière Azergues, 2008. Inondations dans la vallée d'Azergues ; l'Azergues en colère.

CSME Salin-de-Giraud et Aigues-Mortes, 1982. Tempête des 6, 7 et 8 novembre 1982.

DDAF Haute-Savoie, 2002. RTM, PPRI de l'Arve, commune d'Annemasse.

DDAF, ONF de Haute-Savoie, février 1995. Rapport PER, commune du Grand-Bornand.

DDAF, ONF de Haute-Savoie, octobre 1996. Rapport PPR, commune d'Entremont.

DDE des Alpes-de-Haute-Provence, novembre 1984. Schéma d'aménagement de la vallée de l'Ubaye.

DDE Ardèche, 2001. PPRI, rapport de présentation commune de Vallon-Pont-d'Arc.

DDE Côte-d'Or, 2005. PPRI de la commune de Savigny-lès-Beaune.

DDE Haute-Savoie, 2007. PPRI, commune de Thonon-les-Bains.

DDE Rhône, 2007. PPRNPI du Garon.

DDE Rhône, 2008. PPRI de la vallée de l'Azergues.

DDE Rhône, 2008. PPRNPI de la vallée de l'Ozon, SERDD/MR.

DDE Rhône, 2010. PPRNI de la Brévenne et de la Turdine, dossier soumis à consultation et enquête publique.

DDE Saône-et-Loire, 2003. PPRI à Chalon-sur-Saône

DDE Savoie, 1995. PPRI de l'Isère en Combe de Savoie.

DDT Saône-et-Loire, 2009. PPRNPI de la Saône.

DDTM Alpes-Maritimes, 2011. PPRI basse vallée du Var, rapport de présentation.

De Saint-Seine J., 1999. Bilan du risque inondation en Vaucluse, Diren PACA-SEMA.

DGPR/SRT/BARPI, 2009. Rupture d'un barrage le 2 décembre 1959, Malpasset, France.

Diren Corse, 1993. Approche hydrologique des crues rares observées en Corse au cours du 4e trimestre 1992, rapport de mai.

Diren Corse, 1994. Les pluies exceptionnelles de la Toussaint 1993 en Corse, rapport de juin.

Diren Corse, 1994. Note sur les crues des 5 et 6 novembre 1994 en Haute-Corse, Rapport, 9 novembre.

Diren, EPTB Saône et Doubs, Ville de Besançon, 2010. 1910, la crue du siècle à Besançon, dossier de presse.

Diren Franche-Comté, 2002. État des lieux des enjeux inondation : linéaire de l'Ognon.

Diren PACA, 1995. Les crues 1993-1994 en Provence-Alpes-Côte-d'azur : mieux connaître pour mieux prévenir.

Diren Rhône-Alpes, 2006. RIC, SPC Rhône amont, Saône.

Diren Rhône-Alpes, 2008. Rivière Ouche : éléments sur les crues historiques et sur les enjeux.

Dreal Bourgogne, 1986. Description des principales crues de 1981 à 1985.

Dreal Languedoc-Roussillon, 2011. La prise en compte des risques dans les stratégies d'aménagements : la submersion marine.

Edelblutte C., 2010. Études des risques inondations du bassin de la Savoureuse XIXe et XXe siècles, master d'histoire, université de Haute-Alsace.

Edelblutte C., 2010. Événements hydrologiques extrêmes crue et sécheresse sur le Loue, rapport de stage, Dreal-FC.

Egis Eau, 2009. Réalisation du AZI de la Seille et de ses affluents, étude hydrogéomorphologique, Diren Bourgogne.

Egis Eau, 2010. AZI du bassin versant de l'Aude, rapport de février.

EPTB Saône et Doubs, 2007. L'inondation de novembre 1840, fiche d'informations du programme d'actions de prévention des inondations du Val de Saône.

Gibelin J.-M., 1990. L'Histoire des endiguements de la Durance dans le département des Basses-Alpes, Digne-les-Bains, DDE des Alpes-de-Haute-Provence.

Ginger, 2008. AZI du bassin versant de la Têt, rapport de mars.

Ginger, 2008. AZI du bassin versant du Réart, rapport de mars.

Ginger, 2009. Monographie de la crue du Rhône de décembre 2003, déroulement des inondations, Diren Rhône-Alpes.

Goasguen G., 1998. Estimation de la période de retour de la tempête du 16 décembre 1997, rapport, service technique de la Navigation maritime et des Transmissions de l'Équipement.

Gouaille M., 1973. Les inondations en Haute-Saône, DDPC, 65e congrès départemental des sapeurs-pompiers de la Haute-Saône – Gray.

Hydratech, Sogreah, Safege, CNR, 2000. Étude globale Rhône (EGR), territoire Rhône.

HTV, 2011. Étude hydraulique de définition de l'aléa inondation de la Reyssouze, hydrologie et hydraulique, rapport d'étude D272-09-09, DDT Ain.

IARE, 1998. Premier bilan sur l'effet des tempêtes des 16, 17 et 18 décembre 1997, compte rendu de l'expertise, janvier.

IPSEAU, 1998. PPRI : bassin de l'Yzeron, DDE Rhône.

IRMa, 2006. On n'a jamais vu ça, ou l'incorrigible nature, plaquette.

Lagadec P., 1982. Tempête des 6, 7 et 8 novembre 1982 (sud de la France), rapport de mission, commissariat à l'étude et à la prévention des risques naturels majeurs.

Lefort P., Koulinsky V., 2011. Crue du 15 au 16 juin 2010, expertise post-crue, (1), rapport provisoire.

Lefrou C. *et al.*, 2000. Les crues des 12, 13 et 14 novembre 1999 dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn, rapport des Ponts et Chaussées, IGE, octobre.

Megnint P., 2008. De la perception à la culture du risque inondation : les clés d'une gestion efficace et adaptée, université de Montpellier, juin.

Météo-France, 1988. Nîmes : « la catastrophe », 3 octobre.

Météo-France, 1990. Inventaire des épisodes de fortes pluies en Ardèche, conseil général de l'Ardèche, comité météorologique départemental, (1).

Météo-France, 1994. Analyse de la situation météorologique du 3 au 6 novembre 1994, département de la Haute-Corse, rapport, 10 novembre.

Mission déléguée de bassin RMC, 1984. Rapport Torrion sur les crues de la Saône.

Mission inter-services des risques naturels de l'Isère, Alp'georisques, 2008. PPRI de la Bourbre moyenne.

Naulet R., 2002. Utilisation de l'information des crues historiques pour une meilleure prédétermination du risque d'inondation. Application au bassin de l'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc et Saint-Martin-d'Ardèche, thèse UJF Grenoble, INRS Québec, Cemagref Lyon.

Neppel L., 2003. Analyse de l'épisode pluvieux des 8 et 9 septembre 2002, Hydrosciences Montpellier, DRM/DPPR, juin.

Ponton A., Deniel J., Estienne J., Villevieille A., Bosc R., 1989. Mission technique chargée de tirer les enseignements de la catastrophe de Nîmes du 3 octobre 1988, rapport, secrétariat d'État chargé de la prévention des risques technologiques et naturels majeurs, DEPPR/DRM, avril.

Préfecture de l'Hérault, 2008. Dossier communal d'informations de Saint-Chinian, risque inondation, 13 août.

Rouzeau M., Martin X., Pauc J.-C., 2010. Retour d'expériences des inondations survenues dans le département du Var les 15 et 16 juin 2010, rapport CGEDD, IGA, 87 p.

RTM 37, s.d. Base de données.

Safege, CETIIS, 2000. Étude globale des crues du Rhône, annexes VI : analyse des crues historiques.

SIEE, 2006. AZI du bassin versant du Tech, rapport, avril.

SIEE, Cete Méditerranée, 2004. Inondation du Rhône et de ses principaux affluents de décembre 2003 en aval de Viviers dans les départements de la Drôme, de l'Ardèche, du Gard, du Vaucluse et des Bouches-du-Rhône, Diren-LR.

SMAC, 2008. Plaquette de présentation : crues et inondations, vivre avec la mémoire du risque.

SMNLR, 1997. Tempête du 16 au 18 décembre 1997, rapport de présentation des phénomènes météorologiques, 31 décembre.

Service navigation Rhône Saône, BCEOM, 2009. Plan de prévention des risques naturels pour les inondations du Rhône et de la Saône sur le territoire du Grand Lyon.

Sogreah, 2004. PPRI, rapport de présentation commune de Dunière-sur-Eyrieux, DDE de l'Ardèche.

Sogreah, 2009. Étude hydraulique de la rivière Gier et de ses affluents, étude hydrologique, DDE Loire.

Sogreah, Hunziker, Zrn & Partner, Jaejji M., 2003. Étude du fonctionnement physique du lit du Fleuve Var, rapport d'étude, SMEBVV, 104-112.

Sogreah, Sétra, 1968. Étude de l'empiétement et des ouvrages de l'autoroute A 8 sur l'Argens et ses affluents.

SPC Grand Delta, 2010. Règlement d'information sur les crues Grand Delta.

SRAE de Bourgogne, 1983. Premiers éléments relatifs aux crues exceptionnelles de mai 1983 sur la Grosne.

Silene, 1996. Rapport sur la basse Seille.

Syndicat du Pays de Maurienne, 2010. Mémoire explicatif du programme d'action de prévention des inondations.

Presse

Bastia Journal, 30 octobre 1985, 31 octobre 1985.

Bien Public, n° spécial, 30 septembre 2005.

Corse Actualité, 1er novembre 1993, 7 novembre 1994.

Corse Information, 23 octobre 1992, 25 octobre 1992, 1er novembre 1993.

Corse Matin, 9 décembre 1993, 5 novembre 1994, 7 novembre 1994.

La Corse, 3 novembre 1993.

Le Courrier de Saône-et-Loire, janvier 1955.

Le Progrès (commune de Pont-d'Ain), 26 février 1957.

Le Provençal, 18 janvier 1978.

Le Provençal, 22 octobre 1992.

Les Dépêches, mai 1983.

L'Indépendant du Louhannais et du Jura, octobre 1935.

Journal de la Haute-Saône, novembre 1840.

La République, 15 janvier 1955.

La Sentinelle du Jura, 30 octobre 1840.

Nice Matin, 21 octobre 1992, 22 octobre 1992.

Publications

Antoine J.-M., Desailly B., Gazelle F., 2001. Les crues meurtrières, du Roussillon aux Cévennes, *Annales de Géographie*, 622, nov.-déc.

Auffray A., Clavel A., Jourdain S., Ben Daoud A., Sauquet E., Lang M., Obled C., Panthou G., Gautheron A., Gottardi F., Garcon R., 2011. Reconstitution hydrométéorologique de la crue de l'Isère de 1859. *La Houille Blanche,* 1, p. 44-50.

Bénévent E., Maury E., 1927. Les grandes pluies de l'automne 1926 et la catastrophe de Roquebillère. *Revue de Géographie Alpine,* 15 (1), 151-157.

Bertin A., 1960. Le barrage de Serre-Ponçon, pièce maîtresse de l'aménagement de la Durance. *Revue de géographie alpine*, 48(4), 625-687.

Blanchet G., 2009. La catastrophe du Grand-Bornand du 14 juillet 1987. *SMF info,* 13, p 3.

Bouchayer A., 1925. Le Bassin du Drac. *Revue de Géographie Alpine*, 13(3), 549-621.

Cemagref, 1993. La crue de l'Ouvèze du 22 septembre 1992 : difficultés d'estimation des débits observés. *Article Sécheresse*, 2.

CGGREF, 1995. Un DDAF aux prises avec la catastrophe de l'Ouvèze. *Bulletin du Conseil général du GREF,* 42, août.

Champion M., 1858-1864. *Les inondations en France du VIe siècle à nos jours…,* vol. 1 à 6., V. Dalmont & Dunod, Paris, (réédition Cemagref, 2000).

Cœur D., 2008. *La plaine de Grenoble face aux inondations. Genèse d'une politique publique du XVIIe au XXe siècle,* Quæ, Paris, 328 p.

Daisy G., 1995. Qui se souvient, à Goncelin, du désastre du 14 juin 1827 ? Les affiches de Grenoble et du Dauphiné*,* 14 avril.

Douguédroit A., 2004. À propos de l'averse du 19 septembre à Marseille. *Méditerranée,* 102, 165-170.

Douguédroit A., 2008. Précipitations extrêmes et « crues urbaines » à Marseille (France) de 1861 à 2007. *Bulletin de la Société géographique de Liège,* 51, 105-114.

Ducrocq V., Aullo G., Santurette P., 2003. Les précipitations intenses et les inondations des 12 et 13 novembre 1999 sur le sud de la France. *La Météorologie*, 42, 18-27.

Dupré G., Giorgetti J.-P., 2006. Déluge et désolation. Histoire apocalyptique d'une crue centennale en Corse. *Stantari*, 3 et 4, 56-59 et 57-61.

Durand P. et Heurtefeux H., 2006. Impact de l'élévation du niveau marin sur l'évolution future d'un cordon littoral lagunaire : une méthode d'évaluation. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 221-244.

Fontaine P., Fortela C., 1959. Causes météorologiques des grandes crues cévenoles du début de l'automne 1958. *La Météorologie,* NIT 53, 19 p.

Gex F., 1920. Les intempéries de l'année écoulée (novembre 1918 à novembre 1919) et leurs conséquences sur les cultures et l'économie pastorale en Savoie. *Revue de géographie alpine*, 18(1), 147-176.

Gilard O., Mesnil J.-J., 1994. Le risque d'inondation : analyse de la crue de Vaison-la-Romaine, quelques réflexions sur le risque d'inondation. *Bulletin de l'AIGREF*, 24, 12 p.

Marchegay M., 1861. Rapport sur les inondations qui ont eu lieu en 1857 dans les vallées des principaux torrents du département de l'Ardèche, et en particulier sur les inondations du 13 septembre 1857, *Annales des Ponts et Chaussées,* 1er semestre.

Martin C., 2010. Les inondations du 15 juin 2010 dans le centre Var : réflexion sur un épisode exceptionnel. É*tudes de Géographie Physique*, 37, 41-76.

Méjean P., 1928. Le bassin de Bonneville (Haute-Savoie). *Revue de géographie alpine,* 16(1), 5-168.

Meunier M., 1990. La catastrophe du Grand-Bornand : crue torrentielle du Borne le 14 juillet 1987. *Revue de Géographie alpine,* 78(4), 103-113.

Ministère de l'Écologie, 2008. Les événements naturels dommageables en France et dans le monde en 2007, DGPR, déc., 44 p.

Mougin P., 1914. *Les torrents de la Savoie,* La fontaine de Siloé, Montmélian, 1251 p.

Nicod J., 1997. Dynamique torrentielle du 22 septembre 1992 dans la combe diapirique de Suzette (Vaucluse). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 121-132.

Onde H., 1944. Le lac d'Annecy et le Thiou (étude hydrologique). *Revue de géographie alpine,* 32(1), 1-58.

Pardé M., 1919. Les crues de décembre 1918 et janvier 1919 dans le bassin du Rhône. *Recueil des travaux de l'institut de géographie alpine,* 7(1), 227-239.

Pardé M., 1925. *Le régime du Rhône,* t. 3, Études Rhodaniennes, Lyon, (réédition Géocarrefour, 2004), 848 p.

Pardé M., 1925. *Le calcul des débits du Rhône et de ses affluents*, réédition Géocarrefour Lyon, 2004, 109 p.

Pardé M., 1931. L'Ain : étude hydrologique. *Bull. Mens. Soc. Linn.*, 51(8), 247-249.

Pardé M., 1934. Intempéries méditerranéennes récentes en France. *Revue de géographie alpine*, 12(3), 675-703.

Pardé M., 1936a. L'orage du 3 au 4 octobre 1935 dans le bassin du Rhône. *Revue de géographie alpine*, 24(1), 217-233.

Pardé M., 1936b. La grande crue du Rhône en novembre 1935. *Revue de géographie alpine*, 24(2), 395-420.

Pardé M., 1941. Averses et crues fantastiques dans le Roussillon en 1940. *La Météorologie*, 50-66.

Pardé M., 1941. La crue de septembre 1940 dans les Alpes du Nord. *Revue de géographie alpine,* 29(1), 107-132.

Pardé M., 1960. Sur la crue de juin 1957 dans le Queyras et sur l'hydrologie en général. *Revue de géographie alpine,* 48(3), 511-524.

Perriaux L., 1927. Les mouvements de terrain dans les Alpes niçoises en novembre 1926. *Annales de Géographie,* 36(200), 115-124.

Picon B., 2008. *L'Espace et le temps en Camargue*, Actes Sud, Arles, 304 p.

Poggi A., 1959. La fusion de la neige et les crues de juin 1957 dans les Alpes françaises orientales. *Revue de géographie alpine,* 47(3), 363-374.

Rome S., Giorgetti J.-P., 2007. La Montagne Corse et ses caractéristiques climatiques. *La Météorologie,* 59, 39-50.

Tavernier H., 1901. Étude hydrologique sur le bassin de la Saône. *Annales de Géographie,* 10(49), 46-67.

Tissandier G., 1886. Les inondations du Rhône en octobre et novembre 1886. *La Nature*, 14e année, 2e semestre, n° 679 à 704, 407-410.

Tricart J., 1958. La crue de la mi-juin 1957 sur le Guil, l'Ubaye et la Cerveyrette. *Revue de géographie alpine*, 46(4), 565-627.

Vinet F., 2003. *Crues et inondations dans la France méditerranéenne. Les crues torrentielles des 12 et 13 novembre 1999 : Aude, Tarn, Pyrénées-Orientales, Hérault*, Éditions du Temps, Nantes, 224 p.

Internet

http://amis.arbresle.free.fr

http://www.aquadoc.fr

http://www.art-et-histoire.com/index.php?page_garde.php?&r=1&w=1024

http://base-in-fr.lyon.cemagref.fr/isere1859/presentation.htm

http://cnum.cnam.fr/CGI/sresrech.cgi?4KY28.27/413

http://cpa34.midiblogs.com/saint-chinian

http://fr.wikipedia.org/wiki/Gier

http://www.huffingtonpost.fr

http://www.hydro.eaufrance.fr

http://www.eptb-saone-doubs.fr/Observatoire-des-inondations-du

http://www.irma-grenoble.com

http://www.isere.gouv.fr/Politiques-publiques/Risques/Plans-Communaux-de-Sauvegarde-et-DDRM/Dossier-Departemental-des-Risques-Majeurs-DDRM/(language)/fre-FR

http://www.isere-drac-romanche.fr

http://www.ledauphine.com

http://www.lepoint.fr/actualites-societe/2008-05-30/deluge-en-corse-le-desarroi-de-la-gerante-d-un-hotel-ravage/920/0/249356

http://www.lesmees.org

http://www.meteopassion.com

http://www.nimes.fr/fileadmin/directions/prevention_risque/Nimes_le_3_Octobre_1988.pdf
http://numelyo.bm-lyon.fr
http://www.observatoire-saone.fr
http://www.persee.fr
http://www.pertuisien.fr
http://pluiesextremes.meteo.fr
http://publitheque.meteo.fr
http://www.railsavoie.fr
http://www.riviere-drome.fr
http://www.riviererhonealpes.org
http://www.rhone.gouv.fr
http://www.saleilles.fr
http://www.smf.asso.fr
http://www.symbhi.fr

6
District Seine-Normandie

Zone inondée à Choisy-au-Bac, au droit de la confluence Oise-Aisne en décembre 1993.
Source : archives du SPC Oise-Aisne, photo Schryve

Mathieu Delserieys
Raphaël Blanchard

Les inondations à l'échelle du district Seine-Normandie

Géographie

Le district Seine-Normandie couvre une superficie d'environ 90 000 km². Dans le cadre de l'EPRI, six unités de présentation ont été retenues **(fig. 6-1)** :
– « Bocage normand » (14 000 km²) ;
– « rivières d'Île-de-France » (13 000 km²) ;
– « Seine amont » (18 000 km²) ;
– « Seine aval » (18 000 km²) ;
– « vallées d'Oise » (17 000 km²) ;
– « vallées de Marne » (10 000 km²)

Description des enjeux

Le district Seine-Normandie est composé du bassin de la Seine et des bassins des cours d'eau côtiers normands. Il couvre principalement sept régions administratives (Champagne-Ardenne, Picardie, Bourgogne, Centre, Île-de-France, Haute-Normandie et Basse-Normandie) ainsi qu'une petite superficie des régions Bretagne et Lorraine. Il représente 2 855 communes pour 20 millions d'habitants (soit environ 30 % de la population française), dont plus de 11 millions dans l'agglomération parisienne.

Avec une densité moyenne de population de 200 habitants/km² (double de la moyenne nationale), le bassin de la Seine représente plus du quart de la population française. La population, directement ou indirectement impactée en cas d'inondation, est dès lors un enjeu majeur. Cette population se concentre, pour la plus grande part, dans l'agglomération parisienne et le long de l'axe principal de la Seine, en aval de Paris jusqu'à Rouen et au Havre. En amont de la région parisienne, les principales agglomérations sont localisées le long des grands affluents, de sorte que la densité de population suit assez fidèlement le tracé des cours d'eau.

En Île-de-France même, 880 000 personnes seraient directement inondées en cas de crue comparable à celle de janvier 1910. Les tissus économiques et industriels, les réseaux de transport, énergétiques et de production d'eau, particulièrement développés autour de l'axe Seine, seraient largement affectés. Les enjeux sanitaires et environnementaux sont également particulièrement exposés. L'arrêt de la station d'épuration d'Achères par exemple, l'une des plus importantes au monde, impliquerait un déversement de quantités considérables d'effluents pollués. D'une manière générale, les enjeux écologiques liés à l'inondation de sites industriels et de stockages sont potentiellement élevés. Les dégâts directs générés par l'événement ont été évalués en Île-de-France à environ 12,5 milliards d'euros (actualisation 2008 des résultats de 1998) sans compter les impacts sur les réseaux.

Sur le littoral, la grande majorité des territoires occupés a été gagnée progressivement sur le milieu marin par poldérisation. Ces terrains, situés sous le niveau des marées centennales, restent pour l'essentiel soit des zones naturelles soit des zones vouées à l'agriculture (pacage le long du littoral du Calvados et de la côte est de la Manche, maraîchage le long des côtes ouest de ce département). Toutefois, depuis le

XIXe siècle, les aménagements urbains ont peu à peu empiété sur ces espaces, dans le cadre à la fois de la création de stations balnéaires (Deauville, Trouville ou Cabourg en Basse-Normandie ; Étretat, Mers-les-Bains, Le Tréport en Haute-Normandie) et du développement de ports de commerce ou de pêche (Le Havre, Dieppe ou Cherbourg). Ces terrains sont, à l'heure actuelle, protégés soit naturellement soit artificiellement contre les submersions marines, mais ils restent potentiellement exposés. Le relèvement du niveau marin, consécutif au changement climatique, devrait encore renforcer ce risque.

Topographie et occupation du sol

Le réseau hydrographique comprend 55 000 km de cours d'eau pour une surface totale de l'ordre de 90 000 km^2, cours d'eau côtiers normands compris. La majeure partie de ce réseau converge vers la Seine qui draine un bassin versant de 78 600 km^2 à travers un parcours de 776 km depuis sa source sur le plateau de Langres jusqu'à son estuaire dans la Manche au niveau du Havre. Les faibles pentes des cours d'eau (1 à 3 m/10 km) sont dues aux altitudes modérées. Les reliefs du bassin Seine-Normandie sont peu accentués avec une altitude moyenne de 160 m. Moins de 1 % du territoire est situé à une altitude supérieure à 550 m (point culminant à 902 m, situé aux sources de l'Yonne en Bourgogne). Le littoral s'étend sur quelque 640 km. La façade maritime normande abrite un petit chevelu hydrographique constitué d'une trentaine d'exutoires principaux.

Le bassin Seine-Normandie a par ailleurs une forte tradition d'aménagement hydraulique destiné à la navigation, avec près de 1 500 km de voies navigables, dont environ 450 km de canaux et de rivières canalisées. À la suite des crues historiques de 1910, de 1924, de l'été 1951 et de 1955, ainsi que des sécheresses des années 1920, le département de la Seine, sous l'égide de l'État, a engagé un important programme d'aménagement du bassin en amont de Paris. Quatre grands barrages de retenue ont été établis sur l'Yonne (1949), la Seine (1966), la Marne (1974) et l'Aube (1990), afin, premièrement, de renforcer les débits d'étiage et, deuxièmement, de diminuer l'impact des crues. La capacité totale de stockage (830 millions de m^3) représente entre le quart et le cinquième du volume d'eau transité à Paris, au-dessus de la cote d'alerte, par une crue centennale. Ils permettent ainsi théoriquement d'abaisser la ligne d'eau de près de 70 centimètres lors de tels événements. D'autres aménagements chargés de ralentir les crues sont à l'étude ou en cours de réalisation le long de la Seine (La Bassée) et sur le bassin de l'Oise.

L'occupation des sols en amont est plutôt agricole et forestière. L'activité agricole est fortement liée à la nature des terrains et a largement contribué à façonner le paysage actuel : grandes étendues céréalières de l'est reposant sur des plateaux limoneux, élevage et forêt sur les terrains plus argileux et dans le Morvan, vignobles en Champagne, Île-de-France, vallée de Marne et Seine.

Typologie des inondations

L'humidité du bassin provient principalement des vents d'ouest et perturbations d'origine océanique. Le cumul annuel des précipitations varie de 550 mm (en

Beauce) à 850 mm sur les plateaux centraux, de 800 à 1 100 mm sur les régions côtières du nord-ouest, et jusqu'à 1 300 mm sur les reliefs sud-est du bassin.

Le fonctionnement hydrologique du bassin Seine-Normandie présente une relative homogénéité avec un débit maximum en hiver de l'ordre de 40 l/s/km^2. Les situations locales peuvent être toutefois très contrastées. À Poses, le débit moyen annuel de la Seine est d'environ 480 m^3/s, et varie entre 240 et 805 m^3/s (valeurs moyennes mensuelles d'août et février sur 1974-2000). Ces valeurs moyennes sont bien sûr soumises à une importante variabilité interannuelle. Les dernières grandes crues ont atteint 2 200 m^3/s (en 2001) et 2 500 m^3/s (en 1910). À l'exception du Morvan, le régime hydrologique est peu influencé par les chutes de neige. Cela dit, le gel et la fusion nivale ont pu avoir, par le passé, un rôle important dans la genèse de certaines crues, comme en janvier 1910.

À l'échelle du district Seine-Normandie, les inondations les plus nombreuses sont principalement dues aux débordements des cours d'eau. Elles sont issues de deux grandes familles d'influence climatique.

Les crues océaniques

Elles ont lieu surtout en hiver et au printemps, générées par des flux d'ouest qui, bloqués par le massif du Morvan, produisent de longues périodes de précipitations avec des cumuls importants. En général les crues sont lentes. La saturation progressive des sols peut toutefois induire une forte réactivité du bassin lors des derniers épisodes pluvieux. Outre la saturation des sols, le ruissellement peut aussi être influencé par la température. Ainsi, le gel peut accélérer la concentration des écoulements, alors que le redoux peut entraîner une fonte rapide des neiges et accroître ponctuellement les apports en eau.

Les crues d'orage

Elles sont caractérisées par de fortes intensités de pluie sur des durées courtes, inférieures à la journée, et une montée rapide des eaux. Elles surviennent principalement en été, sur des secteurs très localisés (petits bassins versants, têtes de bassins) avec des temps de concentration très faibles (inférieurs à 12-24 heures). L'imperméabilisation croissante des sols par l'urbanisation accentue encore cette vitesse de concentration. Les inondations peuvent alors provenir de l'incapacité des réseaux d'eau pluviale à évacuer ces grands volumes. Notons qu'en milieu rural, le ruissellement peut aussi être associé à des problèmes d'érosion des sols, et qu'il se traduit souvent par des coulées de boue.

Deux autres types d'inondation sont également à considérer.

Les inondations par submersion marine

Les submersions marines sont généralement associées à des tempêtes avec des facteurs aggravants liés à la conjonction de surcotes maritimes, de fortes marées, le tout à l'origine de vagues importantes qui peuvent dépasser ou rompre les ouvrages de défense. La submersion par la mer peut aussi éventuellement être associée à des crues fluviales. Les zones de submersion potentielles sont relativement étendues sur les

façades maritimes du district, en dehors des secteurs Hauts-Normands pour lesquels les falaises ont une hauteur proche de 100 m.

Les inondations par remontée de nappe

Les inondations par remontée de nappe sont liées à une géologie spécifique. Sur le bassin Seine-Normandie, on les retrouve principalement en Normandie et en Picardie. Ces phénomènes sont lents et très localisés. Certains paramètres sont particulièrement importants dans le déclenchement et la durée de ce type d'inondation : une suite d'années à pluviométrie excédentaire, entraînant des niveaux de plus en plus élevés même en été ; une amplitude importante de la variation annuelle du niveau de la nappe ; et enfin, le volume contributif relatif de la nappe par rapport au ruissellement sur le bassin versant hydrogéologique considéré. Soulignons encore que les nappes peuvent accentuer les conséquences des inondations par débordement de cours d'eau. La remontée de leur niveau peut générer des débordements sur des zones de coteaux. La lenteur de leur vidange peut également ralentir la décrue fluviale.

Inondations remarquables

Nous avons retenu au total 30 événements d'inondations sur le district Seine-Normandie. Le tableau 6-1 indique dans quelles parties on pourra trouver les informations sur chaque inondation. Quatre événements sont décrits au niveau du district **(fig. 6-2)** pour illustrer chacun des quatre types d'inondation. Leur présentation est parfois complétée au niveau de certaines unités de présentation plus particulièrement touchées.

Crue de la Seine et de ses affluents de janvier 1910

Le débordement de la Seine de janvier et février 1910 est un événement majeur tant par son intensité que par les dégâts engendrés (fig. 6-3). Il constitue aujourd'hui l'événement référence pour la crue centennale dans le cadre des dispositifs de prévention du risque inondation.

La fin de l'année 1909 est très humide avec 450 mm de précipitations sur trois mois. Le mois de janvier 1910 est caractérisé par des cumuls importants de pluie et de neige sur l'ensemble du bassin de la Seine : de l'ordre de 300 mm dans la partie haute du bassin versant, de 110 mm dans la partie centrale, et de 280 mm sur la Seine aval. Les pluies du 18 au 21 janvier ruissellent du fait des sols saturés.

L'onde de crue se développe sur la Seine mais également sur la Marne. Deux autres se forment sur l'Yonne. Les pics de la Seine amont et de l'Yonne se rejoignent et sont à l'origine d'une crue très importante sur la région parisienne. La plupart des cours d'eau connaissent un événement de période de retour centennale, avec des développements et des conséquences différents d'un secteur à l'autre du bassin, sans compter l'influence de la mer en Seine aval. La description des phénomènes est plus amplement détaillée au niveau de chaque unité de présentation.

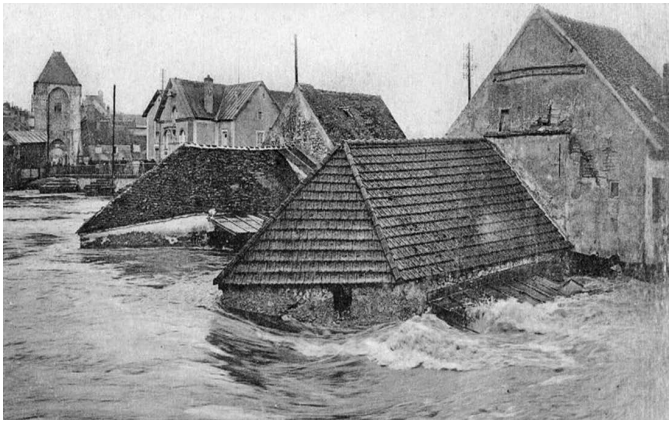
Tableau 6-1. Inondations remarquables retenues pour le district et les UP Seine-Normandie

Inondation	District	Bocage normand	Rivières d'Île-de-France	Seine amont	Seine aval	Vallées de l'Oise	Vallées de la Marne
Février-mars 1784						●	
24-28 septembre 1866				●			
7 juillet 1875		●					
Janvier-mars 1910	●		●	●	●	●	●
2-7 novembre 1924							●
Décembre 1925-janvier 1926		●					
30 décembre 1947-1er janvier 1948							●
Janvier 1955			●	●			●
25-26 février 1958			●				
16-23 mars 1978			●				
Janvier 1982				●			
Avril-mai 1983			●				●
5-6 décembre 1988			●				
Février 1990	●	●			●		
Décembre 1993-janvier 1994						●	●
Janvier-février 1995						●	
16 au 17 juin 1997	●				●		
Avril-mai 1998				●			
25-26 décembre 1999					●		
7-13 mai 2000					●		
6-9 juillet 2000							●
Mars-avril 2001	●	●	●	●	●	●	●
6-7 juillet 2001			●				
Décembre 2001-janvier 2002							●
1er juin 2003		●					
9-13 mars 2006				●			
7-8 juin 2007						●	
14 juin 2009							●
5 décembre 2010		●					
7-8 janvier 2011						●	

N.B. Ce tableau ne rend pas compte de l'emprise géographique réelle des événements

a)

b)



c)

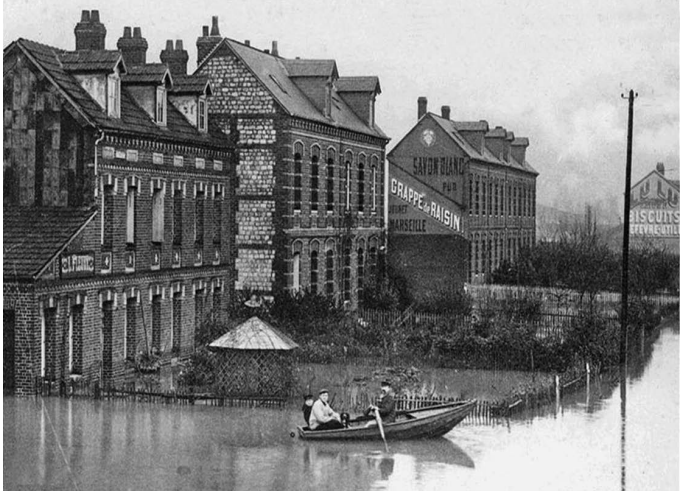


Figure 6-3. Crues de janvier 1910 : (a) Seine à Troyes ; (b) Loing à Moret-sur-Loing ; (c) Seine à Sotteville-lès-Rouen. Source : services archives de Troyes, Moret-sur-Loing, Sotteville-lès-Rouen, association La Seine en partage

Malgré son ampleur, l'événement de janvier 1910 n'est pas le plus important retenu par les chroniques des derniers siècles. Ainsi, d'une partie du bassin à l'autre, l'épisode a eu des effets contrastés. Il semble par ailleurs qu'en février 1658, la hauteur de la Seine aurait atteint 8,96 m au pont d'Austerlitz à Paris, soit un peu plus de 30 cm au-dessus du niveau de 1910. L'information reste toutefois à valider.

Tempêtes et submersions marines du 26 au 28 février 1990 sur les littoraux normand et picard

Les côtes haut-normandes et picardes, comprises entre l'estuaire de la Seine et la baie de Somme, présentent une vulnérabilité historique vis-à-vis des submersions marines. Les inondations par la mer dues aux tempêtes (submersions de tempête) résultent pour la plupart, sur ce littoral, de la conjonction d'une surcote à la marée et d'une forte agitation marine. La période 1967-1990 a été tout particulièrement marquée par une multiplication d'événements parfois sévères (Caspar, 1990) dont on craint le retour au cours des prochaines décennies, notamment dans la perspective de la hausse du niveau marin associée au changement climatique.

En février 1990, le littoral de la côte d'Albâtre est frappé par plusieurs tempêtes qui, dans un premier temps, fragilisent les plages et provoquent ensuite des submersions marines en plusieurs secteurs. La première figure parmi les plus puissantes **(fig. 6-4)** qu'ait connu le nord-ouest de la France au cours du XX^e^ siècle. Les suivantes se distinguent par une série de submersions désastreuses les 11, 26, 27 et 28 février. La surcote due aux conditions météorologiques atteint par exemple 1,50 m au Tréport. L'ensemble du littoral de la côte d'Albâtre est touché.

Orage du 16 au 17 juin 1997 à Saint-Martin-de-Boscherville

Le nord-ouest du district Seine-Normandie (de la Basse-Normandie jusqu'au département de l'Aisne) est particulièrement exposé aux violents épisodes orageux à l'origine de crues soudaines. Le 16 juin 1997, un violent orage éclate au droit de la petite vallée de l'Austreberthe à l'ouest de Rouen. Des pluies diluviennes s'abattent en quelques heures provoquant un intense ruissellement et des coulées de boue qui déferlent sur la commune de Saint-Martin-de-Boscherville (fig. 6-5). Trois personnes périssent, piégées dans leur véhicule emporté par les flots, ainsi qu'une quatrième dans un accident de la circulation, suite aux mauvaises conditions météorologiques.

Remontées de nappe de mars-avril 2001 en Normandie et Picardie

Les inondations par remontée de nappe de mars-avril 2001 sont la conséquence d'une année 2000 particulièrement humide et d'une période de pluie exceptionnelle, entre octobre 2000 et avril 2001 **(fig. 6-6)**. L'ensemble du bassin Seine-Normandie affiche, sur la période, des cumuls bien supérieurs à la moyenne climatologique (généralement comprise entre 600 et 1 400 mm), avec des valeurs exceptionnelles sur les régions côtières de la Manche et sur un large quart nord-ouest du bassin. L'excédent dépasse de + 75 à + 100 % la moyenne climatologique sur les zones côtières du Cotentin, le Bessin et le pays d'Auge ; le nord du département de l'Eure et l'ensemble

a)

b)

Figure 6-5. Inondation du 16 au 17 juin 1997 : (a) Saint-Martin-de-Boscherville ; (b) La Vaupalière. Source : INA

de celui de la Seine-Maritime ; le bassin de l'Oise à l'ouest d'une ligne Reims - Saint-Quentin ; les régions s'étendant du Vexin normand à la plaine de France.

Dès les premiers jours de mars, l'activité pluvieuse reprend et persiste sur l'ensemble du bassin durant tout le mois. Les hauteurs d'eau quotidiennes les plus conséquentes, parfois supérieures à 30 mm, s'observent sur la Bourgogne le 13 mars (avec localement plus de 50 mm sur le Morvan). La lame d'eau mensuelle dépasse 100 mm sur l'ensemble du bassin, 150 mm au nord d'une ligne Alençon-Évreux-Paris-Reims, et 200 mm sur les collines du sud du Cotentin, le Roumois, le sud du pays de Caux et le Morvan. Il pleut ainsi deux à trois fois plus que la moyenne climatologique sur la plupart des régions, et localement plus de trois fois de part et d'autre d'un axe Caen-Reims. Le mois de mars n'a jamais été aussi humide depuis le début des observations à Caen, Rouen, Évreux, Beauvais, Paris, Reims, Langres et Auxerre.

Le niveau des rivières reste très élevé tout au long du mois d'avril 2001, sans connaître toutefois des poussées comparables aux crues de mars. Les très forts écoulements des

cours d'eau entraînent des effets bien supérieurs au traditionnel effet de chasse d'eau de l'hiver.

Des milliers de personnes subissent des sinistres à travers tout le bassin Seine-Normandie (fig. 6-7).

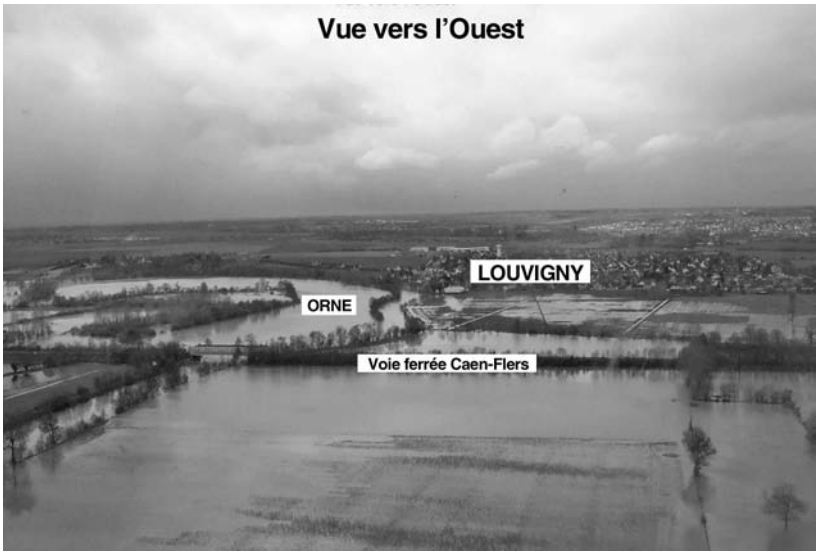


Figure 6-7. Zones inondées dans le secteur de Louvigny en Basse-Normandie, le 22 mars 2011. Source : DDTM 14, SPC SACN

Les inondations à l'échelle des unités de présentation

Unité Bocage normand

Réseau hydrographique

L'UP « Bocage normand » est drainée par tout un ensemble de fleuves côtiers aux bassins versants allant de quelques centaines (Sienne, Ay, Saire) à quelques milliers de km^2 pour les plus importants (Sélune, Touques, Orne). La région se situe entre la frange est du Massif armoricain granitique et le Bassin parisien composé de craie. Localement, certaines zones recouvertes d'argiles sont imperméables mais globalement les couches superficielles sont perméables (phénomène fortement amplifié dans les zones de karst). De puissants aquifères sont recensés entre Bayeux, Caen et Argentan.

Typologie des inondations

On rencontre trois types principaux d'inondation sur l'UP « Bocage normand » : les débordements de cours d'eau, les ruissellements urbains ou ruraux et les submersions marines. Directement soumis au passage des perturbations océaniques, le territoire

reçoit en moyenne plus de 1 100 mm de précipitations annuelles. Il peut localement être sujet à des pluies estivales orageuses violentes.

Les fleuves côtiers normands, au faible linéaire, génèrent souvent des phénomènes de crues rapides. L'imperméabilisation des sols en zone urbanisée et le drainage en zone agricole ont tendance à les amplifier. Retenons aussi que la marée et les phénomènes météorologiques (vent, pression) peuvent avoir une incidence sur l'écoulement des crues.

Le ruissellement urbain et rural et les coulées de boue sont également très présents et génèrent des dégâts conséquents, notamment en ce qui concerne l'atteinte aux biens économiques. Certains épisodes ont eu des conséquences dramatiques pour la vie humaine comme ce fut le cas à Saint-Martin-de-Boscherville en 1997 et à Barentin en 1999. Des inondations liées à la saturation des réseaux peuvent aussi être constatées, notamment lorsque la marée bloque l'évacuation des eaux.

Le risque de submersion marine concerne toutes les communes du littoral.

Notons que des remontées de nappe phréatique sont également constatées par endroits (plaine de Caen…).

Inondations remarquables

Six événements historiques ont été retenus **(fig. 6-8)** et recouvrent les différentes typologies d'inondation :
– crues océaniques avec débordement de cours d'eau en décembre 1925-janvier 1926, et décembre 2010 (avec contribution nivale) ;
– orages et coulées boueuses en juillet 1875 et juin 2003 ;
– tempêtes et submersions marines en février 1990 ;
– remontée de nappe et inondations en mars-avril 2001.

Orage du 7 juillet 1875 dans le secteur de Lisieux

Un très violent orage s'abat sur le bassin de la Courtonne, sous-affluent de la Touques, le 7 juillet 1875. Les pluies surviennent entre 13 h 30 et 15 heures, avec une accalmie de 15 heures à 16 heures, puis une reprise plus violente de 16 heures à 19 heures. La hauteur totale des précipitations atteint 106 mm.

Les crues sont étroitement limitées aux affluents de rive droite de la Touques, aux confins du département de l'Eure, dans un secteur compris entre Thiberville et Orbec. Les meules de foin, entraînées, obstruent les ponts et les aqueducs, qui sont alors emportés. Ces phénomènes de débâcle semblent s'être produits en plusieurs points.

« Un ingénieur rapporte le fait qu'un mur établi en travers de la partie haute de la vallée était percé d'une ouverture de 1,20 m sur 0,80 m pour le passage des eaux ; un bouchon de foin arrêtant celles-ci, le niveau s'éleva à deux mètres en amont du mur et un véritable torrent se précipita bientôt par une brèche de 50 m de largeur. Il fondit sur le village de Saint-Paul-de-Courtonne et y produisit les plus grands désastres. » (Lechalas, 1884).

Le petit village de Glos, situé à cinq kilomètres de Lisieux, sur la route d'Orbec, est particulièrement éprouvé. Le pont est littéralement déraciné et renversé dans la rivière. Une maison en briques s'écroule en partie. En un instant l'eau atteint

une hauteur de deux mètres enlevant des hangars les nombreuses marchandises qui couvrent les quais de débarquement. Quatre habitants se noient. L'arrivée des eaux dans la Touque (Lisieux) a lieu vers 20 h 30 (fig. 6-9). Son lit est alors tellement encombré par les bois et les foins que l'eau déborde et emprunte les rues (boulevard des Bains, rue Saint-Dominique).

« Plusieurs maisons sont submergées sur presque toute la hauteur du rez-de-chaussée. Sept personnes périssent. La crue survient pendant le sommeil de certaines personnes et surprend tout le monde : les employés de service se sont échappés à grand-peine au moyen de cordes qu'on leur jeta, du haut de la terrasse de la gare des voyageurs ; l'un d'eux est même obligé de se réfugier sur le haut d'un wagon, où il resta jusqu'à deux heures du matin. » (*Le Monde illustré*, 17 juillet 1875).

Les hauteurs d'eau atteignent un à trois mètres dans tous les bas quartiers où tous les rez-de-chaussée sont submergés. La moitié de la ville est sous l'eau.

a)

b)

Figure 6-9. Orage du 7 juillet 1875 : (a) vue générale de Lisieux pendant l'inondation ; (b) personne échappant à la crue soudaine. Source : *Le Monde Illustré*, 19e année, n° 953, 17 juillet 1875

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage d'été : 106 mm de pluie en 5 h 30	• 480 hectares inondés dans la région de Lisieux	• Au moins 7 morts à Lisieux, ponts emportés, nombreuses habitations inondées

Inondations de décembre 1925 et janvier 1926 en Basse-Normandie

La crue de 1926 est plus catastrophique sur la Basse-Normandie que celle de 1910 (respectivement de périodes de retour de 100 et 30 ans à Caen) alors que la réaction hydrologique a été moins significative sur l'Orne amont. L'événement est précédé d'une série d'averses intenses. On enregistre 40 mm dans la nuit du 29 au 30 décembre 1925, 25 mm dans la matinée du 30. Les cumuls sur 30 heures correspondent à la pluie moyenne d'un mois d'hiver. On relève 70 mm à la station de Brémoy du 20 au 23 et encore 145 mm du 26 au 31 décembre.

Les inondations touchent le Calvados en général et la ville de Caen (fig. 6-10) en particulier. Les eaux atteignent la cote 10,55 m et peinent à s'évacuer en aval du fait de la marée (coefficients 77 et 80). L'Orne au droit de Thury-Harcourt atteint la cote 3,15 m le 29 décembre, 3,95 m le 30. Une montée aussi rapide est sans précédent. Les débits eux-mêmes sont supérieurs de plus de 30 % à ceux de la plus grande crue connue (600 m^3/s à Caen contre 450 en 1910). La brièveté de montée des eaux explique l'importance des pertes chez les riverains : stocks des commerçants (importantes pertes de sucre, tissus, eau-de-vie), mobilier des particuliers, etc. Parmi les causes de cette inondation certains pointent les travaux d'aménagement de la rivière, réalisés au cours de la première moitié du XIX^{e} siècle dans la traversée de Caen, en particulier la suppression de l'un des deux anciens bras qui, lors des crues, permettait d'évacuer plus facilement le surcroît d'eau.

Figure 6-10. Inondations de décembre 1925 et janvier 1926 : rue des Jacobins à Caen.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Pluies abondantes (quantité d'eau d'un mois d'hiver tombé en deux jours) • Crue centennale à Caen	• Calvados, villes de Fleury-sur-Orne, Louvigny, Caen, Mondeville, Condé-sur-Noireau	• Nombreux quartiers inondés • Importants dégâts matériels à Caen

Tempêtes et submersions marines du 26 au 28 février 1990 sur le département de la Manche

De la mi-janvier à la fin février 1990, le nord-ouest de la France est balayé par une série de dépressions. La dernière, très creusée, a lieu du 26 au 28 février. Les vents de secteurs ouest – sud-ouest atteignent jusqu'à 151 km/h en rafales et poussent les courants marins vers les côtes. La tempête se conjugue avec des coefficients de marée particulièrement élevés (entre 102 à 108) et une très forte houle. La surcote atteint 105 cm. L'ensemble du littoral bas-normand subit d'importants dégâts.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Succession de tempêtes hivernales à l'origine de submersions • Coefficient de marée : 108 • Pointe de vent jusqu'à 150 km/h • Niveau marin maximum observé = 7,85 m	• Côte ouest de la Manche	• Dégradation du sentier littoral sur la côte granvillaise • Dune emportée sur une longueur de 400 m à Coutainville et recul de 3 m de la dune à Jullouville • Inondations de bourgs et terrains agricoles, maisons détruites, toitures, réseaux téléphoniques et structures ostréicoles endommagés

Remontées de nappe et inondations de mars-avril 2001 en Basse-Normandie

La Basse-Normandie est particulièrement exposée aux risques de remontée de nappe. Le tiers du département du Calvados est concerné.

L'automne et l'hiver 2000 ont été particulièrement pluvieux (183 jours de pluie sur 212). Les précipitations se poursuivent en mars et avril 2001. Les cumuls atteignent au final 770 mm à la station de Caen-Carpiquet entre le 1er octobre 2000 et le 1er mai 2001, contre 440 mm en moyenne, et 710 mm sur l'année. C'est la plus haute valeur enregistrée depuis la mise en service de la station en 1944. Dans l'arrière-pays d'Étretat, les cumuls sur sept mois atteignent 1 000 à 1 200 mm, soit des valeurs proches de la moyenne annuelle. Les sols sont saturés et ne retiennent plus rien. Résultat, à chaque nouvel épisode pluvieux, d'importants ruissellements viennent grossir et faire déborder les cours d'eau.

Dans la plaine de Caen, la nappe est à un niveau jamais vu. À Saint-Contest, elle a gagné 12 m depuis octobre 2000, soit quatre mètres au-dessus de son niveau record de 1982. Les fortes pluies de mars ont contribué à la remontée des niveaux des aquifères qui engendre des débordements dans la plaine de Caen.

Les crues se succèdent tout au long de l'automne et de l'hiver 2000 jusqu'en avril 2001, au rythme de perturbations généralement très actives. Les inondations qui s'ensuivent entraînent de nombreux sinistres, notamment lors des deux pics paroxysmaux de novembre 2000 et de janvier 2001. Certaines rivières subissent des pointes de crue rares, de fréquence décennale à probablement centennale, qui occasionnent des inondations en particulier dans le sud-ouest de la Manche. Début janvier, les bassins de l'Orne et de la Dives sont affectés par des crues exceptionnelles, de périodes de retour entre 10 et 15 ans. Louvigny est inondé pour la quatrième fois de l'hiver. Les eaux restent six jours. Mi-janvier, le nord du Cotentin subit sa troisième grande crue de l'hiver, aggravée par la grande marée.

Les rivières envahissent les points bas et les marais de la Dives et du col du Cotentin. La plaine de Caen, entre falaise et mer, est inondée durablement en plusieurs endroits : champs, fonds de vallons et caves sont atteints. Dans le secteur d'Ifs, le périphérique sud est fermé entre mars et mai 2001. On constate également de nombreux mouvements de terrain un peu partout dans la région. Ils font une victime dans le Bessin.

À chaque fois, les coûts des pertes et des remises en état sont notables : 270 000 € par exemple pour la fermeture du périphérique sud de Caen (hors coût agents), dont 145 000 € de pompage, 61 000 € de panneaux de signalisation et 38 000 € d'étude ; 585 090 € de travaux de remise en état des voiries et réseaux dans le centre-ville de Saint-Sylvain (Calvados), et 27 000 € de dommage par sinistre ; environ 40 000 € par exploitation agricole. Au total, les dommages sont évalués à plusieurs dizaines de millions d'euros (particuliers, infrastructures, exploitations agricoles).

La plupart des communes de la Manche et du Calvados sinistrées par des remontées de nappe bénéficieront de la procédure d'indemnisation pour catastrophe naturelle.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec remontées de nappe • En six mois, 770 mm tombés à Caen, soit la pluviométrie moyenne annuelle	• Basse-Normandie (plaine de Caen et marais arrière-littoraux) : secteurs inondés pendant plusieurs semaines	• Une victime indirecte, nombreux bâtiments inondés, périphérique de Caen fermé

Épisodes orageux du 1er juin 2003 dans la basse vallée de la Touques

Les orages éclatent en deux vagues successives ce premier juin 2003 sur le bassin de la Touques, l'une en tout début de matinée, l'autre en cours d'après-midi. Deauville et le Pays d'Auge mais également la région du Bessin, à l'ouest de Caen, sont touchés. La station de Deauville relève un cumul de 129,7 mm en 15 heures, avec 37,4 mm entre 6 et 9 heures, et 78,9 mm entre 16 et 17 heures.

Les vallons rive droite du bassin de la Touques réagissent plus particulièrement lors du second épisode, générant quatre crues rapides sur les communes de Touques et Trouville. Sur les versants, les ruissellements donnent également naissance à des écoulements concentrés. Une vague d'un mètre surgit ainsi à l'exutoire du petit bassin de Callenville après la chute d'un mur ; 50 cm d'eau boueuse se déverse alors dans la zone portuaire laissant ensuite un dépôt d'une dizaine de cm. Les canalisations sont obstruées et cèdent sous la pression. On relève de nombreux embâcles sur les différents bassins versants. Au centre de Touques, le débordement des Ouïs atteint 1,50 m de hauteur.

À Trouville-sur-Mer, les quais sont submergés en quelques minutes par des milliers de mètres cubes d'eau. Les hauteurs atteignent un mètre dans les rues et causent de très importants dégâts. Une vingtaine de voitures sont emportées par un torrent d'eau et de boue à l'entrée du pont des Belges.

Un enfant est grièvement blessé. Une personne décède suite à une crise cardiaque. Une maison s'effondre, de nombreux foyers sont privés d'électricité, des bâtiments sont inondés et évacués.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orages • À Deauville, cumul de 130 mm en 15 heures	• Basse vallée de la Touques, Trouville-sur-Mer	• Un décès • Coût : 5,3 M€ dont 5 M€ pour la seule commune de Trouville

Orages de neige du 5 décembre 2010 à Cherbourg-Octeville

De violents orages de neige affectent le nord Cotentin de fin novembre à début décembre 2010. Les cumuls neigeux sont exceptionnels pour la région et n'ont jamais été observés depuis 50 ans : 55 cm à Beaumont-Hague, 60 cm au Theil (50). La fusion très rapide, moins de 24 heures, associée à la pluie génère près de 100 mm de précipitations en dix jours, soit l'équivalent de la moyenne climatologique sur un mois. En cumul journalier, les valeurs sont parfois supérieures à la pluie centennale.

La réaction des cours d'eau est immédiate. La Divette et ses affluents débordent instantanément et sont à l'origine de graves inondations dans le centre de Cherbourg, notamment dans le quartier de la gare SNCF. Le phénomène est encore aggravé par un fort coefficient de marée (87) qui contribue à ralentir l'évacuation des eaux à l'aval.

La voie ferrée Paris-Cherbourg est inondée, les installations fortement endommagées et le trafic interrompu pendant près d'une semaine. L'avenue de Paris, entrée sud de Cherbourg, est totalement submergée plusieurs heures durant, 200 à 300 foyers sont privés d'électricité. Même scénario au quartier de la Glacerie : 70 maisons sont sous 1 à 1,50 m d'eau et une centaine de personnes sont évacuées. L'école du quartier est fermée durant plusieurs jours.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orages de neige, fonte rapide d'une épaisse couche de neige, pluies, importante marée	• Agglomération de Cherbourg-Octeville, vallée de la Divette • Ensemble de la zone d'aléa cartographiée par le PPRNI Divette inondé	• Voies SNCF inondées, centaine de personnes évacuées, nombreuses habitations submergées

Unité rivières d'Île-de-France

Réseau hydrographique

L'UP « rivières d'Île-de-France » concerne essentiellement le territoire de la région Île-de-France, auquel viennent s'ajouter une partie des régions Champagne-Ardenne, Centre, Bourgogne et Picardie. Elle couvre une superficie de plus de 12 000 km^2. Dans cette zone géographique centrale du Bassin parisien, convergent la Seine, l'Oise et la Marne. Largement sollicitées pour les besoins en eau potable et l'alimentation de plus de la moitié des Franciliens, ces rivières recueillent également la majorité des rejets des différentes activités humaines (habitat, industriel, agriculture…).

Dans la grande couronne, l'Île-de-France compte de nombreuses rivières où s'affrontent les logiques d'aménagement (rural versus urbain) : Yerres, Mauldre, Essonne, Grand Morin… Dans l'agglomération centrale, l'urbanisation particulièrement dense enserre les derniers petits cours d'eau : Bièvre, Morbras…

Typologie des inondations

Le débordement de cours d'eau est le principal type d'inondation rencontré en Île-de-France, associé ou non aux remontées de nappe. Ponctuellement on relève aussi des phénomènes de ruissellement lors de précipitations intenses, d'orages en particulier.

Inondations remarquables

Huit événements historiques ont été retenus **(fig. 6-11)** et recouvrent différents types d'inondation :
– crue océanique généralisée avec plusieurs épisodes, en janvier 1910, janvier 1955 et mars 2001 ;
– crue océanique ayant touché une partie seulement du district, sur le Grand Morin (février 1958 et décembre 1988), le secteur francilien (mars 1978) ou le bassin de l'Essonne (avril 1983) ;
– orage d'été en juillet 2001 sur l'Île-de-France.

Crue de la Seine de janvier 1910 en Île-de-France

Les conditions météorologiques à l'origine de la crue de 1910 se mettent en place en septembre, octobre et décembre 1909. Les précipitations sont supérieures de 50 % à la moyenne climatologique.

Trois événements pluvieux s'enchaînent à intervalles courts et réguliers au cours du mois de janvier 1910 :
– un premier épisode de précipitations modérées, comprises entre 10 mm au nord-ouest et 30 mm au sud-est du bassin, survient entre le 9 et le 12 janvier ;
– un deuxième, du 17 au 20 janvier, avec plusieurs perturbations actives dans un rapide courant d'ouest, à l'origine de pluies très abondantes. En quatre jours, la moitié nord du bassin de la Seine recueille entre 30 et 50 mm, la moitié sud de 60 à 100 mm. On enregistre jusqu'à 130 mm sur le Morvan. Ces cumuls sont exceptionnels pour la saison et sur une durée aussi courte. Ils correspondent sur la moitié sud du bassin aux précipitations habituelles de tout le mois de janvier ;
– un troisième épisode, du 23 au 25 janvier, apporte des précipitations modérées, comprises entre 20 et 30 mm. Il provoque une deuxième onde de crue sur l'Yonne supérieure, le Loing et le Grand Morin. La concomitance de cette deuxième montée avec la première crue de la Petite Seine et de la Marne, plus lente, est à l'origine du pic de crue mesuré à Paris le 28 janvier 1910 à midi.

a)

b)

c)

d)

Figure 6-12. Inondations de la Seine dans l'agglomération parisienne en janvier 1910 : (a) perspective depuis la tour de l'horloge, gare de Lyon ; (b) effondrement de la voûte d'un égout ; (c) pont de l'Alma ; (d) Gennevilliers, avenue du Pont-de-Saint-Denis. Source : service archives de Paris et de Gennevilliers, association La Seine en partage

La première série de pluies (9 au 12 janvier) contribue à saturer les sols sur une grande partie du bassin versant de la Seine. Ce sont toutefois « les torrents d'eau tombés du 18 au 21, pendant 4 jours qui déterminèrent une crue exceptionnelle et presque subite de l'Yonne, du Loing et du Grand Morin » (Rapport Picard, 1910). En quatre jours, la Seine gagne plus de trois mètres à Paris. La progression des ondes de crues est moins rapide sur la Petite Seine et la Marne mais les maxima sont déjà significatifs.

Du 20 au 28 janvier 1910, Paris connaît une crue d'une hauteur exceptionnelle (fig. 6-12). La station hydrométrique de Paris-Austerlitz enregistre 8,62 m. À l'échelle

du pont de la Tournelle les eaux atteignent 8,42 m. Le zouave du pont de l'Alma a de l'eau jusqu'aux épaules. L'événement est comparable aux maximums connus. Il est légèrement inférieur à celui de 1658, qui est la plus haute crue signalée à Paris depuis 400 ans, avec 8,81 m enregistrés à l'échelle du pont de la Tournelle (rapport Belgrand, 1872). Il est légèrement supérieur à celui de 1740 où l'eau monta à 7,90 m à l'échelle du pont de la Tournelle (rapport Belgrand, 1872).

Le 26 janvier, la concomitance du maximum de la Petite Seine (premier épisode pluvieux) avec le deuxième maximum du Loing aggrave la montée de la Seine à Melun. Il en va de même sur la Marne à Chalifert où la deuxième pointe très marquée du Grand Morin rencontre le maximum de la Marne.

La décrue s'amorce le 29 janvier à Paris après 12 jours de montée continue. Deux autres épisodes de crue, moins importants, surviennent encore courant février, du 7 au 17 et du 22 février au 1er mars, avec respectivement un maximum de 5,46 m et de 5,61 m à l'échelle de Paris-Austerlitz. Le retour complet à la normale (cote inférieure à 2,50 m) est effectif le 16 mars 1910.

Le bilan est catastrophique. La crue occasionne d'importants dommages à Paris et dans toute la vallée de la Seine. De nombreux quartiers restent sous les eaux plusieurs semaines durant (10 jours de crue, 35 jours de décrue). Les affluents sont affectés à des degrés divers. À Paris, 20 000 immeubles sont inondés, la moitié du réseau métropolitain fermée, les habitants d'un millier de maisons évacués, etc. La situation de la banlieue est plus dramatique encore, en amont comme en aval. Plus de 30 000 maisons sont inondées (certaines entièrement détruites), et le nombre des sinistrés atteint 150 000.

La commune de Gennevilliers est tout particulièrement sinistrée. Les digues sont submergées, et le refoulement du réseau d'égout, qui diffuse rapidement la montée des eaux, contribue à accroître l'impact de la crue. Les hauteurs dans les rues atteignent 1,20 m dans de nombreux endroits. Plus de 1 000 maisons sont touchées, 150 sont évacuées, 13 s'effondrent au cours de l'événement. À Villeneuve-la-Garenne, les personnes entrent dans les habitations par les fenêtres du premier étage. Dès le 21 janvier, les avenues de Gennevilliers (avenue de Verdun) et d'Asnières (boulevard Gallieni) sont submergées. Le 26 janvier, les écoles sont fermées. Les familles les plus touchées sont évacuées en barques. Le 29 janvier, l'inondation est générale. La décrue s'amorce seulement début février. Il faudra encore plusieurs semaines pour nettoyer les boues et déblayer les rues des amas de ferrailles et détritus divers.

L'inondation fait également d'importants dégâts dans la partie ouest de Paris, L'Île-Saint-Denis, Saint-Denis, Épinay-sur-Seine (département actuel de la Seine-Saint-Denis). Les pertes touchent également les espaces ruraux. Les champs sont ravagés, de nombreuses têtes de bétail et autres animaux périssent noyés.

Dresser un bilan assuré des pertes est aujourd'hui encore très délicat, faute d'une investigation suffisamment poussée dans la très riche documentation conservée en de multiples fonds d'archives. Les seules données chiffrées de l'époque concernent le département de la Seine (Paris, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne). On estime alors à 400 millions de francs-or le montant des dommages directs auxquels il faut ajouter 50 millions de francs-or distribués à titre de

secours. Ces éléments tirés de l'ouvrage de Marc Ambroise-Rendu mériteraient aujourd'hui d'être critiqués et complétés. On avance des équivalents en euros de 1,5 à 2 milliards. À titre de comparaison, l'étude Hydratec (1998) a estimé à plus de 12 milliards d'euros les dégâts qui seraient engendrés par le retour d'une crue type 1910 dans l'état actuel d'urbanisation du lit majeur de la Seine en région Île-de-France.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Deux épisodes pluvieux intenses sur l'ensemble du bassin de la Seine • Ruissellement sur un sol gelé • Crue centennale de la Seine	• Lit majeur de tous les cours d'eau de l'UP	• Plusieurs milliers de maisons et immeubles, d'infrastructures et d'industries • Arrêt d'activités plusieurs semaines • Inondation du métro, effondrement de chaussées • Total des dommages estimés à 400 millions de francs-or, soit plus de 1,6 G€ (2009)

Crue de la Seine de janvier 1955 en Île-de-France

Les pluies de l'automne 1954 sont assez proches de la moyenne saisonnière. Les cumuls deviennent plus conséquents en décembre sur la bordure sud-est du bassin, du Barrois au Bassigny, sur le plateau de Langres et le Morvan.

Début janvier, un épisode neigeux soutenu se généralise à l'ensemble du bassin. La valeur en eau des quantités cumulées du 3 au 6 reste modérée de la région Centre à l'Île-de-France et à la Champagne centrale, mais atteint 15 à 30 mm sur la majeure partie de la Bourgogne et des départements de l'Aube, de la Haute-Marne et de la Meuse, puis 30 à 60 mm sur le Morvan. La hauteur de neige dépasse une vingtaine de centimètres sur ces régions, notamment sur le relief du Morvan où elle peut atteindre le double.

À partir du 10 janvier les conditions climatiques changent brutalement. Les perturbations pluvieuses actives se succèdent rapidement associées à un brusque redoux. À Château-Chinon (Nièvre), la température maximale s'élève de 10 °C en 24 heures. Il pleut sans interruption durant sept jours dans une atmosphère d'une extrême douceur. En matière de cumul, les quantités quotidiennes ne présentent pas de valeurs exceptionnelles, mais s'accroissent de jour en jour. On relève 50 à 100 mm de la région Centre à l'Île-de-France et sur le département de la Marne, 100 à 150 mm sur la plupart des autres régions, et jusqu'à 150 à 250 mm sur le relief du Morvan. L'amont des bassins, à l'est d'une ligne Auxerre (Yonne)-Troyes (Aube) - Saint-Dizier (Haute-Marne), reçoit entre 150 et 200 mm d'eau en sept jours, et jusqu'à 300 mm sur les bassins morvandiaux. Enfin, le 21 janvier, une lame de 10 à 15 mm couvre encore l'ensemble du bassin, alors que les sols sont déjà largement saturés. Au cours du mois on relève 319 mm à Montsauche-les-Settons, 237 mm à Château-Chinon,

217 mm à Vézelay, 206 mm à Baigneux-les-Juifs. L'eau s'écoule directement vers les rivières et amplifie la crue qui atteint son niveau maximal à Paris au cours de la journée du 23 janvier. À ces pluies s'associe la fusion rapide de l'épais manteau neigeux, sans compter, en début d'épisode, l'imperméabilité des sols due au gel qui aggrave fortement le phénomène de ruissellement.

L'ensemble de ces conditions provoque un débordement généralisé des cours d'eau. Malgré les hauteurs importantes relevées aux stations (7,12 m au pont de l'Alma), les rues de Paris ne sont pratiquement pas envahies par la Seine. Ceci s'explique par les nombreux travaux réalisés au passage de la capitale au cours de la première moitié du XX^{e} siècle : réaménagement de plusieurs ponts, démolition du barrage et de l'écluse de la Monnaie, recalibrage des voies navigables, constructions des barrages réservoirs de Crescent (1932), Chaumeçon (1933), Pannecière (1949). Le champ d'inondation dans l'ancien département de la Seine atteint 800 hectares. Il était de 2 500 hectares lors de la crue de 1924.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Succession d'épisodes pluvieux accompagnée d'une fonte des neiges sur un sol gelé durant l'hiver 1954-1955 • Crue cinquantennale à Paris	• Seine, Marne, Oise	• Inondations de centaines d'habitations, de caves • Routes coupées

Crue du Grand Morin des 25 et 26 février 1958

Le début du mois de février 1958 est déjà pluvieux. On relève des cumuls d'environ 60 mm entre le 5 et le 8. Ils génèrent une première crue assez conséquente (2,84 m à Pommeuse). Après une dizaine de jours d'accalmie – 10 à 15 mm seulement entre le 9 et le 18 février –, le bassin reçoit à nouveau environ 60 mm du 21 au 25, dont 26 mm le dernier jour. La première humidification des sols en début de mois explique la réaction plus prompte du bassin versant cette fois-ci, avec un maximum observé le 26 dans la journée.

La crue concerne plus particulièrement les sections aval du Grand Morin. Le passage du maximum est observé le 26 février en début de matinée à l'amont du bassin et en fin de journée à l'aval. On relève 3,50 m à l'échelle de la Ferté-Gaucher et 3,15 m à celle de Pommeuse. Un jaugeage en décrue donne un débit de 88 m^3/s pour une cote de 2,19 m à l'échelle. On associe à la cote maximale de 2,60 m, atteinte la veille, un débit de 113 m^3/s (période de retour entre 10 et 20 ans).

Le total des surfaces urbaines inondées pour la crue de 1958 est estimé à environ 87 hectares. À Crécy-la-Chapelle, des niveaux d'eau de l'ordre du mètre sont observés dans certaines habitations. Les dégâts sont plus particulièrement importants à Coulommiers. Le coût total des dommages à l'échelle du bassin versant du Grand Morin est estimé à environ 13 M€.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Deux épisodes pluvieux sur un sol préalablement saturé • Période de retour : 60 ans sur la partie aval, 30-40 ans sur la partie amont	• Bassin versant du Grand Morin	• 13 M€ de dégâts

Crue des cours d'eau franciliens du 16 au 23 mars 1978

Depuis la fin du mois de septembre 1977, plusieurs événements alternant pluie continue et dense sur quelques jours et accalmie de courte durée se succèdent. En février et mars 1978 ces perturbations donnent lieu à plusieurs épisodes de crues croissantes. Les pluies sont continues du 22 janvier au 7 février, du 12 février au 4 mars et du 12 au 31 mars 1978, avec des maxima du 2 au 4 février, du 22 au 24 février, du 16 au 18 mars et du 20 au 23 mars. Ce dernier épisode, associé à des montées de crue plus rapides, constitue sur la région l'événement le plus marquant des deux mois de perturbations (fig. 6-13).

Les précipitations se répartissent de manière assez homogène d'un secteur à l'autre au cours des différentes phases. Du 12 au 18 mars, le cumul moyen atteint 45 mm,

Figure 6-13. Crue de mars 1978 en Île-de-France : la Seine au pont Bir-Hakeim. Source : Région Île-de-France, Dianicic/IAU IdF

avec, le 15 mars, 30 mm sur le bassin de l'Yerres, 21 mm sur ceux de l'Orge et de l'Yvette, 26 mm plus généralement sur l'Île-de-France. Du 18 au 23 mars, le cumul est de 58 mm en moyenne, avec, le 20 mars, 34 mm sur le bassin de l'Yerres, 22 mm sur ceux de l'Orge et de l'Yvette, et 35 mm en Île-de-France.

Les deux phases principales de crue ont lieu du 16 au 18 et du 20 au 23 mars. Sur l'Yerres, c'est l'une des crues les plus importantes du XX^{e} siècle, du même ordre de grandeur que celle de 1955 sur l'amont du bassin. Elle est supérieure à la crue de 1910. Les débits atteignent 73 m^3/s à Courtomer (T de 50 à 100 ans) et 125 m^3/s à Yerres. Entre le 21 et le 23 mars, l'Orge débite jusqu'à 40 m^3/s à Morsang-sur-Orge (T de 20 à 50 ans), ce qui constitue la crue la plus importante mesurée à la station depuis sa mise en place, de même que sur l'Yvette à la station de Villebon-sur-Yvette.

L'Yerres entre en crue le 21 mars et inonde rapidement les alentours. Plusieurs familles sont relogées en urgence. L'ensemble de la vallée de l'Yerres est touché. Les pertes sont estimées à neuf millions de francs. Quelque 700 bâtiments sont inondés dans le département de l'Essonne, une dizaine à Combs-la-Ville (Seine-et-Marne). Par ailleurs de nombreuses routes sont coupées. À Brunoy, une cinquantaine de pavillons sont endommagés, de même qu'une grande partie de la voirie et la piscine municipale. La décrue s'amorce à partir du 1er avril.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique : 103 mm de pluie (12 au 23 mars) sur la région contre 45 mm en moyenne pour un mois de mars	• Plaines des cours d'eau franciliens	• Plus de 2000 sinistrés, nombreuses habitations inondées (700 dans l'Essonne)

Crue de l'Essonne du 10 au 15 avril 1983

Un unique épisode pluvieux est à l'origine de cette crue mais dans un contexte pluviométrique sur l'année écoulée jusqu'à 50 % supérieur à la moyenne climatologique. Des pluies intenses s'abattent sur le bassin du 3 au 13 avril 1983. Les cumuls atteignent 45 à 150 mm sur le bassin de la Marne, 70 mm à Boigneville sur le bassin de l'Essonne (dont 35 mm sur la seule journée du 8 avril).

Le pic de crue du Grand Morin passe à Pommeuse le 10 avril. Il est observé sur l'Essonne le 14 et 15 avril. La cote 3,04 m est atteinte à Pommeuse. Elle est de 1,50 m à Guigneville-sur-Essonne et 1,10 m à Ballancourt-sur-Essonne.

L'événement fait figure de référence sur le bassin de l'Essonne (fig. 6-14). C'est le plus remarquable survenu au cours des trente dernières années avec une période de retour comprise entre 50 et 100 ans sur la partie aval, et supérieure à 100 ans en amont. La crue se singularise en outre par la durée relativement longue de montée des eaux – environ une semaine – alors que l'origine du phénomène est un ruissellement pluvial bref et violent sur sols saturés. Des crues similaires voire supérieures ont

été observées dans les années 1930 sur le département de l'Essonne et en 1910 dans le département du Loiret.

La crue a également été remarquable sur la Marne aval et le Grand Morin (T = 10 ans) même si c'est avant tout la Marne moyenne qui est principalement touchée.

Les surfaces urbaines inondées sur le bassin de la Marne couvrent 1 300 hectares au total, dont 72 hectares le long du Grand Morin et 460 hectares pour la Marne francilienne. À Crécy-la-Chapelle, la crue de 1983 a inondé une surface urbaine estimée à 72 hectares avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre 60 cm (place du marché, mairie, magasins, etc.). Le coût global des dommages n'a pas été chiffré. Il est évalué à 7,1 millions d'euros dans la vallée du Grand Morin. Il atteint 134 millions d'euros pour la Marne francilienne.

Figure 6-14. Crue de l'Essonne à Moulin-Neuf en avril 1983. Source : DDT 91

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Unique épisode pluvieux intense s'ajoutant au bilan pluviométrique de l'année en cours assez largement excédentaire	• Essonne, Marne, Grand Morin	• Au moins 140 M€ de dégâts, 1 300 ha inondés dans le bassin de la Marne

Crue du Grand Morin du 5 au 6 décembre 1988

Les 3 et 4 décembre 1988, des pluies, respectivement 10 et 11 mm, humidifient les sols plutôt argileux du bassin versant. Le 5 décembre, les précipitations prennent un caractère intense avec en moyenne 49 mm sur le bassin, et jusqu'à 53 mm à Esternay, 56 mm à Sézanne, 57 mm à Boissy-le-Châtel. Le fort ruissellement qui s'ensuit génère une crue rapide, typique du bassin versant du Grand Morin.

L'événement touche davantage le secteur amont (*T* entre 50 et 100 ans à Meilleray et à la Ferté-Gaucher), que le secteur aval (*T* = 10 et 20 ans à Chauffry et Pommeuse). Le pic de crue passe le 5 décembre en fin de soirée en amont et en fin de matinée le 6 en aval. À la Ferté-Gaucher, on relève 1,32 m le 5 décembre à 12 heures, 1,85 m à 17 heures et un maximum de 3,72 m à 22 heures. À Pommeuse les eaux s'élèvent jusqu'à la cote 3,01 m.

De nombreuses maisons sont touchées en amont du bassin versant. On procède à une série d'évacuations en aval de Coulommiers.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Trois journées pluvieuses, particulièrement la dernière	• Vallée du Grand Morin	• Esternay (20 maisons) • Meilleray (15 à 20 maisons) • La Chapelle (3 maisons) • Saint-Martin (le camping) • La Ferté-Gaucher (87 maisons, le *Leader Price* et des garages auto) • Jouy-sur-Morin (50 à 60 maisons) • Chauffry (3 à 4 pavillons), mais pour certaines des habitations, uniquement le sous-sol touché

Crues générales de mars 2001 en Île-de-France

L'année 2000 est l'une des plus humides depuis le début des relevés pluviométriques au XIX^e^ siècle. L'automne en particulier est le plus arrosé depuis 50 ans. Au total, les précipitations sont en moyenne 1,5 à 2 fois supérieures à la moyenne climatologique. Cela se poursuit début 2001, avec des cumuls largement excédentaires en janvier, mars et avril. Entre octobre 2000 et avril 2001, il est tombé l'équivalent d'une année moyenne de précipitations. Les épisodes pluvieux sont particulièrement importants en mars avec des précipitations deux à trois fois supérieures à la moyenne climatologique, notamment sur les bassins de la Seine, de l'Yonne et de l'Oise. En amont les cumuls représentent plus de 50 % du total des trois mois précédents. Les 11 et 12 mars on relève entre 10 et 20 mm par jour, puis de 10 à 50 mm le 13, et encore 20 mm le 20 mars. Même scénario en avril.

Ces précipitations génèrent une série de crues remarquables. En mars, les périodes de retour sont comprises entre 5 et 20 ans sur les principales rivières d'Île-de-France.

Les débits de base restent très élevés sur une longue période, les cours d'eau réagissant instantanément à tout nouvel épisode pluvieux. Fort heureusement, aucune concomitance fâcheuse ne se produit entre les divers maxima intermédiaires, évitant ainsi une crue de grande ampleur en aval.

En revanche, la répartition homogène des pluies et le maintien de débits soutenus ont généré des crues de longue durée. À Paris, le débit est resté pendant 71 jours au-dessus de 700 m^3/s, ce qui correspond approximativement au seuil de vigilance de la station de Paris-Austerlitz. Les voies sur berges sont fermées du 13 mars au 5 avril, puis du 9 avril au 12 mai. La navigation sur la Seine est interrompue entre le 17 mars et le 2 avril.

Le volume « excédentaire », c'est-à-dire écoulé au-delà du seuil de 700 m^3/s, est de 2,2 milliards de mètres cubes au cours de l'événement. À titre de comparaison, la crue de décembre 1999, qui atteint la même cote maximale à Paris, généra un volume excédentaire de 1,3 milliard de mètres cubes. Lors de la crue de 1910, ce volume atteignit 3,7 milliards de mètres cubes.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Pluviométrie importante, sols saturés, nappes d'eau souterraine à un niveau très élevé	• Tous les cours d'eau d'Île-de-France	• Inondation de nombreuses habitations, le long de la Seine et de la Marne principalement • Fermeture des quais à Paris

Orage du 6 au 7 juillet 2001 en Île-de-France

Dans la nuit du 6 au 7 juillet 2001, un orage de très forte intensité éclate au sud-ouest de Paris. Le cumul de pluie atteint 110 mm en 24 heures à Paris-Montsouris (record historique pour cette station), dont 85 mm en 6 heures, 50,2 mm en 2 heures et 33,3 mm en une heure On relève également 110 mm à Auteuil, 105 mm à Vaugirard et 121 mm à Bagneux (Hauts-de-Seine). La station de Vendrest (Seine-et-Marne) enregistre 98,7 mm en 24 heures (dont 77,1 mm en une heure). Dans le Val-de-Marne plus de 50 mm sont mesurés localement en une nuit (10 heures) soit l'équivalent de la moyenne climatologique du mois de juillet.

La réaction des cours d'eau est immédiate. L'Orge à Morsang passe ainsi de 1,6 m^3/s le 4 juillet à plus de 35 m^3/s le 8 juillet. Les ruissellements entraînent l'inondation du métro, de certains secteurs pavillonnaires, et aussi de certains bâtiments communaux et espaces verts. Les réseaux d'égout et canaux d'évacuation sont rapidement saturés. Quelques quartiers sont privés d'électricité. Les sapeurs-pompiers effectuent 1 204 interventions sur Paris et la petite couronne (Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne et Hauts-de-Seine). Pas de blessé, mais à Paris (fig. 6-15) les pluies diluviennes entraînent l'effondrement de la chaussée rue de l'Université, suite à l'explosion de la canalisation de chauffage urbain. À Savigny-sur-Orge (Essonne), les 300 habitants de la tour D de la résidence de l'Orge, cernés par les eaux, sont évacués en barque. Au plus fort de l'orage, plus de trente véhicules se retrouvent piégés par la brusque

montée des eaux à hauteur de La Ville-du-Bois (Essonne). Onze personnes sont évacuées par les pompiers.

Figure 6-15. Destruction de voirie dans le VII^e arrondissement de Paris lors de l'orage du 6 juillet 2001 sur l'Île-de-France. Source : INA

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orages • Record historique de précipitations de 110 mm en 24 heures à Paris-Parc de Montsouris • Événement plus que centennal	• Région Île-de-France	• Milliers d'habitations et caves inondées, habitants évacués • Effondrement d'une chaussée à Paris, perturbations dans le métro • Routes et autoroutes fermées, tunnels inondés

Unité Seine amont

Réseau hydrographique

L'UP « Seine amont » s'étend sur une superficie de 18 000 km^2 environ. Elle est composée d'ouest en est par les bassins du Loing, de l'Yonne (elle-même recevant le Serein et l'Armançon en rive droite), de la Seine et de l'Aube en amont de leur confluence.

L'institution interdépartementale des barrages réservoirs du bassin de la Seine (désormais EPTB Seine-Grands lacs) a établi, sur cette partie du bassin de la Seine, une série de barrages réservoirs combinant la double fonction de soutien d'étiage et d'écrêtement des crues : lac-réservoir de Pannecière sur l'Yonne (Morvan) en 1949 (82,5 millions de m^3) ; lac-réservoir Seine (ou lac d'Orient) en 1966, chargé de

réguler les crues en amont de la ville de Troyes (207,8 millions de m³) ; lac-réservoir Aube (ou lacs Amance et du Temple) en 1989 (170 millions de m³).

Typologie des inondations

On rencontre ici avant tout des inondations par débordement de cours d'eau, associées parfois à des ruissellements et des coulées boueuses.

Les têtes de bassins sont sujettes aux crues rapides que ce soit sur l'Aube (amont de Bar-sur-Aube), la Seine (amont de Bar-sur-Seine) et d'une manière générale sur l'Yonne et ses affluents en amont de Joigny (la Cure et le Cousin, le Serein, l'Armançon). Le relief du Morvan accentue encore le phénomène avec des cumuls pluviométriques particulièrement importants. La région est également sensible aux remontées de perturbations méditerranéennes.

Au fur et à mesure que les pentes s'adoucissent et que les vallées s'ouvrent, les cinétiques de crues sont de moins en moins rapides. On rencontre dans un premier temps des crues intermédiaires. C'est le cas du Loing et de ses affluents jusqu'à Montargis, de l'Yonne à l'aval de Joigny ou encore de la Seine et de l'Aube avant leur confluence. On retrouve finalement des événements à cinétique lente, une caractéristique des grands fleuves de plaine. Les pointes de crues sont atteintes après un temps de montée plus important et les crues durent plusieurs journées.

Inondations remarquables

Sept événements historiques ont été retenus **(fig. 6-16)** et recouvrent différents types d'inondation :

– crues océaniques généralisées avec plusieurs épisodes, en janvier 1910, janvier 1955, janvier 1982 et avril-mai 1998 ;

– crues océaniques avec ruissellement en mars 2001, ou avec fonte nivale en mars 2006 ;

– crue d'automne avec remontée méditerranéenne en septembre 1866.

Crue du 24 au 28 septembre 1866 sur le bassin de la Seine amont et de l'Yonne

La crue de septembre 1866 fait suite à cinq jours de pluies diluviennes d'origine méditerranéenne, eux-mêmes survenant après une longue période de précipitations océaniques. L'imperméabilité du socle granitique du Morvan a par ailleurs largement accentué le phénomène de ruissellement.

L'événement est le plus remarquable qu'ait connu l'Armançon en aval de la confluence avec la Brenne depuis 1613. Entre les confluences de la Brenne et du Tonnerre, les hauteurs d'eau dépassent de + 40 cm celles atteintes en 1910. La crue est plus que centennale à Tonnerre, où elle rejoint par son ampleur celles de 1836 et 1910. En certains endroits, l'événement est le plus important depuis deux siècles. Il est tout particulièrement violent sur les cours de l'Armançon et du Serein. Le suivi du passage du pic de crue permet d'estimer une vitesse de propagation de 4,5 km/h contre 3 à 3,5 km/h en 1910. Le débit de l'Armançon, estimé à l'époque à 1 000 m³/s à Lézinnes, est ramené aujourd'hui à 650 m³/s à Aisy-sur-Armançon. Il en va de même à Ancy-le-Libre, où un calcul simplifié à partir d'observations et d'estimations de

la crue de janvier 1910 permet d'estimer le débit de la crue de septembre 1866 à 520 m^3/s.

Quant aux impacts (fig. 6-17), on peut lire dans *Le Journal du Sénonais* daté du 26 septembre 1866 :

« Du haut du campanile de la tour de la cathédrale, on aperçoit comme un bras de mer du milieu duquel surgissent des bouquets d'arbres, quelques meules de blé et le beau faubourg de Saint-Paul presque entièrement envahi par les eaux… Le couvent de Sainte-Colombe est complètement entouré par les eaux… Le service des omnibus de la gare est interrompu depuis ce matin, et l'on ne communique plus qu'en bateau ou sur des hautes charrettes. Les tuyaux de gaz ont été crevés sous l'effort des eaux, et ce soir la ville doit être privée de son éclairage ordinaire ».

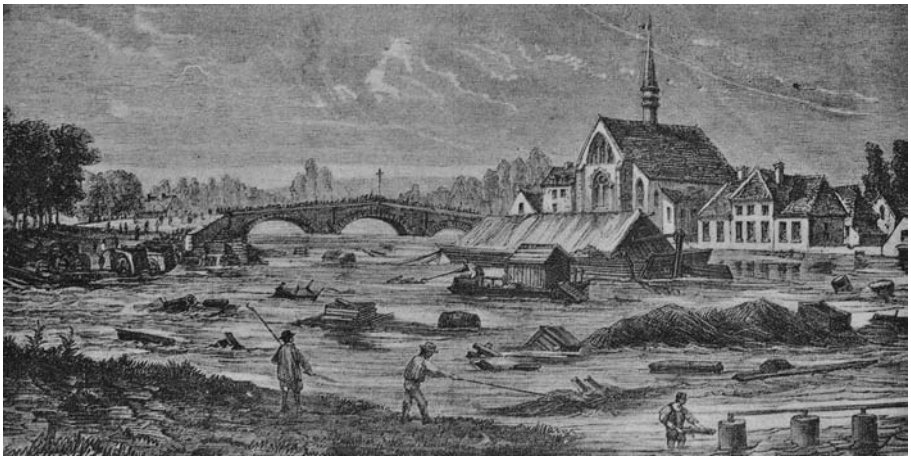


Figure 6-17. Les inondations de septembre 1866 à Sens.
Source : Société archéologique de Sens

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime méditerranéen, avec 5 jours de fortes précipitations après une période pluvieuse continue sous régime océanique	• Bassin versant de l'Yonne et de la Seine	• Nombreuses habitations inondées, coupure de gaz, infrastructures interrompues

Crue de la Seine amont et de ses affluents en janvier 1910

L'automne 1909 a été fortement pluvieux avec un excédent de précipitation de l'ordre de 50 % par rapport à la moyenne. En fin d'année, les niveaux de la Seine, de l'Aube et de la plupart des cours d'eau du secteur sont élevés. Janvier 1910 débute par une semaine sèche et froide avec gel des sols.

a)

b)

Figure 6-18. Inondation sur le bassin de l'Yonne en janvier 1910 : (a) Sens, secteur du Petit-Hameau ; (b) Tonnerre. Source : collection L. Lambert

Suivent trois épisodes pluvieux exceptionnels. Du 4 au 7 janvier, on relève 120 mm à Château-Chinon (T = 20 ans), 94 mm à Montbard (T = 100 ans) et 78 mm à Joigny (T = 150 ans) et encore 82 mm à Bar-sur-Seine (T = 100 ans), 79 mm à Chaumont (T = 50 ans). En quatre jours, du 18 au 21, il tombe plus de la moitié des pluies enregistrées au cours du mois, saturant plus encore un sol déjà gorgé d'eau. À Châtillon-sur-Seine, on relève 143 mm du 9 au 27 janvier, dont 83 mm entre le 18 et le 21. À Troyes, le cumul mensuel est de 96 mm, dont 25 mm pour la seule journée du 19. Enfin, une nouvelle dépression génère des pluies modérées mais quasi-uniformes entre le 23 et le 25 janvier sur l'ensemble du bassin. En deux jours on relève encore 20 mm à Auxerre, 23 mm à Avallon et 36 mm à Bar-sur-Aube.

Les bassins de l'Yonne et du Loing génèrent une crue rapide qui va largement contribuer à l'ampleur de l'inondation à Paris. « Les torrents d'eau tombés du 18

au 21 [janvier], pendant 4 jours, déterminèrent une crue exceptionnelle et presque subite de l'Yonne (fig. 6-18) et du Loing » (Nouailhac-Pioch et Maillet, 1910). Le temps de retour est estimé entre 100 et 180 ans selon les secteurs. À Sens, la crue dure 19 jours avec un pic extrême de plusieurs heures et des niveaux très élevés pendant plusieurs jours. L'Yonne débite jusqu'à 1 100 m^3/s (T = 120 ans) et mettra cinq semaines à regagner son lit après les premiers débordements.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Succession d'épisodes pluvieux sur un sol saturé	• Bassin versant de la Seine et de l'Yonne	• Infrastructures routières et ferroviaires coupées, nombreuses habitations inondées

Crue de la Seine amont et de ses affluents en janvier 1955

Les perturbations pluvieuses actives se succèdent rapidement à partir du 1er janvier 1955, associées à un brusque redoux. Il pleut alors sans interruption notable durant sept jours. Les quantités quotidiennes ne présentent pas de valeurs exceptionnelles, mais le cumul devient conséquent au fil du temps. On relève ainsi de 50 à 100 mm sur un secteur allant de la région Centre à l'Île-de-France et au département de la Marne, de 100 à 150 mm sur la plupart des autres régions, et de 150 à 250 mm sur le relief du Morvan. Les têtes de bassins à l'est d'une ligne Auxerre - Troyes - Saint-Dizier sont les plus arrosées. Elles cumulent entre 150 et 200 mm d'eau et jusqu'à 300 mm sur les bassins morvandiaux. Phénomènes aggravants, la pluie se conjugue à la fusion nivale et, en début d'épisode, les sols gelés accélèrent encore le phénomène de ruissellement. L'ensemble est à l'origine de débordements généralisés.

Le débit de la crue de l'Armançon au droit de Tonnerre est estimé à 250 m^3/s pour une durée de retour de 15 ans. Sur le bassin de la Seine les périodes de retour des débits sont comprises entre 50 et 100 ans. Sur l'Yonne à Sens, le maximum est comparable à celui de 1924, alors que des travaux de dragage ont abaissé la ligne d'eau de 20 cm en 1955. Le Loing connaît une crue moyenne, inférieure à celles de 1945 et 1910.

« En 48 heures, l'Yonne a monté, à Sens, d'environ un mètre. La crue qui, dès jeudi 13 janvier, s'annonçait inévitable, s'aggrave dans la journée de vendredi où, à 20 h 30, la cote relevée près de l'église Saint-Maurice s'inscrivait à 2,53 m. Mais ce furent surtout les deux journées de samedi et dimanche qui firent naître la plus grande inquiétude. De plus en plus boueux et limoneux, le flot gonfla inexorablement pour atteindre 3,87 m dimanche soir à 18 h 30. Lundi 17 au matin, la cote de 3,50 m était enregistrée et il était généralement admis qu'elle atteindrait 3,60 m. En réalité elle se maintint toute la journée à 3,50 m et il faut espérer que ce sera là le niveau maximum de cette crue qui approchera ainsi celle de 1923 (3,70 m) et laissera loin, heureusement d'ailleurs, celle de 1910 (4,40 m).

Dimanche 15 après-midi, des milliers de Sénonais sont allés contempler la tristesse qui se dégage du quartier d'Yonne, dont une grande partie est sous les eaux (fig. 6-19). La plupart des caves sont évidemment inondées mais aussi, ce qui est plus

grave, de nombreuses habitations des bords de l'Yonne dont les habitants doivent être ravitaillés par bateaux. Quelques-uns seulement ont été évacués et dans la salle de Justice de Paix transformée rapidement en dortoir, une vingtaine de lits sont à la disposition de ceux qui n'auraient pu être recueillis par des parents ou des voisins.

Dès la première heure d'ailleurs, la municipalité avait pris les dispositions nécessaires pour apporter toute l'aide désirable aux sinistrés. En permanence le corps des sapeurs pompiers est sur les lieux ainsi que le personnel de la Ville de Sens et des Ponts et Chaussées. Pour donner un exemple de l'effort réalisé, précisons que 2 000 parpaings ont été utilisés à l'édification d'environ 800 m d'étroits passages au-dessus de l'eau ». (*Le Sénonais Libéré*, mercredi 19 janvier 1955)

Figure 6-19. Crue de l'Yonne de janvier 1955 : vue aérienne de la pointe nord de l'île d'Yonne et de la rive gauche. Source : archives municipales de Sens, fonds A. Bret

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique avec fonte nivale • Période de retour de la crue entre 50 et 100 ans	• Bassin versant de la Seine et affluents	• Caves et habitations inondées

Crue de janvier 1982 sur le bassin de la Seine amont

« Du 1er septembre au 31 décembre 1981, 500 à 1 000 mm d'eau se déversent sur les régions situées à l'est d'une ligne Avallon (Yonne) - Saint-Dizier (Haute-Marne),

avec un effet orographique bien marqué. Ces cumuls représentent 1,5 fois la moyenne climatologique sur les départements de la Côte-d'Or et de la Haute-Marne, et restent un peu inférieurs à la moyenne sur le reste du bassin. Le temps pluvieux débute dès l'équinoxe, avec un passage perturbé actif les 21 et 22 septembre, notamment sur une large moitié sud-est du bassin de la Seine en amont de Paris, où 30 à 60 mm sont généralement mesurés.

Les pluies se renforcent sensiblement au cours du mois d'octobre, donnant une lame d'eau mensuelle de 150 à 200 mm sur le bassin de la Marne en aval d'Épernay, et de 150 à 250 mm à l'est d'une ligne Avallon (Yonne)-Troyes (Aube) - Saint-Dizier (Haute-Marne). Le seuil des 300 mm est même franchi au cœur du Morvan (325 mm à Empury, dans la Nièvre). Ainsi, ce mois affiche une pluviométrie largement supérieure au double de la moyenne climatologique de l'Île-de-France au nord-ouest de la Champagne, et sur les départements de la Côte-d'Or et de la Haute-Marne. Il pleut intensément du 10 au 16, avec un cumul de 50 à 100 mm d'ouest en est.

Les passages pluvieux se succèdent ensuite rapidement tout au long du mois de décembre, avec 100 à 200 mm sur la majeure partie des régions, et 50 à 75 mm supplémentaires sur l'amont du bassin de la Marne et les Bassins morvandiaux. Cette situation perdure en début d'hiver jusqu'à la mi-janvier. La période du 15 décembre au 11 janvier se montre particulièrement humide. Les quantités quotidiennes n'affichent pas de valeurs remarquables, mais le volume des précipitations prend de l'ampleur de jour en jour. Le cumul varie ainsi de 175 à 250 mm sur les reliefs de la bordure sud-est. Le record est détenu par le poste de Gien-sur-Cure, dans la Nièvre, avec 268 mm durant ces 28 jours, dont 93 mm au cours de la dernière semaine.

Figure 6-20. Le Chalet vélo-sport à Sens lors de la crue de l'Yonne de janvier 1982. Source : musées de Sens, photo R. Mouilla

Les sols se saturent ainsi rapidement dès les premiers jours de décembre, et l'écoulement devient important en fin de période. Suivant le schéma habituel, les crues débutent sur la partie amont du réseau hydrographique de la Seine dès la fin du mois de décembre, et les pluies soutenues de la dernière semaine provoquent des débordements de cours d'eau généralisés. (fig. 6-20) » (Météo-France, Pluies extrêmes)

À Tonnerre, la crue atteint la cote de 3,05 m pour un temps de retour de 10 ans. Le débit maximal naturel mesuré à Troyes est de 250 m^3/s (contre 450 en 1910, 410 en 1955). Le temps de montée de la Seine à Troyes est de quatre jours. Une dizaine d'habitations proches des quais à Auxerre sont inondées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Succession d'épisodes pluvieux sur un sol saturé • Crue de période de retour 10 ans à Sens	• Bassin de la Seine	• Entreprises, habitations et caves inondées

Crue d'avril-mai 1998 dans le bassin de l'Yonne

Les précipitations d'avril 1998 sont trois à quatre fois supérieures aux précipitations moyennes d'avril. Chaque décade totalise des quantités supérieures à la moyenne climatologique du mois. Les épisodes pluvieux les plus notables ont lieu les 3, 6, 15, 17, 25 et 26 avril, avec des cumuls journaliers compris entre 10 et 20 mm, voire plus. En tête de bassin (Armançon, Brenne) la pluviométrie moyenne atteint 91 mm sur neuf jours, dont 48 mm pour la seule journée du 26 avril. Les pluies des 25, 26 et, dans une moindre mesure, celles du 27 sont particulièrement intenses, avec un épicentre dans la nuit du 26 au 27 avril. En trois jours, il tombe plus d'eau qu'au cours d'un mois d'avril usuel. Les sols déjà bien imprégnés favorisent le ruissellement. Pris isolément, l'épisode pluvieux déclencheur des crues n'est pas exceptionnel. Les durées de retour pour les journées du 25 au 27 avril sont comprises entre 8 et 12 ans. Le caractère exceptionnel vient du cumul mensuel total, d'une période de retour de 50 ans. À Montbard et Châtillon-sur-Seine, on atteint des records jamais enregistrés depuis le début du siècle.

La progression des précipitations vers le nord, selon l'axe d'écoulement principal, a favorisé l'intensité du pic d'écoulement. L'ensemble des cours d'eau du bassin de la Seine réagit, mais de manière différente selon les secteurs. L'Armançon et le Serein connaissent les crues les plus marquées (T = 30 ans sur les parties amont et T = 20 ans en aval).

L'Isle-sur-Serein est la commune la plus touchée avec 45 foyers impactés ainsi que des commerces et des exploitations agricoles. Le quai de l'Yser est recouvert d'un mètre d'eau. L'inondation est accompagnée de coulées de boue principalement sur le Serein avec d'importants ruissellements sur le Chablisien. Les services de secours ont lancé une centaine d'interventions pour évacuer les personnes ou les animaux d'élevage.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Épisode déclencheur du 25 au 27 avril de 80 mm en 36 heures sur l'Yonne ($20 < T < 100$ ans selon les secteurs), précédé d'une forte pluviométrie ($T = 50$ ans) sur la période du 1er au 18 avril	• Armançon, Serein, Yonne, Loing et affluents	• Coupures d'électricité, 10 personnes évacuées à Aisy-sur-Armançon ; une trentaine de personnes évacuées dans le département de l'Yonne, bovins évacués, une centaine de maisons touchées • Chômage technique pour certaines entreprises • Ruissellement dans le Chablisien, nombreuses routes coupées, déclaration « CatNat » pour 19 communes sur le Serein

Crues et ruissellements de mars 2001 sur le bassin de la Seine amont

Après un hiver doux et modérément pluvieux, une série de perturbations saturent progressivement les sols à partir du mois de mars. Les cumuls enregistrés au cours des deux premières décades sont exceptionnels. Ils représentent entre + 80 % et + 210 % de la moyenne climatologique. On relève 208,4 mm à Château-Chinon et 143 mm à Auxerre. Les sols sont saturés dès le 10 mars. Les pluies intenses du 13 mars après-midi et soirée (35 mm à Semur, 40 mm à Saulieu) provoquent, dès lors, une très rapide montée des eaux sur la plupart des cours d'eau. La poursuite d'une pluie parfois soutenue (10 mm) les jours suivants contribue à maintenir le niveau élevé des rivières.

Début mars, l'ensemble des rivières du département de l'Yonne connaissent une montée significative sans qu'il y ait toutefois pour le moment de débordements notables. Ceux-ci commencent véritablement après l'épisode du 13 mars. La Cure, le Cousin, le Beuvron et l'Yonne connaissent une crue remarquable ($T = 50$ ans), un peu inférieure néanmoins à celle de 1955. La montée des eaux de l'Yonne dure dix jours avec un débit maximum de 400 m^3/s ($T = 20$ ans) à Gurgy (Auxerre) le 15 mars et 800 m^3/s à Cézy. L'Armançon et ses affluents connaissent une crue comparable à celle de 1998 en tête de bassin ($T = 50$ ans à Aisy) et un peu inférieure à celle de 1982 en aval ($T = 20$ ans à Brienon). La période de retour de la crue de la Brenne à Montbard dépasse 20 ans, de même pour le Serein à l'aval de Chablis. La Seine amont est moins touchée ($5 < T < 10$ ans).

Les dégâts affectent principalement le bassin amont de l'Yonne et ses affluents (fig. 6-21). Une centaine de maisons sont inondées. Les pompiers procèdent à l'évacuation d'une trentaine de personnes. Les ruissellements affectent tout particulièrement la région de Chablis créant des ravines au droit des vignes. Les crues du Serein à L'Isle-sur-Serein et Guillon, en Avallonnais, et de l'Armançon dans le Tonnerrois ont provoqué des dégâts très importants.

Figure 6-21. Inondations de mars 2001 : l'Yonne à Cravans. Source : DDT 89

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique : série de perturbations pluvieuses qui saturent le sol	• Bassin versant de la Seine	• Routes coupées, habitations et commerces inondés, une trentaine de personnes évacuées

Crue des cours d'eau bourguignons du 9 au 13 mars 2006

Un épisode de neige exceptionnel (20 à 30 cm en moyenne, plus en certains endroits), suivi d'un radoucissement marqué et de pluies intenses est à l'origine de crues importantes sur la région Bourgogne. La période de retour des débits est supérieure à 10 ans sur la Seine amont, comprise entre 5 et 10 ans sur les bassins du Serein et du Cousin, et inférieure à 5 ans sur l'Armançon.

À Tonnerre, le chenal de dérivation limite les effets de la crue de l'Armançon (fig. 6-22). Le canton de Noyers est coupé en deux : « tous les villages de la vallée du Serein sont traversés par un large torrent ». Une femme enceinte et un homme d'une soixantaine d'années sont évacués à Cézy. Six habitations sont encerclées par les eaux de l'Yonne.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique : fortes pluies et fonte des neiges	• Seine amont et bassin versant de l'Yonne	• Évacuation de 2 personnes • Inondation de caves • Perturbation de la circulation

Figure 6-22. Crue de l'Armançon à Tonnerre en mars 2006. Source : DDT 89

Unité Seine aval

Réseau hydrographique

L'UP « Seine aval », d'une superficie de 18 300 km², est située entre l'Île-de-France et la Manche. Le réseau hydrographique est organisé au sud autour de deux grands affluents de la Seine, l'Eure et la Risle. Le linéaire de cours d'eau est d'environ 3 000 km. Au nord, les bassins côtiers et la rive droite de la Seine se caractérisent par des unités hydrographiques plus nombreuses et de moindre taille. La répartition des cours d'eau, de même que les surfaces drainées sont très inégales entre ces deux rives. Le relief de la Seine-Maritime apparaît plus accidenté avec le pays de Bray et les nombreuses vallées qui entaillent les plateaux.

Notons la présence sur le secteur Seine aval d'environ 1 500 ouvrages hydrauliques, soit en moyenne un ouvrage pour 2 km de rivière, ce qui est considérable. La hauteur de chute moyenne est d'environ 1,50 m et n'est que rarement supérieure à 2 m. Dans cette catégorie d'ouvrages figurent, notamment dans le département de l'Eure, les deux barrages de navigation de Poses et de Port-Mort sur la Seine.

Les conditions géologiques influent ici fortement sur la genèse des crues. La région appartient sur le plan géologique au Bassin parisien. Son sous-sol sédimentaire est formé en majeure partie de couches calcaires perméables pouvant dépasser plusieurs centaines de mètres recouvertes de formations superficielles d'argiles et de limons

(qui vont moduler localement la perméabilité), avec aux marges du territoire, la boutonnière du pays de Bray et les sables du Perche et de Fontainebleau.

La craie n'affleure que dans les deux principales vallées (Seine, Eure) où elle forme de grandes corniches. Les flancs des vallées sont tapissés de dépôts argilo-limoneux issus des plateaux, alors que les fonds de vallées humides les plus larges sont comblés par des alluvions plus grossières (sables, graviers et cailloux) parfois organisées en terrasses successives. La nappe de la craie est présente sur la plus grande partie du territoire. La présence de limons érodables en surface et l'existence de rivières souterraines (karst) et de nombreuses zones d'engouffrement (bétoires) rendent cette nappe très sensible aux épisodes turbides en lien avec la problématique de l'érosion et du ruissellement.

La région doit par ailleurs à son climat océanique des précipitations assez abondantes et bien réparties (150 à 220 jours par an), avec un maximum en automne et en hiver (60 % de la pluviométrie annuelle moyenne). Sur la plus grande partie du territoire (sur la craie) l'infiltration l'emporte largement sur le ruissellement. En moyenne, sur un bassin crayeux non perturbé, 85 % de la pluie efficace s'infiltre et 15 % ruisselle. Mais l'augmentation croissante des surfaces imperméabilisées et l'évolution des pratiques agricoles modifient les bilans hydriques vers un ruissellement accentué sur la plupart des bassins.

Le secteur Seine aval présente un front de mer de 150 km. Le littoral, de la côte d'Albâtre au nord du Havre jusqu'à la vallée de la Bresle, est constitué de falaises crayeuses pouvant atteindre 100 m de hauteur, bordées à leurs pieds d'un estran de galets et entaillées par un petit nombre de vallées souvent sèches dans lesquelles se sont établies les populations (Étretat, Fécamp, Saint-Valery-en-Caux, Dieppe, Criel-sur-Mer, Le Tréport et Mers-les-Bains). La marée dynamique se fait sentir sur la Seine jusqu'au barrage de Poses situé à 160 km de la Manche.

Typologie des inondations

Le débordement de cours d'eau est la forme la plus courante d'inondation rencontrée sur l'unité « Seine aval » avec toutefois quelques caractères propres au territoire. Le substrat crayeux et les phénomènes karstiques jouent un rôle fondamental dans le transfert des eaux météoriques depuis la surface jusqu'aux exutoires.

Sur la Seine aval, les crues inondantes sont plutôt issues de propagations formées en amont par des perturbations d'origine atlantique, et parfois de crues sur les affluents aval (la Risle et l'Eure). Des facteurs météorologiques aggravants, comme la marée, le vent ou une basse pression atmosphérique, peuvent induire une remontée du niveau d'eau dans l'estuaire de la Seine.

Les affluents sont particulièrement sensibles également aux crues d'orage. Près de 68 % des inondations survenues en Seine-Maritime entre 1960 et 2000 sont d'origine orageuse (Douvinet, 2008).

Par ailleurs, les conditions naturelles des deux tiers du territoire, et notamment les terres très limoneuses de la Haute-Normandie, s'avèrent favorables aux phénomènes de ruissellement, d'érosion des sols et de coulées boueuses. Phénomènes renforcés par les grandes cultures qui laissent les sols nus en hiver et par l'imperméabilisation grandissante des sols du fait de l'urbanisation.

Notons enfin que le débordement des cours d'eau peut aussi être associé à des phénomènes de remontée de nappe, et aussi que la frange côtière est exposée aux phénomènes de submersion marine.

Inondations remarquables

Six événements historiques ont été retenus **(fig. 6-23)** et recouvrent différents types d'inondation :
– crue océanique généralisée avec plusieurs épisodes en janvier 1910 ;
– tempêtes et submersions marines en février 1990 et décembre 1999 ;
– remontée de nappe et inondation en mars-avril 2001 ;
– orages et ruissellements en juin 1997 et mai 2000.

Crue de la Seine et de ses affluents en janvier 1910

Les pics de la Seine amont et de l'Yonne se cumulent et provoquent une crue exceptionnelle sur la région parisienne qui se propage environ cinq jours plus tard à Rouen. Les apports des affluents, la fonte des neiges et la marée contribuent à soutenir le débit de la Seine aval. À cet aléa météorologique, s'ajoutent les conditions de saturation en eau des sols associées à un important déboisement, sur le bassin supérieur de la Seine. L'eau ne s'infiltre plus dans les sols, ruisselle plus rapidement et vient grossir anormalement le débit du fleuve et de ses affluents.

Le 22 janvier, la Seine a déjà causé des dégâts à Paris et elle commence à border les berges de Rouen. Le 24 janvier, des pluies torrentielles ainsi qu'une importante chute de neige tombent en amont de l'estuaire de la Seine ; l'eau déborde sur les quais de Rouen. Le service des Ponts et Chaussées prévoit pour le 27 janvier une hauteur d'eau de 70 cm au-dessus du seuil de débordement des quais de Rouen avec un étalement latéral de l'eau allant jusqu'à 30 m.

À partir du 26 janvier, les conditions météorologiques s'améliorent avec des vents de secteur nord et une hausse des températures et de la pression atmosphérique. Cela entraîne le dégel et la fonte des neiges, engendrant le grossissement d'affluents attenant à la Seine, telle l'Andelle. Le fort débit de la Seine est également accentué par la concomitance des débits de pointe de différents bassins affluents en amont du barrage de Poses. Les phénomènes de marée s'ajoutent à ces mauvaises conditions, avec un coefficient de 78 à Rouen, l'eau atteint sa hauteur maximale de 10,04 m CMH (cote marine du Havre = 5,66 m cote NGF) le 29 janvier et le débit enregistré à Poses est de 2 600 m^3/s. Ce n'est qu'à partir du 5 février que la décrue est amorcée avec un niveau d'eau de 9,85 m CMH à Rouen. Alors que les niveaux d'eau sont passés sous la hauteur des berges à Rouen, un troisième épisode pluvieux du 5 au 10 février provoque une nouvelle pointe de crue, suivie d'un quatrième épisode du 20 au 28 février. Ce n'est qu'après ce quatrième épisode que la Seine retournera dans son lit.

L'élévation du niveau de la Seine entraîne de fortes perturbations pour la navigation fluviale avec l'impossibilité pour les péniches de passer sous les ponts. Beaucoup de routes sont coupées, le trafic ferroviaire entre Rouen et Paris est perturbé au point d'envisager de le détourner. L'eau, en envahissant progressivement les quais de Seine, compromet la vie économique du port de Rouen. Dès janvier, l'engorgement

du fleuve entre Paris et Rouen ralentit puis arrête l'activité de la batellerie. Le port s'est rapidement engorgé, le chemin de fer, déjà à la limite de saturation, n'a pas pu prendre le relais des transports pour l'acheminement des marchandises. Par chance, une grève des dockers anglais a limité l'apport de marchandises et le mauvais temps sur la Manche restreint la navigation. Les navires ne pouvant plus s'amarrer, il est fort difficile de les décharger, car les grues hydrauliques de la chambre de commerce ne peuvent fonctionner du fait d'une coupure d'électricité provoquée par l'inondation de l'usine fournissant l'énergie.

Les conséquences des inondations se font largement sentir dans la ville et les alentours. Les caves des immeubles riverains sont remplies d'eau. Des passerelles sont édifiées pour que les piétons puissent se déplacer. Avec l'élévation de la crue, les habitants doivent quitter les rez-de-chaussée pour les étages. D'autres doivent quitter leur logement. Les dégâts liés à la crue touchent tous les riverains du fleuve, mais les quartiers ouvriers de l'agglomération de Rouen et d'Elbeuf sont les plus impactés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Deux perturbations successives survenant sur un sol saturé	• Tous les abords de la Seine et de ses affluents	• Centaines de maisons inondées (200 habitations évacuées à Tourville-la-Rivière), dommages structurels aux habitations, boue dans les caves

Tempêtes et submersions marines du 26 au 28 février 1990 sur la côte d'Albâtre

Au cours du mois de février 1990, plusieurs tempêtes se succèdent provoquant des submersions marines aggravées parfois par un coefficient de marée élevé. Étretat est particulièrement touchée par ces événements (fig. 6-24).

Une première tempête se produit le 3 février 1990 en morte-eau (coefficient de marée 57) et ne provoque pas de submersion à Étretat, mais contribue au déséquilibre du profil de la plage avec pour conséquence une plus grande vulnérabilité du site aux tempêtes ultérieures, notamment celle des 27 et 28 février. Dans la nuit du 11 au 12, un vent d'ouest, force 9, se lève et creuse la mer. La surcote est d'environ un mètre avec un vent d'ouest de 45 nœuds et des vagues de quatre mètres. La plupart des vagues s'écrasent sur la plage même, mais le rebond qui s'ensuit franchit les premières balustrades pour inonder ou démolir des zones plus en retrait.

Les marées de morte-eau qui suivent cette inondation sont marquées d'une période de calme. Le lundi 26 février, un coup de vent d'ouest force 9, avec une surcote d'un mètre, provoque une grande inondation, en particulier sur Étretat et Mers-les-Bains. Le mardi 27 février un coup de vent de nord-ouest, force 8, pousse les eaux jusque dans la rue Alphonse-Karr à Étretat, résultat : rues éventrées, vitres brisées, poteaux indicateurs arrachés, caves et rez-de-chaussée noyés… En quelques minutes, la petite station est méconnaissable. La mer a pénétré plus à l'intérieur de la ville d'Étretat le

a)

b)

Figure 6-24. Étretat, tempête du 26 au 28 février 1990 : (a) à proximité des quais ; (b) place du Général-de-Gaulle. Sources : (a) DDTM, (b) Costa of Delahay 2004 in programme Interreg BAR

26 février que le 12, en raison d'un coefficient de marée plus élevé (102) et de vagues également plus hautes (environ six mètres) dues à un vent d'ouest qui souffle plus longtemps avant l'heure du plein.

À Fécamp, les vents atteignent jusqu'à 140 km/h et rejettent les vagues par-dessus la digue, alors que la mer est haute. L'eau s'engouffre dans les petites rues perpendiculaires au front de mer. Elle envahit les caves, submerge des dizaines de voitures et renverse des caravanes au terrain de camping. Les galets ont déserté la plage et envahi les rues. La boue s'est amassée dans les maisons. Les lisses en granit sont arrachées. Les bateaux doivent se réfugier dans le bassin Bérigny (http://www.risques-majeurs.fr : risques majeurs en Haute-Normandie). La période de retour du niveau marin atteint à Fécamp lors de cette tempête est de l'ordre de 100 ans, avec une surcote de plus d'un mètre (Costa *et al.*, 2003).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Submersion marine : succession de tempêtes au cours du mois de février et début mars	• Littoral en général • Valleuses vives de la côte d'Albâtre	• Dégâts estimés à 6,50 MF à Étretat

Orage du 16 au 17 juin 1997 à Saint-Martin-de-Boscherville

« Dans la journée du 16 juin 1997, des cellules orageuses se développent dans un flux de sud puis sont ralenties par un courant de nord-est établi le long des côtes de la Manche. Cet orage se caractérise par son extension et sa stabilité qui ont permis des cumuls pluviométriques élevés. On relève 80 mm en six heures sur une zone de 20 km². D'après l'imagerie radar, les pluies ont des intensités maximales qui se situent entre 115 et 205 mm/h. Les plus forts cumuls donnent une hauteur d'eau de 24 mm entre 19 heures et 20 heures. En réaction à ces précipitations de forte intensité, quatre « crues rapides » apparaissent sur des bassins situés à proximité de l'épicentre orageux (à 15 km à l'ouest de Rouen). Sur le bassin de Saint-Martin-de-Boscherville (fig. 6-25), en Seine-Maritime, les dommages sont dramatiques, faisant de nombreux dégâts matériels (coût estimé à 1,5 M€, dont 1 M€ chez les particuliers) et provoquant la mort de quatre personnes. Le débit de pointe a été estimé à 15 m³/s. Les témoignages convergent pour affirmer que le niveau d'eau est passé d'une hauteur nulle à 3,5 m par endroits en 15 à 30 minutes » (Delahaye, 2002).

« Les écoulements se concentrent rapidement vers le fond du vallon principal. Le flux turbide se forme très tôt en amont puisque les dégâts sont présents à l'amorce des talwegs secondaires. La rue Auguste-Ponty devient un véritable « torrent » avec un débit maximum estimé par le Cemagref à 10 m³/s. Une « vague de boue » a surgi dans ce vallon ; l'eau incise la route sur une distance de 300 m et sur une profondeur moyenne de 1 m. L'écoulement est suffisamment concentré et volumineux pour

Figure 6-25. Inondation à Saint-Martin-de-Boscherville lors de la crue du 16 au 17 juin 1997. Source : INA

produire des érosions importantes sur les parcelles cultivées situées sur les plateaux. La charge reste importante car des matériaux grossiers et des débris sont retrouvés à l'aval du bassin versant ; c'est d'ailleurs là où les sinistres les plus onéreux sont recensés » (Delahaye, 1999).

« Le passage du flot dans la forêt permet un filtrage des écoulements boueux, déposant au gré des obstacles (flottants, branches et autres matériels charriés), mais accroissant aussi, par une perte en charges solides, la force tractrice des eaux et sa capacité érosive. Les écoulements observés lors de crues antérieures (épisodes orageux de 1910 et de 1994) ont suivi la même direction, se concentrant très rapidement dans la rue Auguste-Ponty avant de rejoindre le fond du talweg principal. Les dégâts n'ont cependant jamais atteint cette ampleur, qui semble imputable à l'intensité des pluies » (Hay-Lepêtre, 2005).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage centennal	• La Vaupalière, Saint-Martin-de-Boscherville (vallée de l'Austreberthe)	• 4 morts : une femme et ses deux enfants emportés dans leur voiture par une coulée de boue, ainsi qu'une personne dans un accident de la circulation dû aux mauvaises conditions météorologiques • Montant total des dommages : 30 M€ (source : www.prim.net) • Un millier de personnes impactées

Tempête du 25 au 26 décembre 1999 et submersions marines sur la Seine aval

Du 21 au 29 décembre 1999, les marées en Manche présentent de très forts coefficients notamment entre le 23 et le 25 décembre. La surcote du plan d'eau par rapport aux prévisions de marée, constatée le 25 décembre à Rouen (fig. 6-26), est de 1,91 m, ce qui constitue une valeur exceptionnelle. Elle s'explique par la conjonction des très forts vents de sud-ouest et une forte chute de la pression atmosphérique associée à des débits de crue (1 500 m^3/s). Les rafales de vent en rafales maximales atteignent une vitesse de 151 km/h au cap de la Hève (Le Havre).

La Seine aval, entre Rouen et Le Havre, atteint ses niveaux maxima le 25 décembre 1999 avec une cote aval (Elbeuf) supérieure à la cote amont (Honfleur) (tab. 6-2).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique : tempête atlantique, fort coefficient de marée	• Bords de Seine et littoral	• Habitations inondées, 550 communes touchées

a)

b)

Figure 6-26. Inondation des quais à Rouen le 25 décembre 1999.
Source : © GPMR

La cote de vigilance à Rouen est de 8,80 CMH (cote marine du Havre) et la cote d'alerte de 9,00 CMH. Les premiers débordements à Rouen se produisent à partir de 9,10 CMH. Cette crue constitue l'événement de référence en aval de Rouen.

Tableau 6-2. Niveaux atteints par la Seine en décembre 1999 de Honfleur à Elbeuf

Date	Niveaux (CMH) aval-amont
Mardi 21	8,61-8,88
Mercredi 22	8,84-9,14
Jeudi 23	9,16-9,41
Vendredi	9,42-9,36
Samedi 25	9,91-9,74
Dimanche 26	9,47-9,43
Lundi 27	9,56-8,85
Mardi 28	8,93-8,59

Orages violents entre le 7 et le 13 mai 2000 à Saint-Léonard et Barentin

Entre le 6 et le 13 mai 2000, des orages violents s'abattent successivement dans la région du pays de Caux. Ils affectent principalement les régions de Fécamp et de Barentin. Les cumuls dépassent de 30 % la moyenne climatologique enregistrée à la station de Rouen-Boos ; en 10 jours, on relève 134,4 mm sur la station de Dieppe, record pour la période 1949-2000.

Le 9 mai, trois crues se forment en basse vallée de la Ganzeville et le long du littoral cauchois. Les pluies sont estimées à 75 mm en six heures. Les voies départementales et communales sont gravement endommagées par des torrents de boue, et de nombreux axes de circulation ont dû être fermés dans les environs de Fécamp. Une « vague de boue » d'une hauteur d'un mètre est observée vers 16 heures à l'exutoire du vallon des Quatre Vaux et plusieurs véhicules sont emportés. Face à la montée des eaux, certains sinistrés se sont même réfugiés sur les toits des habitations et doivent ensuite être hélitreuillés, notamment à Hautot-Saint-Sulpice, Anvéville et Harcanville dans l'arrondissement de Dieppe. À Fécamp, les ouvrages du val aux Clercs débordent en créant une véritable vague (de l'ordre du mètre) qui déferle en direction de la rue de l'Inondation. Une vingtaine de voitures sont emportées, une centaine de maisons sont sinistrées.

À l'ouest de Fécamp, à Saint-Léonard, dans le vallon de Grainval, une personne décède dans sa voiture, emportée par un torrent de boue. On déplore également la mort d'un employé communal, noyé dans un torrent de boue formé dans l'après-midi.

Le 10 mai, on enregistre 80 mm de pluie en 1 h 30 environ dans la région de Barentin. Trente minutes seulement après le début de la pluie, vers 18 h 30, l'eau ruisselait déjà sur les parcelles agricoles et commençait à submerger les routes. Des ponts sont entaillés par les écoulements avec des incisions qui atteignent en certains endroits près de cinq mètres de hauteur.

Toute la vallée de l'Austreberthe, entre Barentin et Duclair (fig. 6-27), est sinistrée. Des lotissements sont inondés. L'eau s'élève jusqu'à 1,5 m dans certaines rues. Des plongeurs interviennent à Écrainville pour sauver une automobiliste bloquée dans son véhicule. À Fauville-en-Caux, le toit d'un supermarché s'effondre sous le poids de l'eau, sans faire de victimes. La Saâne sort de son lit dans les localités d'Ouville-la-

Rivière, Longueil et Quiberville où l'on relève plus de 50 mm de pluie en moins d'une heure. La circulation est rendue difficile en fin d'après-midi sur l'autoroute A 29 entre Le Havre et Saint-Saëns, en raison de coulées de boue. Pour les mêmes raisons, la ligne SNCF Fécamp-Bréauté est interrompue. À Bolbec, une maison frappée par la foudre est détruite par l'incendie. La consommation d'eau potable de près de 11 000 habitants des secteurs de Saint-Romain-de-Colbosc, Angiens et Varengeville-sur-Mer est interdite. La Préfecture déclenche le plan Orsec le matin du 11 mai.

a)

b)

Figue 6-27. Inondation de mai 2000 à : (a) Duclair ; (b) Barentin, 9 mai 2000.
Sources : (a) Dreal Haute-Normandie ; (b) INA

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Succession d'orages violents	• Régions de Fécamp, de Barentin et Léonard	• 2 morts, bâtiments inondés, supermarché effondré, ponts éventrés, routes ravinées, troupeaux emportés

Remontées de nappe et inondations de mars-avril 2001 en Haute-Normandie

Bien que les remontées de nappe ne soient pas un phénomène nouveau en Haute-Normandie, l'événement de mars-avril 2001 est exceptionnel par l'importance de la recharge de la nappe et l'étendue des zones concernées. En effet, les niveaux atteints au printemps 2001 sont très souvent supérieurs aux maxima observés au cours des 30 dernières années, la nappe étant parfois remontée de plus de 20 m.

Ce phénomène s'explique par l'importance des précipitations qui ont touché la région depuis décembre 1999. Les crues se succèdent tout au long du mois de novembre mais restent relativement modestes avec des temps de retour compris entre deux et cinq ans sur la majorité des rivières, excepté sur la Béthune et sur la Charentonne où le niveau décennal est atteint.

Début décembre, de fortes précipitations engendrent des crues notables dans le département de l'Eure, supérieures à la crue décennale sur la Risle, l'Iton et l'aval de l'Epte. En Seine-Maritime, des crues sont observées en fin du mois mais restent modestes et ne provoquent pas de débordements significatifs. En six mois, d'octobre 2000 à mars 2001, il tombe sur la région l'équivalent de la pluviométrie moyenne annuelle, et ce à une période de l'année où l'essentiel de la pluie s'infiltre ou ruisselle (exemple de la station météorologique de Rouen-Boos : 800 mm sur six mois pour une moyenne climatologique proche de 400 mm). Le cumul des pluies des trois premiers mois de l'année atteint par endroits la moitié de la moyenne annuelle.

Les remontées de nappe concernent une centaine de communes dans l'Eure et une trentaine en Seine-Maritime. Le département de l'Eure est davantage touché que la Seine-Maritime (période de retour T des crues voisine de 10 ans ou légèrement supérieure). Dans l'Eure, en revanche, des hauteurs record sont atteintes sur plusieurs cours d'eau (T = 50 ans sur l'Epte, l'Eure, l'Avre, et l'Iton) et on enregistre des débits record sur l'Eure à Louviers (140 m^3/s) et sur la Risle à Pont-Authou (130 m^3/s).

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique et remontées de nappe • Pluviométrie excédentaire des années 1999 et 2000 par rapport à la moyenne climatologique • Précipitations de fin 2000 encore largement au-dessus des moyennes de même en janvier 2001 • Pluviométrie du mois de mars jusqu'à trois fois supérieure à la moyenne climatologique mensuelle	• Une grande partie de la Haute-Normandie	• Nombreuses habitations inondées pendant plusieurs semaines

Unité vallées d'Oise

Réseau hydrographique

L'UP « vallées d'Oise » correspond à peu près au bassin versant de l'Oise. Elle s'étend sur près de 17 000 km², six départements et quatre régions : le Val-d'Oise (région Île-de-France), l'Aisne, l'Oise (région Picardie), les Ardennes, la Marne (région Champagne-Ardenne) et la Meuse (région Lorraine). Le bassin versant comporte plus de 11 000 km de cours d'eau.

L'Oise (340 km) prend sa source en Belgique, dans le massif forestier de la Fagne, près de Chimay et se jette dans la Seine à Conflans-Sainte-Honorine, en aval de Paris. Ses principaux affluents sont la Serre, l'Aisne et le Thérain. L'Oise est alimentée dans sa partie amont par le Ton et le Gland. Quant à la rivière Aisne, ses deux principaux affluents sont la Vesle et l'Aire.

Typologie des inondations

Les inondations sont avant tout à mettre au compte du débordement des cours d'eau associé, dans les plaines, au phénomène de remontée de nappe. Les crues et débordements peuvent être particulièrement rapides en tête de bassin, notamment sur l'Aisne et ses affluents. Lors d'épisodes orageux, on relève aussi ponctuellement des phénomènes de ruissellement accompagnés de coulées de boue.

Le bassin supérieur de l'Aisne draine les collines d'Argonne sur plus de 3 000 km². Il a une grande aptitude au ruissellement et joue un rôle prédominant dans la genèse des phénomènes de crues et d'inondation. À l'aval de Rethel, l'Aisne aborde le plateau calcaire de Champagne, zone où le ruissellement est beaucoup plus faible. Ses principaux affluents rive gauche (Retourne, Suippe et Vesle) fonctionnent ici essentiellement en drains des nappes, avec des temps de concentration relativement plus importants. Cette zone a donc peu d'influence sur les pointes de crues. Au total, l'apport de l'Aisne, qui conflue à l'amont immédiat de Compiègne, fait plus que doubler le débit de l'Oise.

La partie de bassin de l'Oise susceptible de fortement ruisseler est sensiblement moins étendue que sur le cours supérieur de l'Aisne (852 km² à Monceau). Elle est complétée par le bassin amont de la Serre qui draine les collines de Thiérache.

À l'aval, l'Oise est une rivière de plaine dont les débordements sont tributaires de l'ampleur des crues amont et de leur éventuelle concomitance. Les observations montrent qu'en général les maxima de l'Oise précèdent ceux de l'Aisne.

Inondations remarquables

Sept événements historiques ont été retenus **(fig. 6-28)** et recouvrent différents types d'inondation :

– crue océanique avec plusieurs épisodes, en janvier-mars 1910, décembre 1993-janvier 1994, janvier-février 1995 ;
– crue avec fonte nivale, en février-mars 1784 et janvier 2011 ;
– remontée de nappe et inondation, en mars-avril 2001 ;
– orage en juin 2007.

Crue de dégel sur le bassin de l'Oise en février-mars 1784

Le bassin versant de l'Oise connaît une longue période de gel, entre le 8 décembre 1783 et le 20 février 1784, associée à d'importantes précipitations neigeuses. Les glaces s'accumulent peu à peu autour des ouvrages fluviaux, et on craint par expérience la débâcle glaciaire. Les autorités prennent assez rapidement les mesures préventives pour le déblaiement des glaces autour des ponts et l'évacuation de ceux qui étaient habités. On met en œuvre aussi des dispositions pratiques, telle l'obligation faite aux charretiers et voituriers quittant les villes de charger leurs voitures vides de neiges et de glaçons. Le redoux survient d'un coup à partir du 20 février associé à des précipitations intenses. Le manteau neigeux entre alors rapidement en fusion et les sols, toujours gelés, amplifient le ruissellement, le tout générant une crue instantanée et extraordinaire des différents cours d'eau le 24 février.

À l'écluse de Venette, l'eau s'élève à la cote 6,88 m, soit 38 cm au-dessus de l'événement de 1995 (fig. 6-29). Elle atteint 6,87 m à Soissons (Bonnard, 2009).

« Le vallon de Soissons presque tout entier ne présente plus jusqu'à 3 lieues (13,3 km) sur la route de Compiègne, que l'image d'une vaste mer. Le pont de la Porte des Bois sur un des canaux de la rivière Aisne s'écroule entraînant plusieurs personnes dans sa chute. À Château-Porcien toute la ville basse composée de 160 maisons, 600 habitants ont été forcés de se retirer dans la ville haute. » (Archives nationales).

L'inondation ravage tout sur son passage. Le long de l'Oise et de l'Aisne, ponts et moulins sont emportés ou endommagés. Une centaine de maisons sont détruites à Neufchâtel et plus de 60 à Berry-au-Bac. Un sauveteur se noie à Alincourt. À Rethel, les pertes sont estimées à 308 979 livres. Des quêtes sont organisées dans le diocèse de Reims pour venir en aide aux victimes et le pouvoir royal accorde des secours directs en argent et des réductions sur la taille.

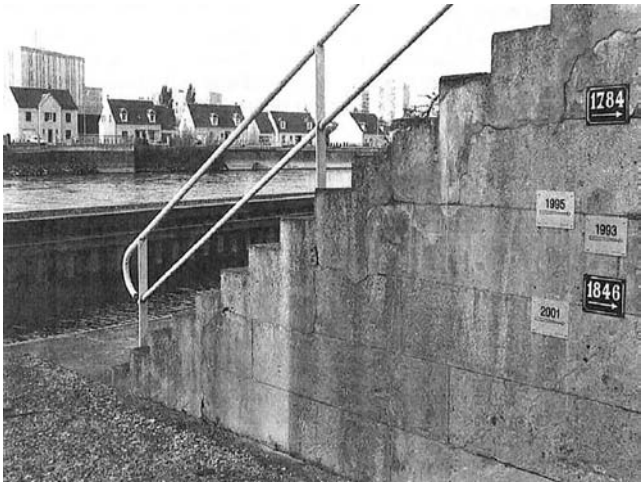


Figure 6-29. Crue de février-mars 1784 : repères crue à l'écluse de Venette.
Source : J.-Y. Bonnard, CDDP Oise

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Dégel, fonte des neiges associée à des précipitations	• Bassin de l'Oise et de l'Aisne	• Centaines d'habitations inondées, ponts détruits, plusieurs victimes

Crue de l'Oise et de l'Aisne en janvier-mars 1910

a)

b)

Figure 6-30. Inondations de 1910 : (a) crue de l'Aisne à Soissons ; (b) crue de l'Oise à Creil. Source : archives du SPC Oise-Aisne

Les crues de janvier à mars 1910 sur l'Oise et l'Aisne font suite à trois épisodes pluvieux plus marqués, l'un fin janvier, le second, très intense, entre le 6 et 8 février 1910, le troisième, fin février 1910.

Les crues consécutives ne sont pas exceptionnelles sur le bassin de l'Oise mais vont prendre de l'ampleur vers l'aval. L'inondation (fig. 6-30) concerne, à des degrés divers, les trois rivières principales du bassin : l'Oise, l'Aisne et la Serre. Le niveau dépasse toutes les cotes observées depuis 1882 à la station de Venette. Les eaux se propagent, alors que les débordements précédents ne sont pas encore évacués. La crue de fin février-début mars présente de ce fait un caractère plus marqué. Les débits estimés dans le secteur de Soissons sont compris entre 480 et 530 m^3/s.

Les dommages sont considérables, particulièrement à l'aval de Compiègne en raison de l'installation d'habitations ouvrières et de locaux industriels dans le lit majeur de la rivière. Les personnes sont directement menacées par les inondations. À Longwé, une femme est entraînée par les flots mais récupérée. La lenteur d'écoulement des eaux crée au contraire une situation particulièrement désastreuse à Vouziers. À Vandy, 330 hectares de terres agricoles et 200 propriétaires sont sinistrés.

L'Aisne et l'Oise contribuent ensuite à l'inondation catastrophique de la région parisienne.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Succession de perturbations océaniques	• Bassin de l'Oise	• Nombreuses habitations inondées, arrêt des usines, infrastructures coupées

Crue de l'Oise et de l'Aisne en décembre 1993-janvier 1994

Les mois d'octobre et novembre 1993 ont été très pluvieux, avec trois petites crues. Lorsque les premières pluies du mois de décembre apparaissent, les sols déjà détrempés se saturent rapidement. À partir du 7 décembre, la pluie tombe sur l'ensemble du bassin avec des cumuls importants. On relève 99 mm à l'aérodrome de Saint-Quentin - Roupy entre le 11 et le 20 décembre, soit quatre fois les précipitations moyennes.

L'Oise atteint son pic de crue à Sempigny (fig. 6-32) le 24 décembre (4,77 m à l'échelle pour 278 m^3/s). Les périodes de retour de l'événement se situent entre 40 et 70 ans. Il est suivi de sept autres montées entre le 2 janvier et le 24 avril 1994.

Les inondations durent plusieurs jours, jusqu'à six jours sur la commune de Mézières-sur-Oise. Assez rapidement la navigation sur l'Oise et le canal latéral est interrompue. Les champs d'expansion des crues sont entièrement remplis.

Les impacts et dommages sont considérables. Les zones urbaines les plus touchées sont sur l'Oise : Hirson, Guise, Origny-Sainte-Benoite, La Fère (fig. 6-31), Chauny, Margny-lès-Compiègne, Pont-Sainte-Maxence ; sur la Serre : Marle ; sur l'Aisne : Vouziers, Rethel, Soissons. On déplore deux décès (deux gendarmes noyés à Attigny). Plusieurs milliers de personnes sont évacuées avec l'aide de l'armée : 2 650 dans

l'Oise, 1 550 dans l'Aisne. Dans l'Oise, quelque 200 entreprises sont directement touchées (destruction de stocks) et 300 personnes sont mises au chômage technique. Au total, les dégâts sont estimés à 156 millions de francs dont 100 millions aux habitations. Plus de 4 000 maisons sont endommagées, 21 000 habitants impactés et 200 à 300 entreprises industrielles, commerciales et artisanales touchées. Sans parler des infrastructures gravement atteintes (ponts, routes).

Figure 6-31. Crue de décembre 1993 sur l'Oise à La Fère. Source : DDT 02

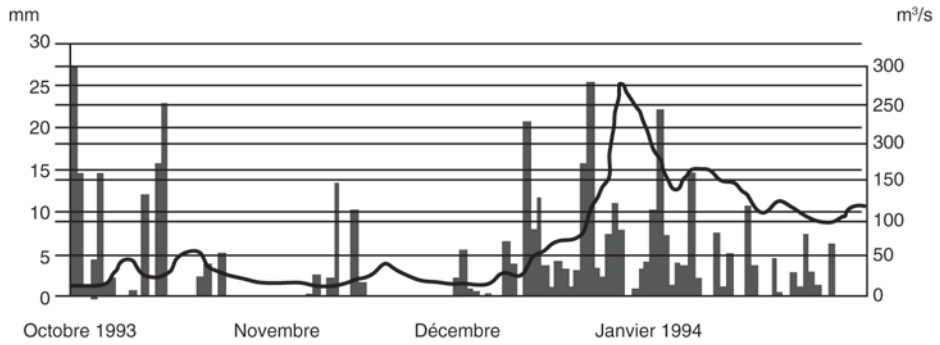


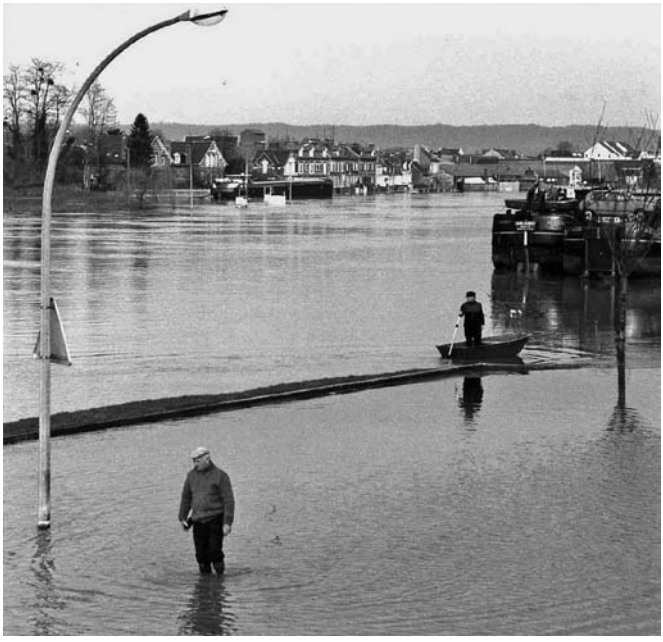
Figure 6-32. Précipitations à Ribécourt et débits de l'Oise à Sempigny du 1er octobre 1993 au 31 janvier 1994. Sources : Météo-France, Banque Hydro et J.-Y. Bonnard

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Dès octobre et novembre 1993, plusieurs journées pluvieuses • Pluies continues du 7 au 20 décembre	• Ensemble du bassin versant de l'Oise et de l'Aisne • Plusieurs dizaines de milliers d'hectares de vallée inondés, sur une largeur atteignant 4 km sur la partie moyenne de l'Oise • Crue de l'Oise, l'Aisne, l'Esches, la Thève, la Nonette, le Thérain, la Brèche, l'Automne, l'Aronde, le Matz, la Divette, la Verse, l'Air, la Vaux, la Serre	• Deux victimes, 156 MF de dégâts, 4 000 maisons et 300 entreprises touchées, 21 000 habitants impactés

Crue de l'Oise et de l'Aisne en janvier-février 1995

Une série de perturbations touchent les bassins de l'Oise et de l'Aisne à partir du 21 janvier 1995 et génèrent une série de crues. L'Oise atteint le 24 janvier la cote 2,88 m à la station d'Origny-Sainte-Benoite (période de retour T = 5 ans). Un deuxième épisode pluvieux touche l'amont du bassin les 24 et 25 janvier et génère une crue plus remarquable. L'eau monte à la cote 3,30 m le 27 janvier à Origny (T = 20 ans). Le phénomène s'amplifie à l'aval : 2,80 m le 30 janvier à Condren (T = 40 ans). Un troisième puis un quatrième épisode pluvieux sont à l'origine de deux nouvelles crues à Hirson. La dernière atteint la cote 3,27 m le 30 janvier (T = 10 ans). Les débits atteignent 665 m³/s sur l'Oise à Creil, et 365 m³/s sur l'Aisne à Berry-au-Bac. Au total, sur l'Oise comme sur l'Aisne, les niveaux sont proches de

a)



b)

Figure 6-33. Crue de l'Oise en janvier-février 1995 : (a) Pont-Sainte-Maxence ; (b) Compiègne. Source : archives du SPC Oise-Aisne

ceux de 1993, voire supérieurs sur certains secteurs aval (Compiègne). La crue se caractérise également par sa durée. Sur l'amont du bassin de l'Aisne les maxima se maintiennent une dizaine de jours consécutifs.

Une trentaine de routes départementales sont coupées, trois ponts sont fermés et deux autres mis en circulation alternée. Plusieurs villages se retrouvent isolés au milieu des eaux. On procède à l'évacuation de 2 500 à 3 000 personnes dans la vallée de l'Oise.

Les dégâts sont particulièrement importants tout au long des vallées de l'Aisne et de l'Oise (fig. 6-33). Près de 200 entreprises et commerces sont touchés pour un coût global d'environ 200 millions de francs. La navigation est interrompue sur l'Oise du 1er au 12 février 1995. Le monde agricole est également sévèrement touché par la submersion et la pollution des pâtures.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Cumul de la période septembre 1994-janvier 1995 : 1 437 mm à Erneville-aux-Bois (bassin amont de l'Aisne) • 4 épisodes pluvieux • Sur certains tronçons, crue de période de retour 40 ans	• Ensemble du bassin versant de l'Oise et de l'Aisne	• 81 communes sinistrées dans l'Oise, 200 entreprises touchées, 200 MF de dégâts pour les entreprises et les commerces

Crues et remontées de nappe dans le bassin de l'Oise en mars-avril 2001

Les inondations de mars-avril 2001 (fig. 6-34) sur le bassin de l'Oise ont pour cause première la remontée généralisée des nappes phréatiques, en particulier celle de la craie à partir de l'automne 2000. Son niveau se stabilise en février-mars 2001 puis, suite aux fortes précipitations de mars, s'accélère soudainement début avril. À Beauvais, la nappe s'élève de huit mètres entre octobre 2000 et janvier 2001 et, après une amorce de baisse, s'élève à nouveau d'un mètre en avril.

a)

b)

Figure 6-34. Inondations en mars 2001 : (a) l'Oise à Boran ;
(b) l'Aisne à Choisy-au-Bac. Source : archives du SPC Oise-Aisne

À Beauvais (Oise) il tombe environ 825 mm de précipitations d'octobre 2000 à avril 2001 (contre 450 mm pour la moyenne climatologique de 1961 à 1990). Les cumuls pluviométriques du mois de mars atteignent trois fois la moyenne mensuelle sur la moitié des stations. Les pluies se poursuivent en avril (deux fois la moyenne climatologique) avec 26 jours de précipitations sur 30 à Reims.

L'Oise et ses petits affluents sont en crue sévère fin mars-début avril (T = 20 ans sur l'Oise à Creil et sur l'Automne, T = 50 ans sur l'Aronde, la Divette, le Thérain). Les crues sont moins soutenues sur l'Aisne (334 m³/s à Berry-au-Bac).

Les dégâts sont notables, avec une aggravation des conditions fin mars dans la vallée de l'Oise. Un très grand nombre de maisons sont inondées, avec des dégâts matériels importants. On procède à de nombreuses évacuations. La circulation est particulièrement perturbée : routes et chemin de fer (ligne Beauvais-Creil) sont coupés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique et remontée des nappes • 6 mois d'intenses précipitations	• Département de l'Oise Rivières : Oise, Aisne, Thérain	• Nombreuses habitations inondées dans le bassin de l'Oise, routes et voies ferrées coupées

Orage du 7 au 8 juin 2007 sur le Noyonnais et crue de la Verse

Une perturbation orageuse particulièrement active touche le nord-est du département de l'Oise et une partie des départements de la Somme et de l'Aisne dans la nuit du 7 au 8 juin 2007. On relève plus de 8 000 impacts de foudre en quatre heures et des précipitations exceptionnelles. Les cumuls de pluie **(fig. 6-35)** atteignent 120 mm en deux heures à Guiscard (période de retour supérieure à 100 ans). Routes, fossés, cours d'eau se transforment rapidement en véritables torrents. Le bassin de la Verse est plus particulièrement concerné.

Le bourg de Guiscard, à la confluence de la Verse de Guivry et de la Verse de Baugy, est l'un des territoires les plus sinistrés. Outre les ruissellements et les coulées de boue, la Verse submerge le gymnase, le terrain de football et les rues de part et d'autre de son cours. La RD 932 est inondée sur 250 m au centre du village. Des dizaines d'habitations, plusieurs commerces, l'école primaire, la gendarmerie (fig. 6-36) sont également sous les eaux. Des dizaines de stères de bois sont emportées. Le site de confluence et la topographie en cuvette du bourg expliquent en partie la gravité et la longue durée de la submersion (environ 31 heures). Plus en amont, la Verse de Guivry coupe la RD 128 à Fréniches et se déverse le long de la RD 91.

Au total, les dégâts matériels sont importants. Près de 300 maisons sont sinistrées à Guiscard, 110 à Noyon, 20 à Muirancourt, et aussi à Maucourt, Berlancourt, Quesmy, Bussy, Genvry, et Beaurains. De même, l'orage touche fortement les communes en tête de bassin, comme Grandrû, Mondescourt, Appilly ou Quierzy.

a)

b)

Figure 6-36. Orage du 7 au 8 juin 2007 : (a) vue aérienne de Noyon ; (b) place de Magny à Guiscard. Sources : (a) M.-O. Estienne ; (b) *Le Courrier picard*

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage d'été : 120 mm en 2 heures sur Guiscard	• Bassin de la Verse : Maucourt, Berlancourt, Guiscard, Muirancourt, Quesmy, Bussy, Genvry, Beaurains ou Noyon	• Plus de 400 maisons inondées

Crue de l'Oise des 7 et 8 janvier 2011

La crue de janvier 2011 reste une inondation atypique. Depuis la mi-décembre 2010, les chutes de neige ont été très abondantes, paralysant le nord de la France. La couche est particulièrement épaisse sur le nord du département de l'Aisne. Un brusque redoux accompagné d'une pluie soutenue **(fig. 6-37)** (50 mm en 24 heures sur le bassin du Gland, 80 mm localement sur l'Oise en amont d'Hirson) provoque une fusion nivale très rapide.

La réaction des cours d'eau est instantanée et violente à la différence des crues usuelles très lentes. L'Oise en amont d'Hirson enregistre des débits plus que centennaux (190 m^3/s sur l'Oise à Hirson). Les hauteurs dépassent ici de près de 60 cm celles observées en décembre 1993. Même s'ils restent inférieurs au niveau atteint lors de cet événement, les apports du Gland et du Petit Gland sont notables. À Proisy, la crue est encore cinquantennale (environ 240 m^3/s). Plus en aval, l'événement est faible sur l'Oise canalisée (T = 5 ans) à Compiègne. On relève seulement quelques débordements localisés, les apports de l'Aisne étant restés limités (T = 2 ans).

Remarquons que le barrage écrêteur de Proisy a permis de réguler une partie de la crue (– 55 cm) pour un débit sortant de 160 m^3/s. Les capacités d'écrêtement de l'ouvrage ont toutefois été rapidement atteintes, provoquant une rehausse des lignes d'eau en fin d'épisode. À Guise, elle est de + 15 cm. Environ 40 habitations ont été faiblement inondées. En revanche, près de 400 autres ont été épargnées grâce à l'écrêtement initial.

Les dégâts sont particulièrement notables dans le secteur d'Hirson. Dans le bourg même l'événement a dépassé la crue historique du 21 décembre 1993, avec une cote maximale à 4,25 mètres. Les hauteurs d'eau dépassent 1,40 m dans certains quartiers. Au total, quelque 546 immeubles (maisons, commerces, autres établissements) sont inondés dans 34 rues ou places. De nombreux commerces et certains services publics ont suspendu leur activité. Le coût des réparations aux voiries et ouvrages d'art est évalué à 716 000 euros.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Fortes pluies (50 mm en 24 heures, localement 80 mm) entraînant la fonte du manteau neigeux sur un sol gelé • Crue plus que centennale en amont d'Hirson	• Vallée de l'Oise	• 546 bâtiments touchés à Hirson • Coût de réparation aux voiries et ouvrages d'art : 716 000 €

Unité vallées de Marne

Réseau hydrographique

Le bassin de la Marne s'étire comme un long croissant à l'est du Bassin parisien, des contreforts du plateau de Langres jusqu'à Charenton. Il couvre une superficie de

10 000 km². La Marne reçoit la Saulx, son principal affluent à Vitry-en-Perthois. Les autres affluents sont principalement la Traire, la Suize, le Rognon et la Blaise (sur les secteurs Marne amont et Marne Blaise), la Moivre, la Somme, la Soude et la Coole (sur le secteur Marne crayeuse) et le Surmelin sur le secteur Marne vignoble.

Typologie des inondations

Les inondations sont ici avant tout le fait des débordements de cours d'eau. Elles peuvent prendre des allures violentes en tête de bassin à l'occasion de pluies intenses. Le faciès crayeux a par ailleurs une forte influence sur l'hydrologie de la Marne. Il lui confère un régime de rivière de drainage de nappe qui se caractérise à la fois par des crues de débordement en lit majeur lentes et durables, caractéristiques des bassins de plaine, et par une tendance à un renforcement des crues de printemps (avril-mai), la charge de la nappe étant forte à cette période.

Le fonctionnement du système hydrographique est donc très lié aux particularités géologiques et géomorphologiques. En amont de Vitry-le-François, le bassin de la Marne, réactif à la pluviométrie, est une zone de genèse des crues. La concomitance des crues de la Marne et de la Saulx est un facteur aggravant. En aval de Vitry-le-François et jusqu'à la limite aval de l'UP « vallées de Marne », la rivière traverse une zone crayeuse au sol perméable, et ne reçoit pas d'apports significatifs. Sa vallée constitue ici un vaste champ d'expansion des crues. Le bassin a la particularité de disposer, très en amont, entre Saint-Dizier et Vitry-le-François, du lac-réservoir Der-Chantecoq (350 millions de m³) qui participe à la fois au soutien d'étiage et à un écrêtement des crues.

Inondations remarquables

Dix événements historiques ont été retenus **(fig. 6-38)** et recouvrent différents types d'inondation :

– crues océaniques avec plusieurs épisodes, en janvier 1910, novembre 1924, décembre 1947, avril-mai 1983, décembre 1993 ;

– crues océaniques avec ruissellement sur sol gelé, en janvier 1955, décembre 2001-janvier 2002 ;

– remontée de nappe et inondation, en mars-avril 2001 ;

– orages en juillet 2000, juin 2009.

Crue de la Marne et de ses affluents en janvier 1910

La crue de janvier 1910 est la plus importante observée depuis 1861 sur tout le cours de la Marne. Les précipitations se répartissent en deux épisodes pluvieux intenses (tab. 6-3). Le premier, entre le 10 et le 20 janvier 1910, est à l'origine de l'événement, le second, de moindre importance, soutient la décrue entre le 22 et le 26 janvier. Les cumuls sur 24 heures atteignent 30 à 40 mm les 17, 18 et 19 janvier. Les deux épisodes sont particulièrement intenses sur les têtes de bassin (Marne à l'amont de Saint-Dizier, Rognon et Sueurre principalement), négligeables plus en aval.

Les hauteurs de la Marne aux stations de Chaumont, Saint-Dizier et Châlons (5,42 m, T = 70 ans), sont les plus hautes jamais observées. À Noisiel, le débit atteint 850 m³/s (T = 60 ans), plus forte crue en 121 années de mesures.

Tableau 6-3. Quelques cumuls pluviométriques sur le bassin de la Marne en janvier 1910

Date	10 au 21 janvier	22 au 26 janvier	10 au 26 janvier
Cumul (en mm)	de 45 à 130 mm	de 10 à 40 mm	de 70 à 170 mm

En matière de dégâts, la crue de 1910 est aggravée par la rupture de digues. Celle du canal latéral de la Marne se rompt, rive droite, entre Sarry et Châlons. Même scénario en aval de Châlons où la digue est détruite sur une longueur de 40 mètres entre Saint-Martin et le pont du chemin de fer. Le flot se répand alors sur les villages de Recy et de Juvigny où la situation devient très préoccupante. Piégée entre le canal

a)

b)

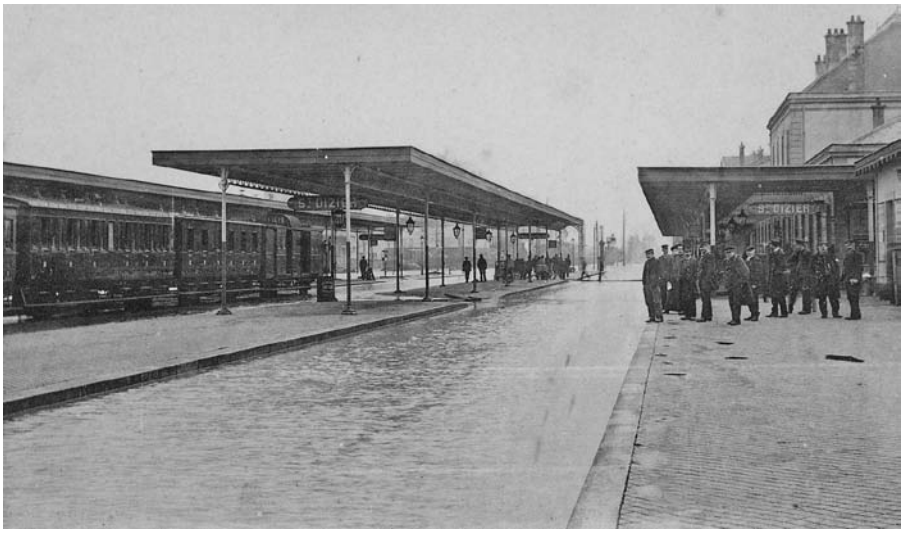


Figure 6-39. Crue de la Marne en janvier 1910 : (a) Quartier de Madagascar à Châlons-sur-Marne ; (b) gare de Saint-Dizier. Source : collections du musée de Saint-Dizier

de Condé et les coteaux, l'eau ne s'écoule pas et ne cesse de monter. Une cinquantaine de bâtiments sont envahis, un grand nombre s'écroulent, sans compter les granges, les hangars et les écuries.

À Châlons-sur-Marne, de l'actuelle avenue du Général-de-Gaulle en passant par la rue du Lycée, depuis la rue Jacquesson et jusqu'à Saint-Memmie, la Marne transporte de la boue, emporte des troncs d'arbres. Les eaux qui détruisent meubles, vêtements, provisions, sèment « partout la désolation et la douleur ». La campagne n'est pas non plus épargnée. En amont et en aval de Châlons-sur-Marne, la plaine n'est plus qu'un vaste lac, submergeant les chemins de halage, les prairies, les jardins et seules les habitations émergent de l'eau (fig. 6-39).

« Ce ne sont que maisons qui s'effondrent, engloutissant sous leurs toits les meubles, les récoltes, les animaux de basse-cour, qui, surpris, ne peuvent se sauver. C'est à grand-peine si, à Sogny-aux-Moulins, à Recy, à Juvigny, à Cherville, à Vraux, à Aigny, pour ne parler que des localités les plus éprouvées de notre arrondissement, les habitants peuvent s'enfuir sans rien emporter de leurs biens. » (*L'Union Champagne-Ardenne Picardie* du 20 janvier 2010).

Le 22 janvier, la Croix-Rouge, au travers de son comité de la société de secours, ouvre une souscription pour venir en aide aux familles des inondés et enregistre une mobilisation sans précédent qui perdure après le retrait des eaux.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Après une période de gel, pluies diluviennes venues du sud-ouest sur tout le bassin, provoquant un ruissellement rapide sur un sol gelé	• Bassin de la Marne	• Dommages structurels aux bâtiments, infrastructures coupées

Crue de la Marne et de ses affluents du 2 au 7 novembre 1924

L'année 1924 a été particulièrement pluvieuse sur tout le bassin de la Marne. Surviennent, fin octobre, des pluies diluviennes sur toute la région. Les sols sont complètement saturés par les pluies antérieures. Les écoulements de surface sont très rapides et en peu de temps l'ensemble des cours d'eau entrent en crue. Le Perthois et surtout la Saulx inquiètent dès le 2 novembre par leur rapidité et leur violence.

Les débordements sont exceptionnels le long de l'Ornain et de la Saulx. Les hauteurs atteintes par les eaux sont en général supérieures à celles de 1910 (+ 15 cm à Jâlons, + 30 cm à Bisseuil). Seul l'événement de 1852 est comparable.

Les dégâts sont très importants. Toutes les chaussées de la région sont submergées. De nombreux villages sont inondés et évacués (Bisseuil). Le canal latéral à la Marne subit d'importantes avaries (éboulements de la cuvette) entre Vitry et Soulanges, sans pour autant faire de brèche. Les batardeaux et les renforcements de digues préviennent les débordements. À Troissy, la Marne déborde et submerge prairies et

chemin de fer sous 25 à 30 cm d'eau. À Cherville, « le désastre est effrayant : sur toutes les routes, les habitants fuient avec leurs attelages et leurs bestiaux. Plus de 100 ménages émigrent. On a constaté plusieurs éboulements. La nappe d'eau atteint 1,20 m. Un certain nombre de bâtiments se sont écroulés » (*L'Union Républicaine*, novembre 1924). À Jâlons (fig. 6-40), les rues sont sous un mètre d'eau, 43 maisons sont inondées et 137 personnes sont évacuées, dont 40 dans l'urgence. On évoque un décès : une personne de « forte corpulence est passé(e) sous le pont de la Marne à Damery ». L'inondation cause d'importants dégâts aux bâtiments et aux stocks de récoltes et marchandises. Les murs se lézardent et parfois s'effondrent, comme place d'Armes. Agriculteurs et viticulteurs connaissent eux aussi d'importantes pertes. Ils obtiendront une aide de 4 millions de francs. Au total, dans le département de la Marne les dégâts sont évalués approximativement à 2 200 000 francs.

Figure 6-40. Crue de la Marne à Jâlons en novembre 1924. Source : SPC SAMA

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Pluies diluviennes à la suite d'une année humide	• Vallées de la Marne, de la Saulx, de l'Ornain et de la Chée	• Un mort, nombreux dégâts aux ouvrages d'art, ponts emportés, maisons inondées et détruites, évacuation de centaines de personnes • Montant des dommages évalués au moins à 6 MF

Crue de la Marne et de ses affluents du 30 décembre 1947 au 1er janvier 1948

Un été exceptionnellement long, ensoleillé, chaud et sec a précédé les inondations de la fin de décembre 1947 sur le nord-est de la France. Le 19 décembre, une première dépression est à l'origine de fortes chutes de neige sur la région. À partir du 22, une nouvelle perturbation très marquée associée à un redoux génère, durant plusieurs jours, une série quasi continue d'averses intenses.

Figure 6-41. La Saulx au pont de Vitry-en-Perthois en décembre 1947.
Source : service navigation de la Seine

La crue de la Saulx est rapide et subite, avec des niveaux au pont de Vitry-en-Perthois (fig. 6-41) supérieurs à ceux de 1924 (+ 20 cm). On souligne à cette occasion le rôle joué par les débris des cinq ponts détruits lors de la Seconde Guerre mondiale qui obstruent encore en partie le cours de la rivière (deux à Vitry-en-Perthois, Plichancourt, Ponthion, Bignicourt-sur-Saulx). Sur le cours supérieur de la Marne la crue de 1947 présente un caractère assez grave. Ces niveaux sont en général supérieurs à la crue de novembre 1944, à l'exception de Châlons-sur-Marne où les obstacles formés par les ouvrages détruits par les Allemands avaient localement aggravé la situation (tab. 6-4). Sur son cours inférieur, les apports des affluents restent limités en raison de la faiblesse relative des pluies tombées sur le plateau de la Brie.

À Vitry-en-Perthois, l'usine des Gaz comprimés est envahie par le flot à un niveau jamais atteint.

Tableau 6-4. Comparaison des cotes atteintes par les crues de la Marne en 1944 et 1947

Crue	Saint-Dizier	La Chaussée	Châlons-sur-Marne	Damery (près d'Épernay)
Nov. 1944	4,82 m (26 nov.)	3,10 m (27 nov.)	6,22 m (26 nov.)	4,65 m (26 nov.)
Déc. 1947	4,88 m (30 déc.)	3,12 m (31 déc.)	5,00 m (1er janv.)	4,68 m (1er janv.)

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Fonte des neiges accompagnée de pluies torrentielles • Facteur aggravant : encombrement des lits de certaines rivières par des ponts détruits	• Vallées de la Marne, de la Saulx, de l'Ornain et de la Chée	• Graves dommages : baraquements envahis par les eaux en quelques minutes et en pleine nuit, mobiliers endommagés, caves inondées

Crue de la Marne et de ses affluents en janvier 1955

La crue de janvier 1955 est la plus importante jamais enregistrée depuis l'implantation de stations de mesures sur la Marne (fig. 6-42). Des pluies d'une abondance exceptionnelle touchent le bassin entre le 11 et le 17 janvier. Les sols gelés accélèrent encore le ruissellement qui, en quelques heures seulement, provoque la crue de la plupart des cours d'eau.

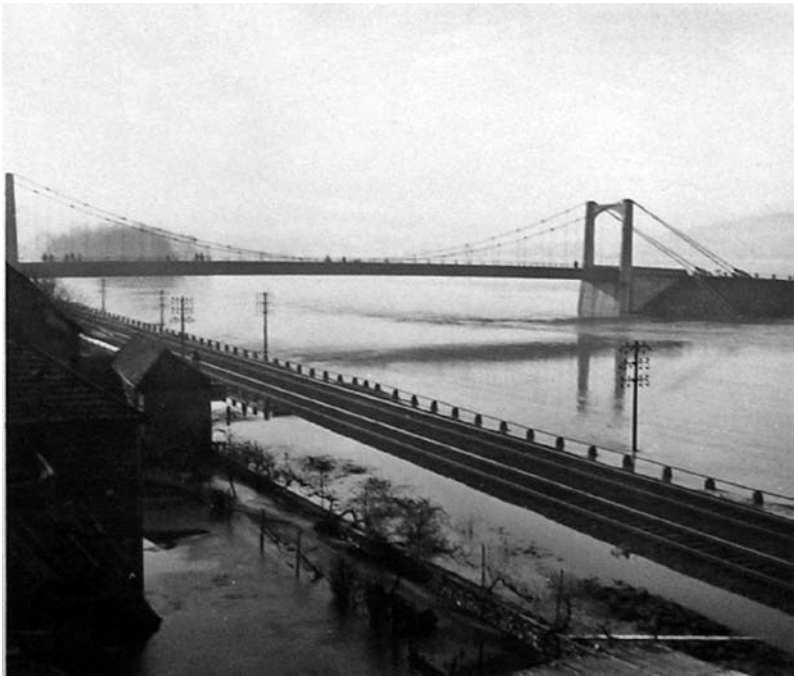
La submersion se maintient près de huit jours au-dessus des cotes des grands débordements. L'événement se caractérise par plusieurs maximums dus à la fois aux décalages des apports de la Saulx et aux diverses ondes de la Marne elle-même, dont trois successives à Chaumont à deux jours d'intervalle. Certaines concomitances des maxima vont accroître la gravité du phénomène le long de la vallée.

En Haute-Marne, la crue a présenté un caractère de gravité exceptionnelle entre le 12 et le 18 janvier, plus atténuée jusqu'aux 21. Les trois réservoirs d'alimentation du canal de la Marne à la Saône ont écrêté une partie des apports : 6 millions de mètres cubes du 1er au 15 janvier sur un volume total écoulé estimé à 14 millions de mètres cubes. Les réservoirs de Charmes et de la Mouche sont entièrement remplis à partir du 15 janvier. Les surélévations des lignes d'eau dues aux seuls endiguements sont faibles mais cumulatives : jusqu'à + 5 cm pour janvier 1955.

Le niveau de submersion est normal, mais l'ampleur du phénomène est plus grande que d'habitude. Le réseau routier local et régional est fortement impacté, y compris les routes nationales. Certaines voies latérales de la vallée sont également submergées. Les villages de Moncetz-l'Abbaye et de Saint-Rémy-en-Bouzemont sont sous les eaux.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Cumul pluviométrique important (Langres : 74 mm ; Chaumont : 69 mm) • Période de retour de la crue 60-80 ans	• Vallées de la Marne, de la Saulx, de l'Ornain	• Rupture de ponts, nombreuses habitations inondées • 1,20 MF de dégâts aux chaussées et au pont provisoire de Saron

a)



b)

Figure 6-42. Crue de la Marne en janvier 1955 : (a) pont de Dormans et abords ; (b) vue aérienne au droit de la commune de Magenta. Source : service navigation de la Seine

Crues de la Marne et de ses affluents d'avril et mai 1983

a)

b)

Figure 6-43. Inondations d'avril 1983 : (a) la Marne à Magenta ; (b) la Saulx à Vitry-le-François et Vitry-en-Perthois. Sources : (a) BRGM ; (b) service navigation de la Seine

Le premier trimestre 1983 présente une pluviométrie proche de la moyenne climatologique sur le bassin de la Marne. Il est suivi d'une période très pluvieuse en avril et mai, avec en moyenne 25 jours de pluie par mois et un cumul trois fois supérieur à la moyenne calculée sur 20 ans. Le bassin amont enregistre les plus fortes valeurs : 170 à 240 mm en avril et 100 à 170 mm en mai, soit 1,5 à 3 fois la moyenne des mois d'avril et mai. À Cirfontaines-en-Ornois, on relève ainsi 225 mm en avril (près de quatre fois la moyenne) et 222 mm en mai (près de trois fois la moyenne). À Langres, le total d'avril et mai atteint 386 mm, contre une moyenne de 128 mm et dépasse largement l'ancien maximum enregistré à 233 mm. La hauteur des nappes et la saturation des sols vont contribuer à aggraver les conditions d'écoulement. Fort heureusement la fusion des neiges tombées en Haute-Marne ne va intervenir qu'après la décrue.

Les crues consécutives se décomposent en trois phases. La première a lieu du 8 au 12 avril et fait directement suite aux fortes précipitations (fig. 6-43). C'est la plus importante. Les débits atteignent 120 m^3/s sur l'Ornain à Bar-le-Duc, 215 m^3/s sur la Saulx à Vitry-en-Perthois. Sur le secteur de Joinville et Saint-Dizier les conditions météorologiques (lame d'eau de 20 à 35 mm durant 36 heures) accentuent encore la montée des eaux. La Marne atteint 510 m^3/s (T = 50 ans) à Saint-Dizier, contre 458 m^3/s en janvier 1955. L'action du barrage écrêteur de la Marne (lac du Der) a été relativement limitée lors de cet épisode (écrêtement de 275 m^3/s le 11 avril) du fait de son haut niveau de remplissage initial. La deuxième phase a lieu du 3 au 13 mai selon les secteurs. Elle est beaucoup moins prononcée que la première. La troisième, du 26 au 30 mai, varie en importance selon les parties du bassin, avec en certains endroits des niveaux équivalents aux maxima du mois d'avril.

Les dégâts aux cultures ont été particulièrement importants. Notons que la crue de la Marne du printemps 1983 fait suite à une autre, également remarquable, survenue en décembre 1982. Les deux événements font partie des dix plus forts observés à la station hydrométrique de Châlons-sur-Marne depuis 1957.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Précipitations exceptionnelles, trois pics de crues	• Ensemble des cours d'eau du bassin de la Marne	• Inondation d'habitations, dégâts importants sur les cultures

Crue de la Marne et de ses affluents du 21 au 22 décembre 1993

Le mois de décembre 1993 est marqué sur le bassin de la Marne par une succession de perturbations atlantiques très actives. Les sols, rapidement saturés, laissent ruisseler les pluies. Les cumuls (80 à 120 mm) atteignent en certains endroits 2,5 à 3,5 fois la moyenne climatologique mensuelle pour des périodes de retour supérieures à 50 ans (T = 60 ans à Bar-le-Duc). L'épisode du 19 au 22 décembre est particulièrement intense. Sur le département de la Meuse, les cumuls sur deux jours dépassent la moyenne mensuelle avec ponctuellement des maximums sur 24 heures pouvant atteindre la valeur centennale (85,6 mm à Villers-le-Sec le 20 décembre).

La réaction des cours d'eau est exceptionnelle. L'Ornain atteint 151 m³/s à Bar-le-Duc (T = 50 ans), la Saulx 278 m³/s à Vitry-en-Perthois. Les têtes de bassin ont été particulièrement sensibles à la longueur de l'épisode qui, commencé aux environs du 1er décembre, culmine le 24. À Sermaize-les-Bains, Alliancelles et Pargny-sur-Saulx l'événement est comparable à celui de 1983, supérieur à celui de 1910, mais en deçà de ceux de 1924, 1947 et 1955.

La crue de décembre 1993 est la plus importante en termes de surfaces inondées.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Fort cumul des précipitations du 1er au 26 décembre, avec un épisode intense du 19 au 22 décembre • Période de retour de 60 ans sur l'Ornain (Bar-le-Duc)	• Vallées de la Chée, de la Saulx, de l'Ornain	• Caves et habitations inondées • Inondation à Marcy-sous-Marle

Orage du 6 au 9 juillet 2000 sur le bassin versant de l'Ordrimouille

Le bassin versant de l'Ourcq (Ordrimouille et Clignon inclus) est touché du 6 au 9 juillet 2000 (fig. 6-44) par des cellules orageuses particulièrement actives. Le cumul des pluies sur trois jours est particulièrement important (tab. 6-5) avec des périodes de retour comprises entre 20 et 100 ans sur l'ensemble du secteur. On relève jusqu'à 240 mm de précipitations à Épaux-Bézu.

Tableau 6-5. Cumul des pluies en mm du 6 au 9 juillet 2000 sur le bassin de l'Ourcq

Postes	6 au 9 juillet	9 juillet
Dammard	87,2	21,4
Charly	92,5	11,6
Crézancy	71,8	18,9
Brasles	94	16,2

Le Clignon impacte plusieurs villages riverains. À Épaux-Bézu et Buire l'eau atteint deux mètres dans les maisons. Les berges et murs sont détruits par la violence des écoulements et les nombreux embâcles formés par les arbres abattus lors de la tempête de décembre 1999. Le débit reconstitué à Buire (28 m³/s, soit 1,5 fois la valeur centennale) dépasse largement les maxima connus de 1927 et 1978.

Les dégâts sont très importants sur les communes d'Épaux-Bézu (bourg et hameau de Buire), de Beuvardes, Brécy et Coincy. Les dommages affectent principalement les habitations particulières, les locaux professionnels (bâtiments publics, industries et le cimetière) et les infrastructures routières. Le coût total est estimé à 2,5 millions d'euros, dont 1,7 millions d'euros aux particuliers, 15 000 euros aux

infrastructures, 110 000 euros aux artisans. On déplore le décès d'une personne suite à une crise cardiaque.

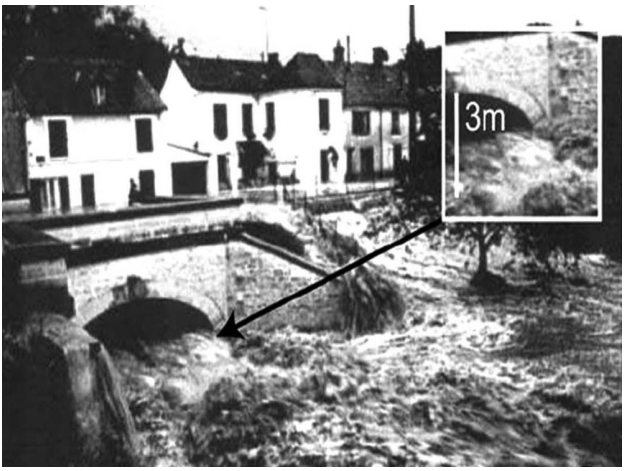


Figure 6-44. Pont de Jaulgonne sur l'Ordrimouille lors de la crue du 9 juillet 2000.
Source : Douvinet et Delaye *in* revue *Géomorphologie*, 2010

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Épisodes pluvieux orageux, jusqu'à 240 mm en 3 jours	• Bassin de l'Ourcq, de l'Ordrimouille et du Clignon	• 2,52 M€ de dommages, une victime indirecte

Débordements et remontées de nappe sur le bassin de la Marne en mars-avril 2001

L'automne et l'hiver 2000-2001 sont marqués par le passage de nombreuses perturbations. En Haute-Marne, les cumuls pluviométriques atteignent 1,45 fois la moyenne climatologique sur la période (environ 236 mm) et jusqu'à 2,4 fois entre le 27 février et le 5 mai 2001. Le mois d'avril est l'un des quatre plus arrosés des 53 dernières années. Les cumuls atteignent 204,6 mm à Chevillon en 25 jours.

En mars, la Marne connaît une crue comparable à celle de décembre 1999 (T = 50 ans) avec un niveau de nappe très élevé. La plupart des affluents sortent également de leur lit (T > 10 ans), y compris sur les rivières de la craie dont les débits, moins sensibles aux précipitations, sont tamponnés par la nappe.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Succession de perturbations • Crue de référence	• Bassin versant de la Marne	• Nombreuses habitations et caves inondées

Crues de décembre 2001 et janvier 2002 sur le bassin de la Marne

En cette fin d'année 2001, les nappes phréatiques sont hautes sur le bassin de la Marne et les sols gelés recouverts de neige. Survient, fin décembre 2001, une vague de précipitations de quelques jours. Le ruissellement est immédiat et génère une brusque montée (en moins d'une journée) de la Marne et de ses affluents. L'ensemble de l'épisode pluvieux ne dure que quelques jours du 28 au 30 décembre avec des périodes de retour T comprises entre 10 et 20 ans. La Marne à Chaumont atteint 2,36 m, huit centimètres seulement en dessous du niveau observé en 1910. L'événement est moins marqué sur la Saulx et l'Ornain ($5 < T < 10$ ans). Les précipitations reprennent en janvier 2002 et génèrent une série d'ondes de crues de plus en plus fortes sans dépasser toutefois l'événement décennal. La Marne atteint début février la cote 5 m à Gournay pour 500 m^3/s.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime océanique • Crue majeure à l'échelle du SPC SAMA	• Bassin versant de la Marne	• Habitations et caves inondées

Orages du 14 juin 2009 à Chézy-sur-Marne

Dans l'après-midi du 14 juin 2009 des cellules orageuses très actives en provenance de Seine-et-Marne touchent le sud-ouest puis l'est du département de l'Aisne. Les orages, particulièrement intenses sur une ligne Charly-sur-Marne - Condé-en-Brie, génèrent des cumuls de pluie remarquables. On relève, de Charly-sur-Marne à Courboin, des cumuls allant jusqu'à 160 mm en trois heures.

En quelques minutes les ruissellements et coulées de boue dévalent les pentes et font déborder le moindre cours d'eau. La Marne elle-même déborde au sud de Château-Thierry. On relève entre 1,50 et 1,80 m d'eau dans les rues de Chézy-sur-Marne (fig. 6-45), avec des courants très forts. Le scénario se répète à Azy-sur-Marne, Saulchery et Essises.

La mobilisation est importante : hélicoptères de la sécurité civile, une centaine de pompiers et gendarmes, élus, personnels communaux, etc. Plus de 300 interventions sont déclenchées par les services de secours en l'espace de quatre heures. Les résidents d'une maison de retraite sont évacués. Une trentaine d'automobilistes se sont retrouvés isolés sur le CD 90.

Les dégâts affectent principalement les habitations (300 à Chézy) et les bâtiments ainsi que les véhicules, matériels et outillage communaux. Des dizaines de voitures de particuliers sont emportées. Les infrastructures et réseaux sont fortement impactés. Plusieurs kilomètres de voirie sont à réparer, sans parler des éboulements de talus et des chutes de pierres. Les réseaux pluvial et d'assainissement sont également inutilisables. Plusieurs ponts sont emportés, notamment à Chézy. Cette commune avait déjà été victime d'une coulée de boue trois semaines auparavant. Les ruissellements ont également fortement endommagé le vignoble.

Figure 6-45. Inondation du 14 juin 2009 à Chézy-sur-Marne, dans la rue centrale. Source : INA

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Orage générant jusqu'à 160 mm d'eau en trois heures	• Communes d'Azy-sur-Marne, Baulne-en-Brie, Bonneil, Charly-sur-Marne, Chézy-sur-Marne, Courboin, Crouttes-sur-Marne, Essises, Montlevon, Romeny-sur-Marne, Saint-Eugène et Saulchery	• Inondations d'habitations, 60 personnes relogées, importants dégâts à la voirie, ponts emportés, maison de retraite évacuée • 200 à 300 personnes sinistrées dans l'arrondissement de Château-Thierry

Références

Sources

Agence de l'eau Seine-Normandie, 1968. Les crues dans l'Yonne, mission technique de l'eau Seine-Normandie, étude n° 114.

Agence de l'eau Seine-Normandie, 1996. Étude de la cartographie des plus hautes eaux connues du bassin Seine-Normandie, fascicule VII ; l'Oise.

Archives nationales, sous-série F14, dossiers inondations, bassin Seine.

Bonnard J.-Y., 2007. La crue de la Verse du 8 au 10 juin 2007, 29 p.

Bonnard J.-Y., 2009. Une catastrophe naturelle dans le bassin versant de l'Oise : l'inondation de 1784, CDDP Oise.

BRGM, 2011. Contribution au recensement des submersions marines historiques liées aux tempêtes sur le littoral français métropolitain.

Centre d'annonce des crues de Paris, 2001. Rapport de crues, saison 2000-2001.

Constantin M., 1926. Les inondations du 31 décembre 1925 dans le Calvados, février.

Comité des amis du musée du Rethélois et du Porcien, 1995. La crue du siècle à Rethel.

Costa S., Cantat O., Pirazzoli P.-A., Lemaître M., Gamas L., Delahaye D., 2003. Le risque de submersion de tempête en Manche orientale : analyse météo-marine sur la période historique

récente, Actes du colloque de l'Association internationale de climatologie "Climat, mémoire du temps. Les relations climat-espace-société", 277-280.

DDEA Seine-Maritime, 2009. RIC Seine aval et côtiers normands.

DDE Aisne, 2009. Rapport technique CatNat du 25 juin 2009.

DDE Calvados, 1996. Historique des inondations des crues de l'Orne.

DDE Calvados, 1997. Les inondations à Caen en 1926, janvier.

DDE Meuse, 1994. Compte-rendu de la crue de décembre 1993.

DDE Oise, 2001. Protection contre les crues de l'Aisne, phase 1 : diagnostic de la situation actuelle et recensement des possibilités d'aménagement.

DDE Oise, 2008. Recueil de données sur les inondations des 7 et 8 juin 2007 sur le secteur Guiscard-Noyon.

DDE Seine-Maritime, 1990. Identification et cartographie des phénomènes d'inondation en vallées et sites côtiers de Seine-Maritime, rapport.

DDE Seine-Maritime, 1992. Étude des zones inondables en basse vallée de la Seine (Seine-Maritime), rapport, décembre.

DDT Oise, 1996. Rapport de présentation du PPR rivière Oise – bief Compiègne – Pont-Sainte-Maxence.

Diren Basse-Normandie, 2001. Les remontées de nappe d'eau souterraine en Basse-Normandie, mai.

Diren d'Île-de-France, 2005. Schéma directeur de prévision des crues du bassin Seine-Normandie. Document approuvé par arrêté n° 2005-2558 du 22 décembre 2005, 62 p.

Diren Île-de-France, 2006. RIC Seine moyenne-Yonne-Loing.

Diren Haute-Normandie, 2005. Les crues marquantes en Haute-Normandie de 1999 à 2005, rapport.

Dreal Champagne-Ardenne, 2010. RIC Seine amont-Marne amont.

Dreal Île-de-France, 2010. La crue de 1910, dossier du centenaire.

Drire Bourgogne, 1998. AZI vallée de l'Armançon de Tronchoy à Aisy-sur-Armançon, septembre.

Entente interdépartementale pour la protection contre les inondations de l'Oise, de l'Aisne, de l'Aire & de leurs affluents, 1994. Rapport sur la crue de décembre 1993.

Entente Marne, 2009. Plan d'actions de prévention des inondations Marne (PAPI).

EPTB Oise-Aisne, 2010. Lettre d'information de l'EPTB Oise Aisne, 12.

EPTB Oise-Aisne, 2011. Lettre d'information de l'EPTB Oise Aisne, dossier spécial crue, 13.

Etegue, 2001. Étude préalable à la gestion des risques d'inondation et d'érosion hydrique des bassins Granvillais.

Garnier E., 2004. Histoire des inondations dans le bassin amont de l'Orne XVI^e^-début XX^e^ siècle, note de présentation de l'étude, SMLCI de la vallée de l'Orne et de son BV.

Garnier E., 2004. Histoire des inondations dans le bassin amont de l'Orne 1294-1800, rapport n° 1, SMLCI de la vallée de l'Orne et de son BV.

Garnier E., 2005. Histoire des inondations dans le bassin amont de l'Orne 1294-1800, rapport n° 2, SMLCI de la vallée de l'Orne et de son BV.

Garnier E., 2006. Histoire des inondations dans le bassin aval de l'Orne 1800-1926, rapport n° 4, SMLCI de la vallée de l'Orne et de son BV.

GIP Seine aval, 2009. Apports en eaux douces à l'estuaire de la Seine thématique du système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine, 6 p.

GIP Seine aval, 2010. Le Risque inondation : conditions de déclenchement et perspectives, 45 p.

Goubet A., 1967. Les crues dans le bassin de la Marne (Cahier jaune).

Goubet A., 1970. Les crues dans le bassin de la Seine.

Goupil, 1910. Note sur les grandes crues de la Seine au XVII[e] siècle.

GSC, 2006. Étude préalable à l'élaboration du PPRI de la basse vallée de la Touques, de la Calonne, de l'Yvie, 2002.

Hydratec, 1998. Évaluation des dommages liés aux crues en région Île-de-France.

Hydratec, 2006. Étude sur l'amélioration de la prévention des risques d'inondation sur le bassin versant de l'Armançon : identification de l'aléa, des enjeux socio-économiques et des mesures de réduction de la vulnérabilité ; identification de l'aléa inondation sur les bassins versants de l'Armançon et de la Brenne en Côte-d'Or, rapport principal, novembre.

Hydratec, 2007. Étude de la dynamique fluviale et des potentialités de régulation hydrologique de l'Armançon, rapport de phase 1, mars.

Hydratec, 2009. Étude du PPRI de Gandelu à Vézilly, DDT de l'Aisne.

ISL Ingénieur, 2007. Étude hydraulique générale sur le territoire de la ville de Lisieux et étude des aléas du PPRI de la Touques moyenne et de l'Orbiquet.

Journel B., 2007. Analyse de l'événement des 7 et 8 juin 2007 sur le secteur de Noyon-Guiscard, l'Entente Oise-Aisne

Martin X., Guinaudeau M., Nau F., 2006. Les inondations et les submersions de la Bièvre, ministère des Transports, Paris, 81 p.

Météo-France, 1998. Les orages du 16 juin 1997 en Seine-Maritime, juin.

MISE, 1997. Rapport d'expertise sur la crue du 16 juin 1997 à Saint-Martin-de-Boscherville et à Villers-Écalles, Synthèse et préconisation, septembre.

Moulin de Lucy, 2009. Étude relative aux inondations par débordement et par ruissellement des communes affectées lors des événements des 7 et 8 juin 2007, DDEA Oise.

Sapeurs-Pompiers du SIVOM de Compiègne, 1994. Inondation, l'Oise sévèrement touchée, rapport.

14[e] section-navigation intérieure, 1955. Rapport sur les crues de janvier 1955.

Service central hydrométrique et d'annonce des crues, 1955. Rapport ministériel sur la crue de janvier 1955, mars.

Service Navigation de la Seine, 2006. RIC du SPC Oise-Aisne.

SRAE Champagne-Ardenne, 1983. Étude de la pluviométrie, novembre.

Presse

Journal L'Union, juin 2009.

Le Monde illustré, 17 juillet 1875.

Le Parisien, 7 juillet 2011.

L'Estretatais, mars 1990.

Ouest France, 23 mars 2001.

Publications

Ambroise-Rendu M., 1996. *Paris inondé,* Hervas, Paris, 110 p.

Babinet H., 1955. Mémoires et Travaux de la SHF, la crue de la Seine de janvier 1955. *La Houille Blanche*, 293-300.

Ballais H., Ballais J.-L., 1994. Éléments pour une histoire des inondations dans le Calvados aux XVIIIe et XIXe siècles d'après les archives départementales, *Travaux du Centre de recherche en géographie physique de l'environnement (Cregepe),* Caen, 5.

Belgrand E., 1872. *Note sur les crues de la Seine et de ses affluents,* Gauthier-Villars, Paris, 12 p.

Bonnard J.-Y., 2010. La crue de l'Oise sur ses cours moyen et inférieur en 1910. *Annales historiques Compiégnoises,* 117 et 118, 20-34.

Caspar R., 1990. Marées de tempête dans le NW de la France. *Neptunia,* Amis des musées de la Marine, Paris, 178, 8-15.

Caspar R., Costa S., Jakob E., 2007. Fronts froids et submersions de tempête dans le nord-ouest de la France : le cas des inondations par la mer entre l'estuaire de la Seine et la baie de Somme, *La Météorologie*, 57, 37-47.

Champion M., 1858-1864. *Les inondations en France du VIe siècle à nos jours…,* vol. 2, V. Dalmont & Dunod, Paris, (réédition Cemagref, 2000).

Delahaye D., 1999. Originalité des risques hydrologiques : la catastrophe de Saint-Martin-de-Boscherville en juin 1997. É*tudes Normandes,* 1(2), 157-170.

Delahaye D., 2002. Apport de l'analyse spatiale en géomorphologie - modélisation et approche multiscalaire des risques, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, 2 t., université de Rouen, laboratoire MTG, 250 p.

Douvinet J., 2008. Les bassins versants sensibles aux « crues rapides » dans le Bassin parisien - Analyse de la structure et de la dynamique de systèmes spatiaux complexes*,* thèse de doctorat, université de Caen.

Douvinet J. et Delahaye D., 2010. Caractéristiques des « crues rapides » du nord de la France (Bassin parisien) et risques associés. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 1, 73-90.

Goubet A., 1997. Les crues historiques de la Seine à Paris. *La Houille Blanche*, 8, 23-27.

Hadrbolec N., 2010. Crue de 1910 à Auxerre : L'Yonne se déchaîne hors de son lit. *En Bourgogne*, 80-81.

Hay-Leprêtre C., 2005. Dynamiques spatiale et temporelle de l'aléa inondation : de l'analyse des phénomènes à l'évaluation des pratiques d'aménagement, l'exemple de la Seine-Maritime, thèse de géographie, université de Rouen.

Lechalas M.-C., 1884. *Hydraulique fluviale,* Baudry & Cie, Paris.

Nouaillhac-Pioch F., Maillet E., 1910. Monographie de la crue de janvier-février-mars 1910, ministère de l'Intérieur, commission des inondations, rapports et documents divers, Paris, IN, 1-66.

Picard A., 1910. Rapport de la commission charg ée d'analyser les inondations sur le bassin de la Seine de janvier 1910. Rapport au président du Conseil et au ministère l'Intérieur, Paris, IN.

Terres ardennaises, 1983. *Temps et climat*, 4, octobre.

Thomas J.-L., 2011. É*tretat : des origines à nos jours,* à compte d'auteur, 416 p.

Ville de Sens, 2010. *Qui l'eût « crue » ? : La crue de 1910 à Sens,* Ville de Sens, Sens, 103 p.

Internet

http://annales-historiques-compiegnoises.fr
http://gallica.bnf.fr
http://www.boutmenteux.net
http://www.crue1910.com
http://www.eurorare.blog.mongenie.com
http://www.ina.fr
http://www.keraunos.org
http://www.lepoint.fr
http://pluiesextremes.meteo.fr
http://www.risquesmajeurs.fr
http://seine-normandie.brgm.fr/bulletins/bulletins.html
http://www.siarce.fr
http://www.tsunamis.fr
http://www.ville-brunoy.fr

7
Départements d'outre-mer

Le pont Saint-Étienne détruit lors du cyclone Gamède en février 2007.
Source : Deal de La Réunion

Laurent Bruckmann

Spécificités des DOM en matière d'inondation

Contexte physique et typologie des inondations

Les territoires des départements d'outre-mer ont des caractéristiques hydrographiques très différentes des bassins versants de la métropole. À l'exception de la Guyane, qui est un territoire continental, les îles des Antilles, de La Réunion et de Mayotte ont des bassins versants de petite taille, de quelques dizaines de kilomètres carrés seulement. Le cas le plus extrême est celui de Mayotte (374 km^2). Les quatre plus grands cours d'eau de l'île drainent des territoires minuscules d'à peine quelques kilomètres carrés (entre 3,3 et 18,6 km^2). Les plus grands bassins des DOM sont ceux de la Lézarde en Martinique (116 km^2), de la Grande Rivière à Goyave en Guadeloupe (158 km^2) et de la Rivière du Mat à La Réunion (149 km^2). Ces tailles réduites expliquent l'extrême brièveté des temps de réaction et de concentration des phénomènes hydrologiques, compris entre quelques minutes à quelques heures.

Les DOM connaissent également des spécificités hydrométéorologiques liées à leurs situations dans la zone intertropicale. Les Antilles, La Réunion et Mayotte sont soumises, à des degrés divers, au phénomène cyclonique qui est à l'origine des principales inondations. En matière de pluviométrie, La Réunion a connu des épisodes exceptionnels ; elle est détentrice des records mondiaux entre 12 heures et 15 jours. Située dans la zone de convergence intertropicale (ZCIT) la Guyane connaît de son côté deux saisons humides avec une pluviométrie importante.

Dans les DOM, excepté peut être en Guyane, les inondations fluviales prennent souvent, du fait du relief, un caractère torrentiel avec un transport solide important. On relève également régulièrement la présence d'embâcles associés à des phénomènes de débâcle. Les ruissellements sont eux aussi fréquents en secteur urbain, dans les plaines littorales ou dans les ravines sèches. Si les temps de réaction courts des bassins versants sont un problème pour la prévision des crues, ils ont l'avantage d'évacuer assez rapidement les inondations. En secteur urbain, on rencontre à l'inverse régulièrement des phénomènes de stagnation dus à la saturation des réseaux d'évacuation ou, le plus souvent, à leur obstruction. Le défaut d'entretien des infrastructures est aussi à l'origine des inondations.

Le caractère insulaire et maritime des DOM les expose par ailleurs aux phénomènes de submersion marine, du fait des cyclones ou de houles extrêmes.

Cyclones et inondations

Les cyclones sont des phénomènes tourbillonnaires rencontrés dans les régions intertropicales. Ils sont caractérisés par une grande masse nuageuse de 500 à 1 000 km de rayon, s'enroulant en spirale autour d'un œil large de 10 à 50 km, dans lequel le vent et la pression sont minimaux.

Ils naissent en fin d'été de la différence de température entre l'air et l'océan surchauffé. Pour cela, la température de surface de l'eau doit être supérieure à 26 °C dans ses 60 premiers mètres. La vapeur libérée par l'océan se condense alors au contact de l'air et fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement du système cyclonique. L'air ainsi réchauffé génère une zone de dépression au niveau de la surface de l'océan que l'air

environnant cherche immédiatement à combler. La force de Coriolis transforme ce mouvement centripète en tourbillon. Les vents et la force de Coriolis sont à l'origine du déplacement du cyclone (20 à 30 km/h en moyenne). Il suit le plus souvent une trajectoire parabolique. Le fonctionnement du système nécessite la présence d'eaux suffisamment chaudes, d'où le fait qu'on ne rencontre de cyclones ni en Atlantique sud, ni dans le Pacifique sud-est. De même ils s'affaiblissent rapidement en pénétrant à l'intérieur des terres.

La saison cyclonique s'étend habituellement de juin à octobre aux Antilles et de novembre à avril dans l'hémisphère sud (Mayotte, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, La Réunion, Wallis et Futuna). On désigne le phénomène sous le vocable d'ouragan dans les Caraïbes, de cyclone tropical à La Réunion ou encore de typhon dans le nord-ouest du Pacifique.

La zone située autour de l'œil d'un cyclone est constituée de cumulonimbus qui atteignent aisément 12 à 15 km d'altitude. Ce mur de nuages est à l'origine des effets les plus dévastateurs. Les vents peuvent atteindre 300 km/h et le cumul des précipitations est extrême (jusqu'à deux mètres en 24 heures à La Réunion). Ces pluies intenses génèrent inondations, coulées de boue ou glissements de terrain. Les cyclones sont à l'origine également de phénomènes marins très dangereux, comme les houles cycloniques ou les marées de tempête.

L'intensité d'un cyclone est déterminée par la force du vent. Lorsque celle-ci dépasse les 63 km/h, le centre météorologique responsable de la zone lui attribue un prénom qui sera ensuite utilisé pour le désigner. Les phénomènes cycloniques sont rangés en trois catégories :
– les dépressions tropicales (vent inférieur à 63 km/h) ;
– les tempêtes tropicales (vent compris entre 63 et 117 km/h) ;
– les cyclones (vent supérieur à 117 km/h).

L'échelle de Saffir-Simpson (tab. 7-1) est la plus communément utilisée pour catégoriser les cyclones. Elle comporte cinq classes, en fonction de la force des vents maximum (pendant 1 minute) et de l'ampleur des dégâts potentiels.

Tableau 7-1. Échelle de Saffir-Simpson pour le classement des cyclones

Classe	Vents maximums compris entre
1	118 et 153 km/h
2	154 et 177 km/h
3	178 et 209 km/h
4	210 et 249 km/h
5	Dépassant 249 km/h (catégorie des super-cyclones)

L'intensité du vent ne rend pas compte en revanche des inondations générées ou pas par le phénomène cyclonique. Plusieurs paramètres complémentaires doivent alors être associés à la description :
– l'intensité des précipitations sur différents pas de temps, allant de quelques heures (cyclone Firinga), à quelques jours, voire plusieurs semaines (2 à 3 semaines

Tableau 7-2. Inondations remarquables retenues pour les DOM

Inondation	Nom	Guadeloupe	Guyane	Martinique	Mayotte	La Réunion
12 sept. 1928	Cyclone 1928	•				
Janvier 1948	Cyclone de janvier 1948					•
Août 1970	Cyclone Dorothy			•		
Janvier 1980	Cyclone Hyacinthe					•
Février 1985	Tempête tropicale Feliksa				•	
28-29 janvier 1989	Cyclone Firinga					•
4 et 5 septembre 1995	Ouragan Luis	•				
14 et 15 septembre 1995	Ouragan Marylin	•				
Août 1996	Ouragan Edouard		•			
Novembre 1999	Ouragan Lenny	•		•		
Avril 2000	Précipitations		•			
Mai 2000	Précipitations		•			
Mai 2006	Crue du Maroni		•			
24-28 février 2007	Cyclone Gamède					•
Mai 2007	Houle australe de mai 2007					•
Août 2007	Cyclone Dean			•		
Janvier 2008	Dépression tropicale Fame				•	
Juin 2008	Crue du Maroni		•			
14-16 décembre 2008	Précipitations				•	
Mai 2009	Précipitations			•		
19 et 20 juin 2010	Laves torrentielles			•		
4 janvier 2011	Précipitations	•				

pour Hyacinthe). Notons que si les cyclones engendrent de fortes précipitations, d'autres phénomènes météorologiques non cycloniques peuvent également être critiques lorsque l'intensité des pluies sur une courte durée est voisine du temps de concentration des bassins versants ;

– la trajectoire et la durée de l'événement, l'impact des inondations pouvant être largement augmenté par la saturation progressive des sols avec son corollaire l'augmentation des débits ;

– les conditions marines, puisque l'existence de cordons dunaires associée ou non à des phénomènes de surcote et de houle peut freiner l'évacuation des eaux continentales et entraîner l'inondation des zones basses littorales. Dans le cas de cyclones présentant des pressions très basses, le niveau de la mer peut également remonter fortement (environ 1 cm par hPa), et contribuer seul à la submersion des zones basses littorales ;

– la succession de plusieurs événements de moindre importance au cours de la même saison cyclonique, qui peut au final occasionner des inondations catastrophiques.

Enjeux exposés aux inondations

Les territoires des départements d'outre-mer sont marqués depuis plusieurs années par un fort mouvement d'urbanisation auquel contribue une croissance démographique soutenue. Si, avec respectivement 0,44 % et 0,47 % sur la période 1999-2008, le taux de variation annuel moyen de la population en Guadeloupe et en Martinique reste inférieur à celui enregistré en métropole (0,67 %), ailleurs il est deux à trois fois supérieur : 1,51 % à La Réunion, 3,6 % à Mayotte (1997-2007), 3,8 % en Guyane.

L'urbanisation récente s'est en général constituée sur les terrains plats disponibles, très souvent situés dans les lits majeurs des cours d'eau ou sur la mangrove (cf. plaine du Lamentin en Martinique ou zone industrielle de Kaweni à Mayotte). C'est un des principaux facteurs d'accroissement de la vulnérabilité aux inondations.

Inondations remarquables retenues pour les DOM

Nous avons retenu au total 22 événements d'inondation sur les DOM (tab. 7-2). Ils sont relatifs le plus souvent à des phénomènes cycloniques, avec à la fois de fortes intensités de vent et des cumuls pluviométriques importants. D'autres événements d'inondation sont relatifs à des épisodes de pluie intense ou de submersion marine, sans présence de cyclone.

Les inondations dans le district de la Guadeloupe

Géographie

La Guadeloupe **(fig. 7-1)** est un département français d'outre-mer situé dans l'arc des Petites Antilles. Sa superficie est de 1 628 km^2 pour une population d'environ 400 000 habitants.

L'histoire tectonique et volcanique de la Guadeloupe explique le contraste saisissant du relief et des paysages entre, d'un côté, les îles volcaniques de Basse-Terre et des Saintes et, de l'autre côté, les îles calcaires à soubassement volcanique que sont Grande-Terre et les autres dépendances. Basse-Terre offre ainsi un relief relativement marqué depuis les pentes du volcan de la Soufrière (1 467 m d'altitude), seul volcan actif de l'île. Les lignes s'abaissent ensuite vers le nord de l'île. Les Saintes présentent également un relief accidenté, où alternent des mornes aux pentes raides et des fonds ou vallées sèches. L'altitude n'excède pas cependant 300 m.

À l'inverse, Grande-Terre correspond à un vaste plateau au faible relief. Le morne l'Escale dans la région des Grands Fonds en constitue le point culminant à 135 m d'altitude. Les autres dépendances calcaires présentent de la même manière un relief peu élevé. À Marie-Galante, le plateau calcaire possède la singularité d'être composé de deux plateaux étagés aux superficies inégales. La Désirade forme une barre allongée composée d'un plateau incliné vers le nord-ouest de 11 km de long sur 2 km de large, où la Grande Montagne culmine à 275 m d'altitude.

Climat et précipitations

La Guadeloupe bénéficie d'un climat de type tropical, tempéré par l'influence maritime et par les alizés. Ces vents chauds chargés d'humidité soufflent de secteur est – nord-est de manière régulière une grande partie de l'année. Les variations des précipitations, en fréquence et en intensité, permettent néanmoins de distinguer deux saisons, avec des transitions plus ou moins marquées :

– une saison humide de juin à novembre, où les pluies sont fréquentes et intenses. Bien que généralement sous forme de brèves averses, les pluies peuvent parfois durer plusieurs jours consécutifs. Lors de cette saison, l'évolution dépressionnaire donne régulièrement naissance à des cyclones au cours desquels les pluies à caractère torrentiel (200 à 500 mm en 24 heures) peuvent conduire à des inondations importantes et à des glissements de terrain ;

– une saison sèche s'étendant de décembre à mai, caractérisée par une diminution sensible des précipitations. La période de beau temps est particulièrement marquée de février à avril, où des phénomènes de sécheresse sont fréquents. Cette période est appelée « le carême ».

À la disparité temporelle des précipitations s'ajoute une disparité géographique, imposée par le relief des îles. Les zones les plus arrosées correspondent aux reliefs les plus importants sur lesquels les masses d'air océaniques venant de l'est et chargées d'humidité viennent buter. Ainsi, le relief de Basse-Terre, perpendiculaire aux alizés, produit un effet orographique qui vient réguler les pluies. Le refroidissement des masses d'air franchissant la dorsale montagneuse entraîne leur condensation et des précipitations plus importantes sur la côte est, dite côte au vent. Après franchissement des reliefs, les masses d'air sont moins chargées en eau. Les précipitations sont donc moins abondantes sur la côte sous le vent. Le gradient pluviométrique est très important au niveau de Basse-Terre, avec une hauteur annuelle de précipitations variant de 1 500 mm au niveau de la mer à 11 000 mm au niveau du sommet du volcan de la Soufrière **(fig. 7-2)**.

Grande-Terre et les autres îles de l'archipel ne possèdent pas de relief suffisamment élevé pour influencer le régime des pluies. Elles sont soumises à des précipitations moins importantes. Au niveau de Grande-Terre, on observe néanmoins un gradient pluviométrique d'est en ouest, dans le sens des alizés, avec des hauteurs de précipitations qui évoluent progressivement de 1 300 mm à Saint-François à près de 1 800 mm sur la région pointoise.

Réseau hydrographique

La forte irrégularité spatiale des précipitations et la disparité des reliefs sont à l'origine du réseau hydrographique très diversifié de l'archipel de la Guadeloupe. L'île volcanique de la Basse-Terre est drainée par plus de 50 cours d'eau majeurs à écoulement permanent, alors que le réseau hydrographique des autres îles de l'archipel est essentiellement composé de ravines qui ne coulent que lors de précipitations importantes, quand les sols sont saturés en eau.

Le réseau hydrographique de la Basse-Terre est dense et caractérisé par des cours d'eau de faible linéaire et des bassins versants de petite taille (10 à 30 km^2). Seule exception, le bassin versant de la Grande Rivière à Goyaves (158 km^2). La quasi-totalité des cours d'eau sont issus du massif montagneux volcanique, dont ils s'écoulent de part et d'autre (côte au vent à l'est, et côte sous le vent à l'ouest) sur un relief marqué. Ils présentent de très fortes pentes dans leurs parties moyennes et amont, comprises entre 6 et 10 %. Les cours d'eau de la côte au vent (la Grande Rivière de la Capesterre, la Petite Rivière à Goyave, la Lézarde, etc.) se distinguent de ceux de la côte sous le vent par des bassins versants de taille légèrement plus importante, par un cours coupé de cascades et une partie aval souvent en pente douce (zone de plaine). Les cours d'eau de la côte sous le vent (la Grande Rivière des Vieux-Habitants, la rivière des Pères, etc.) se jettent rapidement dans la mer des Caraïbes et ne présentent pas de zone de plaine. Ils s'apparentent plus à des torrents.

Les cours d'eau de la Basse-Terre sont alimentés principalement par les eaux de ruissellement des précipitations, mais sont soutenus également par de petites nappes perchées. Leur régime hydrologique est largement influencé par les pluies journalières et les variations climatiques saisonnières. Les débits de crues sont élevés ; la crue décennale se traduit par des débits spécifiques de l'ordre de 10 $m^3/s/km^2$. La réponse des cours d'eau aux précipitations est en outre très rapide, en raison des fortes pentes, de la faible superficie de leur bassin versant et de leur linéaire réduit. Les débits peuvent passer ainsi de 1 à 400 m^3/s en moins d'une heure. Ces caractéristiques confèrent également aux cours d'eau un fort potentiel pour le transport d'éléments solides (blocs, pierres, boues) qui peuvent s'accumuler sous les ouvrages de franchissement ou au niveau de certains obstacles naturels à l'écoulement. Les ponts en particulier sont des sites propices à ces accumulations qui peuvent conduire à la formation d'embâcles et favoriser les débordements, voire, en cas de rupture, entraîner la propagation d'une onde de crue destructrice à l'aval.

Le ruissellement important lors des fortes averses alimente en eau les ravines sur Grande-Terre et les autres îles. Les débits de pointe de crue peuvent atteindre plusieurs dizaines de m^3/s à l'exutoire des plus grands bassins. Les débits spécifiques restent néanmoins plus faibles que sur Basse-Terre (débit décennal : 1 à 1,5 $m^3/s/km^2$).

En dehors des périodes pluvieuses importantes, les ravines ne coulent plus. Des canaux de dimension notable sont localisés en Grande-Terre (canal de Perrin, canal des Rotours). Ils constituent des axes de drainage majeurs recueillant les écoulements de nombreux fossés et ravines. De pente faible, leur capacité d'écoulement reste néanmoins souvent limitée et leur débordement peut provoquer d'importantes inondations de plaines.

Occupation du sol et enjeux

Le mode d'occupation du sol en Guadeloupe est fortement conditionné par le caractère insulaire du territoire, mais également par le relief et les conditions climatiques qui y règnent. Les surfaces cultivées sont l'une des composantes essentielles de l'occupation du sol. En effet, avec 417 km^2, elles représentent aujourd'hui plus d'un quart de la superficie totale du territoire. Forêt et espaces naturels sont également fortement présents. La forêt tropicale domine sur Basse-Terre, où elle couvre l'essentiel du massif montagneux.

La Guadeloupe est le département français présentant le plus grand linéaire côtier (555 km) et 31 des 32 communes guadeloupéennes disposent d'une façade maritime. Jusqu'à 500 mètres du rivage, l'espace littoral occupe une surface de 20 216 hectares, soit 12 % du territoire. Comme en métropole, cet espace est très convoité et présente de multiples modes d'utilisation. Il regroupe la majorité de la population et des activités et accueille le tiers du bâti total.

La population de la Guadeloupe est estimée au 1er janvier 2010 à 404 400 habitants. Sur 32 communes, six possèdent une population supérieure à 20 000 habitants : Les Abymes (avec 59 270 habitants, c'est la commune la plus peuplée), Baie-Mahault, Le Gosier, Le Moule, Petit-Bourg, et Sainte-Anne. Pointe-à-Pitre compte 17 216 habitants, et le chef lieu, Basse-Terre, 12 173 habitants.

De fait, l'urbanisation s'est essentiellement développée sur les territoires côtiers. Les deux principales agglomérations sont d'une part Baie-Mahault – Pointe-à-Pitre – Abymes, qui constitue le centre économique de l'archipel, et d'autre part Basse-Terre, qui en est la préfecture. En dehors de ces espaces urbains agglomérés, l'urbanisation s'étend de manière diffuse sur le territoire grâce, notamment, aux possibilités d'accès que donnent les axes de communication implantés en majorité à proximité immédiate du littoral.

Cette tendance à la concentration se traduit par des pressions constantes et génère parfois des conflits d'usage, souvent au détriment des espaces naturels. Deux aspects caractérisent l'urbanisation du littoral guadeloupéen :
– une consommation très importante de l'espace avec un étalement de l'habitat urbain constitué essentiellement de maisons individuelles ;
– la présence de constructions illicites, réalisées sans permis de construire, non connectées aux réseaux d'assainissement et parfois dans un état sanitaire critique. On dénombre encore environ 5 000 logements insalubres à résorber en Guadeloupe, principalement au niveau de la bande littorale.

Typologie des inondations

On trouve en Guadeloupe trois types principaux d'inondations liées à la forte pluviométrie d'origine cyclonique ou pas. Les submersions marines sont généralement associées aux cyclones, sachant que la conjonction de ces différents phénomènes est fréquente.

Les inondations par ruissellement

Elles sont le résultat des fortes pluies associées au problème d'évacuation des eaux piégées dans les zones basses (sous-dimensionnement du réseau pluvial, zone basse imperméabilisée ou non). Ces inondations sont indépendantes du réseau hydrographique. On les retrouve dans tous les secteurs urbains, essentiellement en Grande-Terre.

Les inondations par débordement de cours d'eau

En Guadeloupe, ce type d'inondation se manifeste essentiellement en Basse-Terre sous forme de crues torrentielles. Elles transportent régulièrement les matériaux issus de l'érosion et de l'arrachement de la ripisylve. Dans certains cas, l'accumulation de végétaux entraîne la formation d'embâcles, accroissant encore le risque d'inondation tant en amont qu'en aval en cas de rupture soudaine.

Ces inondations sont la conséquence de crues débordantes consécutives à de fortes précipitations. Les temps de réponse des bassins sont en général très brefs. Ils se caractérisent par un fort pouvoir érosif et une importante capacité de charriage. Les érosions de berges et les glissements de terrain sont des phénomènes régulièrement associés à ces crues. On observe des phénomènes comparables dans les ravines de Grande-Terre, à sec le reste de l'année (cf. région karstifiée des Grands Fonds).

Les inondations par submersion marine

Les submersions marines sont associées à la présence plus ou moins lointaine d'un cyclone. Les vagues de submersion sont alors produites soit par la marée de tempête (augmentation du niveau marin liée à la dépression atmosphérique et aux vents latéraux qui créent à la fois une aspiration de l'eau vers le haut et son accumulation), soit par la houle cyclonique (vagues liées aux vents forts).

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 7-3)** pour illustrer cette typologie sur la Guadeloupe. Mis à part le cyclone de 1928, a priori le plus puissant connu sur la région au XX^{e} siècle, les autres événements sont très récents et liés à des cyclones (Luis et Marilyn en 1995, Lenny en 1999) ou à des pluies intenses (janvier 2011).

Cyclone de 1928 sur la Guadeloupe

Après un périple de sept jours à travers l'Atlantique, un cyclone tropical d'une rare violence affecte l'île de la Guadeloupe le 12 septembre 1928. Même si on ne disposait à l'époque d'aucun instrument de mesure adapté et encore moins de système de surveillance des ouragans, au vu des témoignages et des impacts l'événement apparaît

aujourd'hui comme le plus puissant que la région ait connu au cours du XX^e siècle. De rang 4 dans la classification de Saffir-Simpson, ses vents dépassent 220 km/h, avec des rafales à plus de 260 km/h (force 17 sur l'échelle de Beaufort). La mer est énorme et les creux dépassent parfois les 15 mètres.

La pluie est très importante sans qu'on puisse donner de cumuls exacts faute de réseau de mesure. Le vent est la première cause de mortalité et de blessés. Il est à l'origine de la majorité des dégâts. La submersion marine a eu néanmoins des effets importants. Aux Îlets, situés dans la baie du Petit-Cul-de-Sac-Marin, tous les habitants ont péri noyés.

Marée de tempête et houle cyclonique frappent la baie de Pointe-à-Pitre et le sud de Grande-Terre. La marée de tempête est exceptionnelle à un niveau estimé entre quatre et cinq mètres. La mer submerge tout et pénètre jusqu'au centre des bourgs de Sainte-Anne, Saint-François et Petit-Bourg. Même scénario à Pointe-à-Pitre où une lame d'eau de cinq mètres de haut s'enfonce dans les terres et détruit de nombreuses habitations. Les témoignages font mention d'un cargo échoué en pleine campagne.

Le bilan total fait état de plus de 1 200 morts. Il reste toutefois impossible de mesurer la part des décès due aux inondations et celle due au vent. Cette incertitude vaut également pour le nombre exact d'habitations et de bâtiments détruits ou endommagés, sans doute plusieurs milliers, et pour le montant exact des dommages sur l'île. Une enquête documentaire plus poussée permettrait sans doute d'avancer dans cette comptabilité.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Ouragan de classe 4 • Vent très intense (houle cyclonique et marée de tempête)	• Tout l'archipel de la Guadeloupe, et en particulier la côte sud de Grande-Terre (submersion marine)	• 1 200 morts, dégâts colossaux

Ouragan Luis et submersions marines des îles Saint-Martin et Saint-Barthélemy les 4 et 5 septembre 1995

L'ouragan Luis (classe 4) épargne relativement la Guadeloupe mais frappe fortement les îles du Nord à partir du mardi 5 septembre 1995. Les creux des vagues ont largement dépassé les dix mètres et certains témoins parlent d'une surcote de l'ordre de deux mètres.

Les dégâts sont énormes sur les côtes de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy. Dans cette dernière, l'ensemble des zones basses exposées à la houle sont dévastées. Des maisons sont détruites sous le choc des vagues, d'autres basculent suite à l'érosion provoquée par leur déferlement. Le port de commerce de l'Anse Public est détruit. De nombreux bateaux s'échouent. Certains sont retrouvés au fond de la rade de Gustavia.

À Saint-Martin, les témoignages sont plus rares. Le front de mer de Grand-Case est dévasté. Des bateaux de grand gabarit s'échouent sur les plages. On dénombre un

mort et un disparu. Les dégâts matériels sont très importants. On ne dispose à ce jour d'aucune source pour dresser un bilan précis.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Ouragan de classe 4 avec hauteur de vague de dix mètres et surcote de deux mètres	• Côtes de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy	• Un mort et un disparu • Destruction de bateaux et de maisons

Ouragan Marilyn et inondations sur la Guadeloupe les 14 et 15 septembre 1995

Les mois d'août et septembre 1995 sont marqués par le passage de plusieurs cyclones. La tempête tropicale Iris génère des précipitations localisées (jusqu'à 243 mm) au sud de Basse-Terre les 26 et 27 août. Sur le même secteur ou à peu près, l'ouragan Luis (classe 4) cumule 200 mm en plaine et jusqu'à 600 mm en montagne les 4 et 5 septembre. Ces deux perturbations saturent les sols et sont à l'origine de crues avec de nombreux embâcles.

L'arrivée de l'ouragan Marilyn (classe 1) les 14 et 15 septembre survient donc peu de temps après les deux premiers événements (tab. 7-3). Lui-même est à l'origine de précipitations exceptionnelles, jusqu'à 552 mm en deux jours à Saint-Claude **(fig. 7-4)**, cumul le plus important jamais enregistré à Basse-Terre. Les pluies sont plus modérées à Grande-Terre, de l'ordre de 50 à 100 mm sur l'épisode.

Tableau 7-3. Hauteurs de pluies en mm mesurées à Basse-Terre lors des cyclones Iris, Luis et Marilyn en août et septembre 1995. Source : PPR de Saint-Claude

Station	Iris 27 août 1995	Luis 4 et 5 septembre 1995	Marilyn 14 et 15 septembre 1995
Saint-Claude	80	175	552
Soufrière	337	582	600
Vieux-Habitants	80	103	450

La forte pluviométrie associée à la saturation des sols entraîne un grand nombre de crues torrentielles sur Basse-Terre. La plupart des stations limnimétriques ont été emportées par les flots. Les hauteurs d'eau ont été reconstituées à partir des relevés de laisses de crues. Ces hauteurs et les débits associés sont les plus importants jamais enregistrés à l'époque (tab. 7-4). Les temps de retour calculés sont compris entre 40 ans pour la Grande Rivière à Goyave et 100 ans pour la rivière des Vieux Habitants. Les inondations par ruissellement sont également remarquables. Les coefficients atteignent 0,95 sur certaines stations de l'ouest de Basse-Terre et 0,6 sur les stations de la Grande Rivière à Goyave (Antea, 1996).

Tableau 7-4. Valeurs estimées des crues au cours de l'épisode Marilyn en 1995. Source : Antea

Rivière et nom de la station	Superficie BV (km²)	Valeur maximale observée sur la station		Marilyn 14 et 15 septembre 1995 - Valeurs estimées par laisse de crue	
		Cote (m)	Débit (m³/s)	Cote (m)	Débit (m³/s)
Beaugendre 77	-	2,71	176	3,8	-
Galion 25	10,5	3,19	196	3,9	300
Grande Goyave, prise d'eau côte 90	54,3	4,83	646	4,9	> 650
Grande Goyave, pont de la Boucan	130,1	6,13	1 000	Env. 7	1 220
Vieux-Habitants 22	28,2	3,66	410	3,7	560
Barthole à Vieux-Habitants 250	19,4	2,2	380	3,35	> 400
Losteau 70	-	2,11	111	3,35	180
Rivière des Pères 25	23,3	2,48	236	3,2	435

Les débordements fluviaux ont été très importants sur le littoral. L'encaissement des cours d'eau limite les débordements jusqu'au niveau de la zone côtière où sont disposés les principaux enjeux. Les inondations sont dès lors très destructrices et sont encore aggravées par les phénomènes d'embâcles/débâcles au niveau des ponts, et par les importants ruissellements qui saturent les réseaux d'évacuation. C'est le cas dans la ville de Basse-Terre, à Boucan, ou encore au nord de Basse-Terre, à la Grande Rivière à Goyave où de nombreuses habitations sont submergées. On relève par ailleurs de nombreux glissements de terrain.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Ouragan intense de classe 1 faisant suite à une succession de deux cyclones en un mois	• Nombreuses crues et ruissellement, particulièrement en Basse-Terre	• Impacts très importants, nombreux ouvrages d'art détruits

Ouragan Lenny et inondations sur la Guadeloupe en novembre 1999

Le passage de l'ouragan Lenny est à l'origine d'une forte houle cyclonique et de très importantes précipitations. Son intensité (classe 4) pour cette époque de l'année (17 au 19 novembre) est atypique, de même que sa trajectoire d'ouest en est depuis la mer des Caraïbes.

Cette singularité est à l'origine d'une houle cyclonique de direction sud-ouest - nord-est qui affecte particulièrement la côte sous le vent de la Guadeloupe (communes de Deshaies, Pointe-Noire, Bouillante, Vieux-Habitants, Baillif, Basse-Terre et Vieux-Fort). Le train de houle débute dans la nuit du 16 novembre sur la côte caraïbe. Il prend une direction ouest et frappe le littoral caraïbe de plein fouet dans la journée

du 17. Les dégâts sont constatés tout au long de la journée. La force cinétique des vagues est très importante, alors que leur hauteur ne dépasse pas quatre mètres. Le phénomène s'apaise à partir du 18 novembre.

Les précipitations **(fig. 7-5)** sur trois jours sont exceptionnelles et touchent la quasi-totalité des communes de la Grande-Terre. Leurs périodes de retour sont voisines de 100 ans à Port-Louis, Morne-à-l'Eau ainsi que sur l'est de Basse-Terre. Le nord de la côte sous le vent (Deshaies, Bouillante…) est épargné (cumuls décennaux).

Le centre de l'ouragan est passé à 10 ou 20 km environ des îles Saint-Martin et Saint-Barthélemy, seulement quatre semaines après le passage du cyclone José, particulièrement destructeur. La période de retour des pluies sur 24 heures atteint 60 ans à Saint-Barthélemy (supérieure à 100 ans pour 48 heures), et est supérieure à 100 ans à Saint-Martin. Les cumuls sur deux jours sont respectivement de 393 et 867 mm (tab. 7-5).

Tableau 7-5. Précipitations en mm à Saint-Barthélemy et Saint-Martin, les 17 et 18 novembre 1999. Source : PPR Saint-Martin

Station	17 novembre	18 novembre	17 et 18 novembre
Saint-Barthélemy Lorient	197,2	196	393,2
Saint-Martin Marigot Gendarmerie	384,4	482,2	866,6
Saint-Martin Marigot DDE	310	353	663

Les pluies génèrent de nombreuses inondations tant par ruissellement que par débordement de rivière. À Basse-Terre, l'ouvrage aval de franchissement de la rivière aux Herbes est submergé. À Marigot les niveaux atteints par les eaux sont en certains endroits supérieurs de + 50 cm à ceux enregistrés en 1995 lors du cyclone Marilyn.

Outre les dégâts dus aux précipitations importantes, on relève aussi de nombreux dommages liés à l'action de la houle. Dans les Saintes, elle détruit les installations portuaires de La Petite Anse. Sur le littoral, elle bloque aussi l'évacuation du réseau pluvial et aggrave ainsi les inondations dues au ruissellement et au débordement de cours d'eau. Pour les mêmes raisons, l'eau de mer projetée dans les terres reste piégée derrière les ouvrages ou dans les points bas, comme à Pointe-Noire, Bouillante ou Basse-Terre. Il n'existe pas de point de mesure de la houle à proximité des îles du Nord. La hauteur des vagues est estimée à cinq mètres dans la rade de Gustavia (Saint-Barthélemy) dans l'après-midi du 18 (direction sud-ouest).

Le bilan est lourd. On dénombre au total neuf victimes : cinq en Guadeloupe et quatre disparus à Saint-Barthélemy. Plus de 1 500 familles sont sinistrées et quelque 650 habitations sont détruites. Le montant des dégâts est estimé à 735 millions de francs (610 pour les routes, ouvrages d'art et bâtiments ; 86 pour le secteur agricole et 41 pour la pêche et les ports), soit environ 112 millions d'euros. Une cinquantaine de points sur les axes de communication sont coupés par les inondations, particulièrement dans la zone des Grands-Fonds à Grande-Terre.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Ouragan de classe 4 unique dans l'histoire récente : survient en novembre avec une trajectoire atypique d'ouest en est	• Côte caraïbe, Grande-Terre	• Impacts très importants : 9 morts, nombreux dégâts matériels, 112 M€ de dommages

Inondations du 4 janvier 2011 à Grande-Terre

Le 4 janvier 2011, d'importantes précipitations surviennent dans le secteur des Grands-Fonds, dans la partie sud de la Grande Terre. Une bande frontale active est présente entre la Dominique et les îles du Nord du 3 au 5 janvier, engendrant des pluies orageuses sur toute la Guadeloupe **(fig. 7-6)**. Le cumul en deux jours atteint 196 mm à la station du Raizet, 148 mm sur 24 heures.

Aux Abymes, la période de retour des cumuls du 4 janvier (158 mm) est estimée à 15 ans. C'est la deuxième valeur quotidienne aussi forte observée en 15 ans, après le record établi lors de l'ouragan Lenny en novembre 1999 (200 mm). Sur 48 heures (293 mm), la période de retour dépasse les 10 ans. Elle atteint 30 ans sur 4 heures.

Le réseau hydrographique de la zone d'étude, très ramifié, se compose de petites vallées étroites, séparées par des mornes calcaires. Si les précipitations annuelles sont comprises entre 1 400 et 1 700 mm, il n'existe pas pour autant de rivière pérenne dans cette zone constituée de roches karstiques. La pluie du 4 janvier active ce réseau intermittent (tab. 7-6) qui en certains endroits déborde. La rivière Bras-David à La Maison de la forêt (en Basse-Terre) atteint la cote 1,44 m le 4 janvier dans l'après-midi.

Tableau 7-6. Débits estimés lors des inondations du 4 janvier 2011. Source : BRGM

Point de calcul	Superficie (km^2)	Temps de concentration (h)	4 janvier 2011	
			Pluie (mm)	Débit (m^3/s)
Grande Ravine	15,8	2	48	43
ID 34, Les Abymes	20	3,3	56,5	44
ID 37, Les Abymes	24	3,5	58	50

Les inondations du 4 janvier 2011 ont essentiellement affecté les communes de Morne-à-l'Eau, du Gosier et des Abymes. Cinq personnes sont décédées dans leur voiture alors qu'elles tentaient de passer un gué dans la commune des Abymes. Les dégâts matériels s'observent essentiellement au niveau des routes et des ouvrages de franchissement, également dans quelques habitations. Celles-ci sont généralement situées le long des routes et le long des talwegs. Les ouvrages de franchissement sont fréquemment dimensionnés pour évacuer sans débordement les crues de temps de retour 10 ans. Beaucoup de routes sont coupées durant les inondations **(fig. 7-7)**. Dans les basses plaines périphériques aux Grands-Fonds, les débordements sont liés à une défaillance des réseaux de drainage des eaux. Les canaux principaux, à savoir ceux des Rotours et de Perrin ainsi

que le réseau de canaux localisé au sud de la commune du Gosier, présentent là encore un sous-dimensionnement, en partie causé par un comblement sédimentaire de leur lit.

Des dégâts agricoles ainsi que des noyades de bétail sont également à déplorer. Sur la commune des Abymes, les dommages aux ouvrages sont estimés à plus de 3 millions d'euros.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'averses tropicales intenses • Précipitations orageuses due à la présence d'un front important	• Le secteur des Grands-Fonds en Grande Terre	• Impacts importants, 5 morts, nombreuses routes coupées

Les inondations dans le district de la Guyane

Géographie

La Guyane **(fig. 7-8)** est un département français d'outre-mer situé en Amérique du Sud entre le Brésil et le Suriname. Sa superficie est de 84 000 km^2 pour une population officielle de 221 178 habitants (recensement 2011).

Le relief se caractérise par deux grands ensembles morphologiques :
– une plaine alluviale littorale, ou « terres basses », le plus souvent inférieure à 30 m d'altitude. Elle représente environ 6 % de la surface du territoire et comprend 450 000 hectares de zone de marécages et de savanes. L'île de Cayenne, comprend quelques reliefs de faible altitude (150 à 200 m) ;
– un socle ancien précambrien, ou « terres hautes », compris généralement entre 200 et 300 m d'altitude, résultat de l'érosion du bouclier guyanais. Ce second ensemble représente 94 % de la surface du territoire et culmine à 830 m.

Climat et précipitations

Le climat de la Guyane est déterminé par les deux ceintures anticycloniques subtropicales, appelées zone intertropicale de convergence (ZIC). Le cycle des saisons est marqué par :
– une petite saison des pluies de la mi-novembre à la mi-février, lorsque la ZIC entame sa descente vers le sud pour se placer au-dessus du Brésil ;
– un petit été de mars, au moment où elle stationne à son point méridional extrême ;
– une saison des pluies, lorsque la ZIC effectue sa lente remontée vers le nord. Ce deuxième passage de la ZIC sur la Guyane, entre avril et juillet voire mi-août, est caractérisé par des pluies abondantes, souvent très intenses, qui peuvent durer plusieurs jours. Cette période est la plus favorable pour les aléas extrêmes (inondations et mouvements de terrain) ;
– une saison sèche, de mi-août à mi-novembre, lorsque la ZIC a atteint le 10^e parallèle nord. Au cours de cette saison, les pluies sont rares mais pas inexistantes. Elles se manifestent par des averses éparses en fin de journée et par des orages thermiques.

La température moyenne est de l'ordre de 26 à 27 °C tout au long de l'année. Elle augmente légèrement pendant la saison sèche. Les précipitations annuelles **(fig. 7-9)** sont très importantes, voisines de 3 000 mm en moyenne sur l'ensemble du territoire. Le taux d'humidité de l'air ambiant est très élevé, compris entre 80 et 90 % selon la saison.

Réseau hydrographique

Le territoire guyanais est situé entre deux fleuves transfrontaliers, le Maroni et l'Oyapock, dont les bassins sont partagés respectivement avec le Suriname et l'État de l'Amapá du Brésil. Il comporte de l'ouest à l'est cinq ensembles hydrographiques principaux s'écoulant du sud vers le nord : la rive droite du bassin versant du Maroni, frontalier avec le Suriname, le bassin de la Mana, une série de petits bassins côtiers, le bassin de l'Approuague, et la rive gauche de l'Oyapock, frontalier avec le Brésil. Une partie des eaux des fleuves Maroni et Oyapock est donc issue du ruissellement de bassins versants situés hors des limites du territoire français.

Le bassin versant du Maroni couvre une superficie de 66 814 km^2, répartie de façon équivalente entre le Suriname à l'ouest et la Guyane à l'est. Le Maroni prend sa source à 700 m d'altitude et se jette dans l'Atlantique après un parcours de 520 km. Son embouchure se confond avec celle de la Mana, dans un estuaire large de 5 km. Le fleuve prend plusieurs appellations : d'abord Alitany à sa source, puis Lawa lorsqu'il est rejoint par l'Inini, et enfin Maroni lors de sa réunion à Grand-Santi avec le fleuve Tapanahoni. Ses principaux affluents sur le haut Maroni sont le Malani et le Tampock, puis sur le bas Maroni, la crique Beïman, et le Tapanahoni. Le bassin versant est en grande partie boisé, et le sol est plutôt imperméable (présence de latérite et d'argile), ce qui conduit à de forts ruissellements. Le débit moyen du Maroni à la station de Langa Tabiki (60 930 km^2), située 21 km en amont d'Apatou, est de 1 600 m^3/s. Les berges et îles de son cours sont ponctuellement urbanisées. Cinq communes sont situées le long du fleuve Maroni : Maripasoula, Papaichton, Grand-Santi, Apatou et Saint-Laurent-du-Maroni.

Le fleuve Mana (12 208 km^2) prend sa source à 300 m d'altitude et rejoint, après un parcours de 462 km, le fleuve Maroni au niveau de son embouchure. Ses principaux affluents à l'amont de Saut Sabbat sont la crique Saint-Éloi, la crique Deux, la crique Sophie, la crique Loubère, la crique Forte, l'Arouani, la crique Lézard, et la crique Kokioko, et, en aval de Saut Sabbat, la crique Portal et la crique Acarouani. Le débit moyen de la Mana, à la station de Saut Sabbat, située 56 km en amont du bourg de Mana, est de 300 m^3/s. Le bassin versant est en grande partie boisé et son cours est peu urbanisé. Seul le bourg principal de la commune de Mana situé à 11 km de l'embouchure du fleuve est concerné par les débordements de la Mana.

Le groupe des bassins côtiers (18 158 km^2) concerne l'ensemble des fleuves qui prennent leur source sur la bande littorale : Iracoubo, Sinnamary, Kourou, rivière de Cayenne, Mahury. L'implantation du barrage de Petit-Saut sur le fleuve Sinnamary (5 900 km^2) doit être signalée. L'ouvrage fournit 60 % de la demande en énergie électrique de la Guyane (116 MW).

Le fleuve Approuague (10 933 km^2), long de 335 km, prend sa source à 423 m d'altitude. Le débit moyen est de 300 m^3/s à Saut Athanase, à 37 km du bourg de Régina. Il est le deuxième des fleuves intérieurs de la Guyane après celui de la Mana. Ses principaux affluents à l'amont de Saut Athanase sont la crique Kwata, la crique

Sapokaï, la crique Couy, la crique Arataï, et la crique Ekini, et, en aval de Saut Athanase, la crique Mataroni et la crique Kourouaï. Le cours de l'Approuague est peu urbanisé. Seul le bourg principal de la commune de Régina, situé à près de 57 km de l'embouchure, est concerné par les débordements de ce fleuve.

Le fleuve Oyapock (26 100 km^2) prend sa source au Brésil à 297 m d'altitude. Long de 403 km, il délimite sur la majeure partie de son cours la frontière entre la Guyane française et le Brésil. Le débit moyen est de 840 m^3/s à Saut Maripa, à 16 km en amont du bourg de Saint-Georges-de-l'Oyapock. Le fleuve Oyapock se jette dans l'océan Atlantique dans une large baie qu'il partage avec le fleuve brésilien Uaçà. Ses principaux affluents guyanais à l'amont de Saut Maripa sont la crique Elepoussing, la crique Chinalé, la rivière Camopi, la crique Sikini, la crique Armontabo. À l'aval de Saut Maripa, ses principaux affluents sont la crique Gabaret et la rivière Ouanary à son embouchure. Coté guyanais, le cours du fleuve longe les communes de Camopi puis Saint-Georges-de-l'Oyapock situé à 47 km de son embouchure.

La façade maritime de la Guyane (380 km) est le siège d'une dynamique naturelle très active, marquée par l'alternance de phases de sédimentation et d'érosion cycliques. Sous l'influence des grands systèmes atmosphériques et océaniques, des bancs de vase, en provenance de l'Amazone, circulent le long des côtes guyanaises, avec des vitesses de un à deux kilomètres par an. Ces bancs de vases peuvent atteindre une vingtaine de kilomètres de long et agissent comme une zone tampon entre le milieu marin et le rivage. Ces bancs de vases sont séparés par des espaces interbancs de même ordre de longueur, qui favorisent l'érosion côtière et la submersion marine de la plaine côtière.

Occupation du sol et enjeux

Le territoire est occupé sur 95 % de sa superficie par de grands espaces naturels (forêts, zones humides, surfaces en eau, plages et végétation basse). Il est composé de 22 communes dont les limites administratives sont très proches des délimitations des bassins versants, et situées pour la plupart (20 sur 22) au bord des fleuves.

La population est répartie de manière inégale sur le territoire. La densité moyenne en 2009 n'est que de 2,7 habitants au kilomètre carré. La grande majorité du territoire est inhabitée. Les trois plus grosses agglomérations sont Cayenne (75 740 habitants), Saint-Laurent-du-Maroni (33 707 habitants) et Matoury (24 583 habitants). La population se concentre essentiellement dans l'île de Cayenne, dans le secteur de Kourou-Sinnamary et dans le Nord-Ouest (Mana, Saint-Laurent-du-Maroni). Il s'agit des zones d'enjeux les plus vulnérables aux inondations. Le reste de la population est réparti le long des fleuves frontaliers, en villages de quelques dizaines à plusieurs centaines d'habitants. Tous sont soumis à l'aléa inondation. L'activité économique du département est dominée par le secteur tertiaire qui représentait 70 % des emplois en 2008. Son implantation territoriale suit celle de la population.

Typologie des inondations

Deux ensembles géographiques peuvent être identifiés en matière d'inondation : la zone littorale, exposée aux ruissellements et aux submersions marines, et la zone intérieure, exposée avant tout aux débordements de cours d'eau.

Les inondations par ruissellement

Sur le littoral ces inondations associent généralement fortes pluies et marées hautes, ces dernières bloquant les exutoires naturels ou artificiels. L'eau se retrouve dès lors piégée dans les points bas. Ce sont les cas d'inondation les plus fréquents en Guyane.

Les inondations par débordement de cours d'eau

Les inondations par débordement de cours d'eau surviennent majoritairement après un ou plusieurs épisodes pluvieux intenses qui génèrent les ondes de crue. Les phénomènes les plus remarquables quant aux dommages concernent principalement les grands fleuves, le Maroni en particulier.

Les inondations par submersion marine

La Guyane est à l'abri du risque cyclonique. Ces derniers passent en général à plusieurs milliers de km au large des côtes. Les submersions marines sont associées à la présence d'une tempête et/ou d'une forte marée. Par ailleurs, du fait des faibles reliefs, tous les fleuves de Guyane sont soumis à l'influence des marées qui remontent jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres dans les terres.

On relève un risque potentiel d'inondation lié à la rupture du barrage de Petit-Saut sur le fleuve Sinnamary.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 7-10)** pour illustrer cette typologie : deux de type ruissellement sur la zone littorale (août 1996 et avril 2000), et trois par débordement de cours d'eau (mai 2000, mai 2006 et juin 2008). Aucune inondation par submersion marine n'a été retenue à ce jour, faute d'avoir pu identifier un événement remarquable dans la documentation disponible. Le littoral de la commune de Rémire-Montjoly est régulièrement affecté par des phénomènes de ce type, mais aucun n'est d'une ampleur exceptionnelle. Par ailleurs, des aménagements ont eu des incidences sur les écoulements et en ont modifié l'impact. C'est le cas par exemple entre l'épisode d'août 1996 et celui d'avril 2000 avec la mise en place d'une écluse sur le canal Laussat qui permet depuis lors de préserver la ville de Cayenne de la remontée de la marée. Notons que le bassin de l'Oyapock n'est pas traité dans cette synthèse faute d'informations suffisantes.

Ouragan Édouard et inondations pluviales d'août 1996 sur l'Île de Cayenne

L'ouragan Édouard, centré à 1 400 km au nord de la Guyane, génère une série de très intenses précipitations du 25 au 27 août 1996 sur la région de l'Île de Cayenne **(fig. 7-11)**. On enregistre 255 mm à Cayenne ville (222 mm en 6 heures), 178 mm à Montsinéry, 187 mm à Larivot et 160 mm à Montjoly.

L'évacuation des importants ruissellements est freinée par la forte marée. On relève en ville jusqu'à 80-85 cm d'eau. À Cayenne, plusieurs quartiers sont touchés (Bonhomme, Cabassou, Ampigny), et on dénombre 81 sinistrés et six locaux d'entreprises inondés. À Rémire-Montjoly, 57 particuliers et un local d'entreprise sont

impactés. Au total, 138 foyers et sept entreprises sont affectés. Les deux communes ont fait l'objet d'un arrêté pour catastrophe naturelle.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Ouragan de classe 4 • Précipitations très localisées associées à une forte marée	• Toutes les zones basses de l'Île de Cayenne	• 138 habitations inondées, arrêté de catastrophe naturelle

Inondations pluviales d'avril 2000 sur la bande côtière de la Guyane

Le mois d'avril 2000 a été particulièrement pluvieux sur le littoral guyanais. Un premier épisode affecte le secteur du 7 au 9 avril, avec plus de 500 mm à Tonate en deux jours, 240 mm à Kourou, 350 mm à Iracoubo et 300 mm à Awala-Yalimapo. Une seconde vague de précipitations survient les 13 et 14 avril (période de retour 200 ans). On relève 255 mm à Cayenne, 320 mm à Roura et 170 mm à Kourou. Au total, en huit jours, le cumul atteint près de 530 mm à Kourou.

Ces deux épisodes constituent aujourd'hui l'événement pluviométrique **(fig. 7-12)** de référence pour la majorité des plans de prévention des risques d'inondation des communes du littoral guyanais : île de Cayenne (Cayenne, Rémire-Montjoly, Matoury), Macouria, Kourou.

Les fortes précipitations ont engendré une série d'inondations par ruissellement et accumulation dans les points bas. La concomitance avec une forte marée (2,40 m NGG à Kourou) a contrarié l'évacuation des eaux. Les secteurs de Cayenne, Kourou et Macouria sont particulièrement affectés. Saturé par les ruissellements et bloqué par la haute mer, le réseau de canaux artificiels de l'île de Cayenne a très largement débordé. De même en ville, où le réseau pluvial inonde de très nombreux quartiers (Balata Abriba).

Les dégâts sont importants. La plupart des axes de communication sont coupés, en particulier la route du littoral (RN 1). Le pont de Cacao est impraticable. À Montsinéry, la route départementale est fermée à la circulation. À Macouria, des habitations sont inondées pendant plus de trois jours sous 50 cm à 1 m d'eau. Le fleuve Sinnamary connaît une crue exceptionnelle. On craint un moment pour le barrage hydroélectrique de Petit-Saut. À Kourou, les quartiers de Moyoco et Oulapa sont les plus touchés, avec plus de 30 cm d'eau dans les habitations, essentiellement à cause de la saturation du réseau pluvial.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de pluies tropicales intenses • Précipitations localisées le long de la côte, principale zone d'enjeux	• Toutes les zones basses du littoral de Kourou à Cayenne	• Glissement de terrain de Cabassou (10 morts) • Nombreuses routes coupées, maisons inondées

L'événement le plus spectaculaire est le glissement de terrain du mont Cabassou (159 m) à proximité de Cayenne. Détrempé et fragilisé par la forte pluviométrie, un pan de 300 000 mètres cubes s'effondre. Le 19 avril l'avalanche de boue et de pierre s'abat sur la RN 3, détruisant l'usine Cilama et causant la mort de dix personnes.

Crues de mai 2000 sur les fleuves côtiers de la Guyane

La zone de convergence intertropicale particulièrement active est à l'origine d'un épisode pluviométrique intense les 16 et 17 mai 2000 sur la Guyane **(fig. 7-13)**. Les cumuls sur deux jours atteignent 228 mm à Saint-Georges-de-l'Oyapock, 308 mm à Régina, 272 mm à Cacao, 216 mm à Saint-Élie. Les têtes des bassins versants côtiers sont touchées : le Sinnamary, la Comté, l'Orapu, la Mana, le Montsinéry. Les sols déjà saturés par un mois d'avril pluvieux (cf. événement précédent) laissent ruisseler l'eau qui en quelques minutes rejoint les rivières.

Les crues sont remarquables avec des records depuis la mise en service des différentes stations sur les fleuves Comté, Orapu, Sinnamary et Mana (tab. 7-7). D'autres fleuves ont sans doute également eu des débits exceptionnels, mais aucune information n'est disponible du fait de l'absence de mesures.

Tableau 7-7. Débits maximaux enregistrés lors des crues de mai 2000. Source : Deal Guyane

Bassin versant	Cours d'eau/Station	Superficie BV (km^2)	Période d'enregistrement	Date du maximum	Débit (m^3/s)
Sinnamary	Sinnamary/Saut Dalles	1 850	1990-2002	18 mai	587
	Courcibo/Saut l'autel	1 290	1990-2002	19 mai	440
	Crique Leblond	730	1983-2002	18 mai	518
Oyak	La Comté/Saut Bief	1 760	1969-actuellement	18 mai	669
	Orapu/Saut Bernard	440	1995-2006	18 mai	131
Mana	Mana/Saut Sabbat	10 225	1953-2009	22 mai	1 642

Le débit maximal du Sinnamary atteint 2 500 m^3/s à l'amont du barrage EDF de Petit-Saut à Sinnamary, soit une période de retour voisine de 500 ans. L'ouvrage a permis d'écrêter près de 500 m^3/s. Sur la Comté, la période de retour de la crue est estimée entre 50 et 100 ans.

Tous les bourgs riverains sont inondés, en particulier les communes de Sinnamary (50 foyers touchés), Mana, Iracoubo, Roura, Régina et Cacao (Comté). Dans le secteur de Cacao de nombreux arbres chutent sur les routes du fait des sols détrempés.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de pluies tropicales intenses • Précipitations concentrées sur l'amont des bassins versants	• Nombreux débordements, crue de récurrence 500 ans sur le Sinnamary	• Nombreuses submersions des RN 1 et RN 2, 50 foyers inondés à Sinnamary, Cacao fortement impacté

Le pont cède sous la poussée des eaux, et près de 80 % des cultures sont détruites. Les communes de Régina et Kaw sont également touchées. Un éboulement coupe la RN 2. À Mana, on relève une quinzaine de cm d'eau dans le bourg et jusqu'à un mètre dans les zones basses. L'eau recouvre la RN 1 jusqu'à 60 cm par endroits.

Crue du Maroni en mai 2006

La crue du 6 au 11 mai 2006 est issue majoritairement de la partie amont et guyanaise du bassin versant. Elle a été détectée dès son passage aux stations de mesure limnimétrique situées sur l'affluent Lawa en partie française. La pluviométrie n'est pas exceptionnelle mais très homogène sur une large partie du bassin versant et ce sur une période relativement longue. Le ruissellement a également été favorisé par le fort niveau de saturation des sols résultant d'une saison sèche précédente relativement humide.

Le débit de pointe de crue sur le Maroni s'élève respectivement à 3 626 m^3/s et à 6 700 m^3/s à Maripasoula et à Langa Tabiki (T = 100 ans). Sur le Tapanahoni, la crue est moins intense (25 < T < 75 ans). La contribution majeure provient du bassin amont du Lawa.

Les inondations affectent essentiellement quelques communes du haut Maroni (Grand-Santi, Apatou, Twenké et Papaichton) qui font l'objet d'un arrêté pour catastrophe naturelle. Quelques stations de pompage d'eau potable sont noyées et les groupes électrogènes mis hors-service dans plusieurs villages (Apaguy). Malgré les difficultés de navigation, nourritures et eau potable sont acheminées dans les villages les plus touchés. La ville de Saint-Laurent-du-Maroni a été relativement épargnée par l'événement.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de pluies tropicales • Précipitations peu intenses mais de forte étendue et de longue durée sur tout le bassin, crue centennale à Maripasoula	• Toutes les zones basses du haut Maroni	• Nombreux villages et campous inondés • Arrêté de catastrophe naturelle

Crue du Maroni de juin 2008

Les mois de mai et juin 2008 sont particulièrement pluvieux sur le bassin du Maroni. Du 2 mai au 17 juin on relève des cumuls de plus de 1 000 mm sur le bassin du Tapanahoni, 800 mm à Maripasoula et encore 750 mm à Grand-Santi. Le fleuve entre en crue le 4 juin. La partie aval et surinamaise du bassin versant est la plus réactive et crée la surprise, à l'inverse de la crue de mai 2006, qui s'était développée sur la partie française (tab. 7-8). Le Tapanahoni contribue à plus du tiers du débit à Langa Tabiki, où la station de mesure est submergée. L'eau atteint la cote 7,05 m pour un débit de pointe du Maroni de 7 680 m^3/s (T entre 100 et 500 ans). À l'inverse, le

Lawa ne connaît pas de crue remarquable, avec un débit de 3 115 m^3/s à Maripasoula (T = 10 ans).

Au total, ce sont plus de 90 villages qui ont été inondés sur 100 km de fleuve. Sur la commune d'Apatou, les débordements commencent dans la nuit du 2 au 3 juin, alors que la cote atteinte à la station de Langa Tabiki (17 km plus en amont) est de 6,58 m. Dans la commune de Grand-Santi, les villages de Providence et Apaguy sont sous les eaux.

Plus de 1 000 personnes au total sont sinistrées le long du fleuve, relogées pour la plupart dans des bâtiments publics (écoles, dispensaires, etc.). L'impossibilité d'emprunter le fleuve en pirogue isole un grand nombre de villages. La durée de l'événement (20 jours) amène les autorités à prendre des mesures d'urgence. L'aide alimentaire est acheminée par l'armée dans les zones isolées du Maroni. L'état de catastrophe naturelle est décrété sur l'ensemble de la région.

Tableau 7-8. Cote d'inondation (en m NGG) en mai 2006 et juin 2008 dans différents villages du Maroni. Source : Ginger, 2009

Localité	Crue mai 2006	Crue juin 2008
Mayman		4,3
Apatou bourg		4,3
Grand-Santi bourg	49,0	49,5
Loka	91,3	91,0
Papaichton bourg	93,0	92,7
Papalobi	95,3	94,9
Maripasoula bourg	95,8	95,4
Élahé		145,5
Twenké-Taluhen	143,6	143,6
Antecume Pata	160,45	160,5

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de pluies tropicales • Précipitations peu intenses mais de forte étendue et de longue durée (un mois), crue centennale à Langa Tabiki	• Toutes les zones basses situées le long du fleuve Maroni, particulièrement en aval de Grand-Santi	• 20 jours d'inondation, arrêté de catastrophe naturelle

Les inondations dans le district de la Martinique

Géographie

La Martinique **(fig. 7-14)** est un département français d'outre-mer situé dans les Petites Antilles à égale distance de l'équateur et du tropique du Cancer, entre la mer des Caraïbes et l'océan Atlantique. Sa superficie est voisine de 1 100 km^2. L'île s'étend sur 65 km de long et 30 km dans sa plus grande largeur, réduite à 12 km au niveau des baies de Fort-de-France, du Robert et du François. Le linéaire côtier est d'environ 350 km.

L'île est essentiellement de nature volcanique. Son relief est extrêmement vigoureux avec des pentes dépassant en certains endroits les 100 %. Elle est découpée en trois grands ensembles physiques :

– au nord, une nature spectaculaire alterne gorges et ravines avec un groupe montagneux composé de mornes (petites collines), des pitons du Carbet et de la montagne Pelée (1 397 m). Le sol est couvert d'une végétation tropicale dense ;

– au centre, la plaine du Lamentin, riche et fertile, accueille les deux principales villes de Fort-de-France (chef-lieu de département et de région) et du Lamentin. Elle est bordée, à l'ouest par la baie de Fort-de-France, à l'est par des petits mornes n'excédant pas les 500 m d'altitude ;

– au sud, des espaces aux reliefs constitués de mornes moyens, notamment avec la montagne du Vauclin (500 m) et le morne Larcher (477 m). Sur les franges littorales se succèdent baies et anses aux plages renommées.

Climat et précipitations

La Martinique bénéficie d'un climat de type tropical, cependant tempéré par l'influence maritime et par les alizés. Ces vents chauds, chargés d'humidité, soufflent de secteur est de manière régulière une grande partie de l'année (300 jours). Les températures relativement élevées varient entre 18 °C et 32 °C à Fort-de-France. Les variations des précipitations en fréquence et en intensité permettent de distinguer deux saisons, avec des transitions plus ou moins marquées :

– une saison humide de juin à novembre, aux pluies fréquentes et souvent intenses. Elles peuvent durer plusieurs jours consécutifs. L'évolution dépressionnaire donne régulièrement naissance à des cyclones, au cours desquels les pluies peuvent avoir un caractère torrentiel (200 à 500 mm en 24 heures) ;

– une saison sèche de décembre à mai caractérisée par une diminution sensible des précipitations. La période de beau temps sec (« le carême ») se situe entre février et avril.

Les variations interannuelles des précipitations sont importantes, elles peuvent aller du simple au double selon les secteurs et les années, sans compter les effets du relief. Inférieur à 1 000 mm/an dans le sud de l'île et en bordure des côtes, le cumul annuel dépasse régulièrement 4 500 mm/an au sommet de la montagne Pelée et peut atteindre 8 000 mm **(fig. 7-15)**.

Les cyclones sont à l'origine de la plupart des grandes inondations, soit par débordement des cours d'eau, soit du fait des submersions marines. Les averses orageuses, les lignes de grain peuvent aussi à elles seules générer des crues.

Réseau hydrographique

De modeste superficie, l'île de la Martinique n'en comporte pas moins un vaste réseau hydrographique de plus de 70 cours d'eau, dont la moitié environ sont pérennes. Les bassins versants sont modestes. Leur superficie dépasse rarement 15 km^2. Les deux plus importants au nord sont ceux des rivières Capot (34,1 km^2) et Lézarde (66,7 km^2). Leurs pentes très raides génèrent des écoulements avant tout de type torrentiel. Dans le Sud, les bassins sont de taille plus réduite, avec des pentes moyennes nettement plus faibles (rivière Salée, rivière Pilote). Les écoulements sont de type mixte avec des vitesses moins élevées, notamment dans les petites plaines côtières.

Occupation du sol et enjeux

La population officielle est de 400 000 habitants environ (recensement 2008), avec un taux d'accroissement naturel important. La densité est très variable. Faible à l'intérieur de l'île, elle peut atteindre 900 hab./km^2 sur le littoral, et jusqu'à 2 300 hab./km^2 à Fort-de-France. Pour des raisons à la fois historique, géographique et économique, la bande côtière fait l'objet d'une pression foncière soutenue avec des enjeux urbains et humains conséquents.

Avant 1902, l'armature urbaine de l'île s'organisait autour d'un bipôle : Saint-Pierre (26 000 habitants à l'époque) capitale administrative, culturelle, économique de l'île, et Fort-de-France (22 000 habitants), centre des activités économiques et militaires. Après la catastrophe de la montagne Pelée en 1902, Fort-de-France a concentré toutes les fonctions de capitale régionale.

Aujourd'hui, la Martinique connaît un développement urbain accéléré, très dépendant des conditions du relief et des aléas climatiques. Les 34 communes de l'île ont des territoires relativement vastes (3 300 ha en moyenne). On distingue d'une part un habitat groupé, constitué en bourgs le long du littoral de préférence, et un habitat dispersé, développé sur l'ensemble du territoire. Sur la commune rurale du Vauclin par exemple, la moitié de la population se retrouve dans des quartiers ruraux, un quart dans des quartiers urbains en périphérie du bourg, et seulement un quart occupe le bourg même. Cette répartition spatiale est une spécificité de la Martinique.

L'agriculture recule progressivement mais assure encore 40 % des recettes d'exportation. D'une façon globale, les espaces naturels sont soumis aux mêmes tendances, avec une diminution de 2,3 % entre 1997 et 2003. En contrepartie, les espaces artificiels (zones urbaines…) ne cessent de croître en lien avec la pression démographique grandissante. Le phénomène de construction sans permis est en régression mais représente encore une part importante de l'habitat nouveau (30 % ?). Il alimente le mitage des zones naturelles et la *squattérisation* des espaces littoraux.

Typologie des inondations

Les inondations se répartissent en trois types principaux.

Les inondations par ruissellement

Elles sont le résultat de l'association des fortes pluies qui s'abattent sur le territoire et du problème d'évacuation des eaux piégées dans les zones basses (réseaux insuffisants). Cela concerne essentiellement les zones urbaines et la plaine centrale du Lamentin.

Les inondations par débordement de cours d'eau

Dans la partie nord de la Martinique, ces inondations ont avant tout un caractère torrentiel. Le transport solide est très important. L'arrachement de végétation le long des berges contribue également à la formation d'embâcles, accroissant le risque d'inondation en amont mais aussi en aval en cas de rupture soudaine. Sur le flanc ouest du volcan de la montagne Pelée, la rivière du Prêcheur est connue pour ses phénomènes particuliers de lahars. Les mouvements de terrain liés aux fortes précipitations peuvent à leur tour aggraver les effets des débordements. Les inondations concernent aussi la plaine du Lamentin, secteur aux pentes plus faibles.

Les inondations par submersion marine

Les submersions marines sont associées à la présence plus ou moins lointaine d'un ouragan. Les vagues de submersion sont produites par la marée de tempête ou par la houle cyclonique.

Pour ce qui est de l'exposition au risque d'inondation, le territoire Martiniquais peut être divisé en deux zones principales :

– le nord de l'île, zone de relief soumise au risque de crues torrentielles, ainsi qu'au risque de submersion marine ;

– la plaine centrale et le Sud au relief moins important, où les inondations sont essentiellement liées au ruissellement et au débordement de cours d'eau, avec toujours un risque de submersion marine. Ici, le sous-dimensionnement des ouvrages d'évacuation est souvent à l'origine des inondations.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 7-16)** pour illustrer la typologie précédente. En ce qui concerne l'intensité et la période de retour, l'ouragan Dorothy (1970) fait référence pour le XX^{e} siècle. L'ouragan Lenny (1999) se singularise par sa trajectoire et les épisodes de houle associés. Les submersions marines peuvent alors affecter durement la frange côtière, comme ce fut le cas lors de l'ouragan Dean (2007). Les bassins de la façade atlantique, comme celui de la Lézarde, sont régulièrement touchés (mai 2009). Les phénomènes torrentiels peuvent être particulièrement destructeurs (rivière du Prêcheur, juin 2010).

Cyclone Dorothy en août 1970 sur la Martinique

Le cyclone Dorothy aborde de plein fouet la Martinique les 20 et 21 août 1970. Il est classé en tempête tropicale (vent < 117 km/h). Les précipitations engendrées sont exceptionnelles sur toute l'île. Les maxima sont observés sur la partie au vent des reliefs, le long d'une bande nord-sud comprenant les bassins des rivières Madame et Monsieur, la commune du Lorrain, etc.

Figure 7-17. Inondations au Lamentin lors du cyclone Dorothy en août 1970.
Source : journal *France-Antille*

Les pluies sont constituées d'un corps d'averses très intenses cumulant sur deux à trois heures plus de 70 % du volume précipité de l'épisode (tab. 7-9). Cette structure est à l'origine de crues brèves, particulièrement violentes, et aux débits de pointe très élevés. Phénomènes « […] jamais observés aux Antilles depuis plusieurs générations et qui ne peuvent qu'évoquer les très fortes crues réunionnaises » (Orstom, 1970).

Tableau 7-9. Pluviométrie en mm mesurée les 20 et 21 août 1970 lors du cyclone Dorothy

Poste de mesure pluviométrique	Précipitations en 24 heures (du 20 août à 8 heures au 21 août à 8 heures)	Précipitations en 14 heures (du 20 août à 18 heures au 21 août à 8 heures)
Post-Colon (rivières Madame et Monsieur)	315,5	307
Morne Bellevue (confluence des bassins des Lorrain, Lézarde et Galion)	387	372
Sainte-Cécile (bassin de la Capot et du Lorrain)	318	268
Boucher (association modèle tropical, bassin de la rivière Blanche, du Lorrain et du Carbet)	277	253
Bassignac (bassin du Galion)	383	383

Le réseau hydrométrique de la Martinique était peu développé à l'époque. Il avait été presque entièrement détruit par la tempête Beulah en 1967. Une partie seulement

des installations était à nouveau en fonctionnement à l'arrivée du cyclone Dorothy. Toutes les stations de mesure ont été touchées, quatre d'entre elles furent emportées par les flots. Les débits (tab. 7-10) purent toutefois être reconstitués à partir des laisses de crue et de mesures réalisées en 1967 lors de la tempête Beulah.

Tableau 7-10. Débits estimés à l'occasion du cyclone Dorothy

Rivière/Localisation	Superficie (km^2)	Débit Q (m^3/s)
Rivière Madame		Environ 250
Rivière Monsieur/pont de Dillon	15,2	180
Rivière Blanche/Fond-Ferret	21,7	$Q > 300$
Rivière Lézarde/Soudon	56	$Q > 700$
Rivière Capot/Saint-Babin	33,5	$250 < Q < 300$
Rivière du Lorrain, pont de la Pirogue	29,8	Limnigraphe arraché par la crue : $Q > 500$

À Fort-de-France, on relève 85 cm d'eau devant la cathédrale (10 cm sur le parvis), à l'angle des rues Schœlcher et Père-Labat. C'est 30 cm de plus que lors de la tempête Beulah ou de la crue de 1958.

Les dégâts sont exceptionnels. L'événement cause la mort de 44 personnes et fait plus de 4 000 sinistrés (fig. 7-17). Outre les inondations, les pluies diluviennes sont à l'origine de nombreux glissements de terrain. Les dégâts subis par les routes, ponts et prises d'eau en rivières sont inhabituellement lourds. Les voies de communication sont coupées. Les agglomérations situées en aval des cours d'eau paient un lourd tribut (dégâts matériels, vies humaines) en particulier la ville de Fort-de-France (effondrement du pont de Chaîne et débordement consécutif de la rivière Madame). Les dégâts sont chiffrés à plus de 190 millions de francs au total, dont 130 millions pour les biens privés et 60 millions pour les biens publics.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Tempête tropicale accompagnée de fortes précipitations	• L'ensemble des rivières de l'île sont en crue • Fortes inondations à Fort-de-France	• 44 morts, 4 000 sinistrés • Dommages estimés à 190 MF

Ouragan Lenny et submersions marines sur la Martinique en novembre 1999

Né en mer des Caraïbes, l'ouragan Lenny (classe 4) a une trajectoire atypique d'ouest en est. On ne retrouve pas de cas semblable au cours des 113 dernières années. Cette singularité est à l'origine d'une houle cyclonique de direction sud-ouest - nord-est qui affecte particulièrement la côte sous le vent de la Martinique – communes de

Saint-Pierre, Carbet, etc. L'éloignement de l'épicentre du cyclone (plusieurs centaines de kilomètres) explique l'impact modéré des vents.

Les dégâts sont avant tout liés à la houle. On enregistre des vagues de près de trois mètres sur le littoral à l'origine d'une forte érosion et d'un certain nombre de destructions, principalement sur la façade caraïbe. Quelque 55 maisons sont détruites le long de la côte.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Ouragan de classe 4 sur l'île, avec une trajectoire ouest-est affectant la côte sous le vent	• Côtes caraïbes de la Martinique	• 90 % du front de mer caraïbe a subi des impacts

Cyclone Dean et submersions marines sur la Martinique en août 2007

L'ouragan Dean traverse l'arc des Petites Antilles le 17 août 2007. Les vents (maximum 209 km/h mesuré) comme les pluies sont exceptionnels (189 mm en 12 heures dans le Sud, dont 100 mm en une heure). L'œil passe au sud de l'île de la Martinique générant une forte houle qui vient durement impacter les côtes atlantiques et nord-caraïbes de l'île.

Des vagues de plus de huit mètres de haut sont enregistrées par le houlographe de Basse-Pointe, 8,50 m dans le canal de Sainte-Lucie (avec près de 1 330 m de champ) et plus de 10 m dans le canal de la Dominique, au large de Basse-Pointe (fig. 7-18).

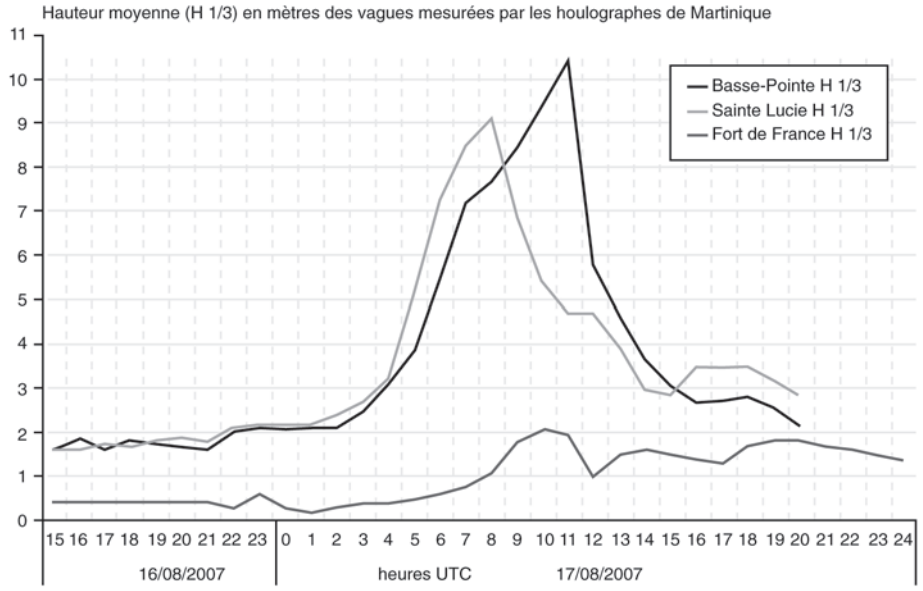


Figure 7-18. Hauteurs de houle lors du cyclone Dean en août 2008. Source : Météo-France

La côte caraïbe sud et la baie de Fort-de-France sont relativement épargnées. Les vagues ne dépassent pas 2,50 m de haut et 380 m de champ.

Le front de mer subit de plein fouet l'assaut des vagues. On relève de nombreux changements du trait de côte associés à des phénomènes d'érosion : plage des Abymes au Prêcheur, plage du port de pêche de Grande Rivière, plage de Belgrade à Trinité, et au sud les plages de Diamant, Salines, anse Trabaud et anse Grosse Roche. Les ouvrages de défense sont également fortement dégradés (digues à la mer, enrochements, quais), sans compter les projections de débris et le transport de sédiments.

La plage des Abymes au Prêcheur recule de près de 20 m et disparaît presque entièrement avec destruction de plusieurs cabanes de pêcheurs et des infrastructures avoisinantes. Même scénario à la plage du Diamant au sud de la Martinique, où le trait de côte s'avance dans les terres d'une dizaine de mètres en plusieurs endroits. Sur la côte caraïbe certaines plages (Macouba, Coin, anse Turin et pointe Faula) ont vu la formation d'un talus d'érosion. Quelques plages connaissent toutefois un engraissement de leur trait de côte par apport de sédiments marins ou fluviaux.

Les zones côtières soumises à la houle ont subi d'importantes inondations par surverse avec apport de matériaux divers (sable, débris). Plusieurs sites (le Lorrain, le Marigot, Sainte-Marie, le Vauclin, Sainte-Anne, Sainte-Luce) ont ainsi connu des inondations temporaires accompagnées d'importants dépôts de sable.

Au total, le bilan est lourd : trois décès, un blessé grave, 11 blessés légers (la part revenant aux inondations n'est pas connue), 1 318 maisons détruites, 7 562 autres partiellement endommagées, 145 bateaux coulés ou échoués.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Ouragan de classe 3 sur l'île, accompagné d'une houle cyclonique importante	• Front de mer, particulièrement sur la côte atlantique	• 3 morts, nombreux dégâts matériels

Inondations sur la Martinique liées aux intempéries de mai 2009

Le mois de mai 2009 est marqué par un épisode pluvieux de forte intensité en Martinique **(fig. 7-19)**. Entre le 4 et le 5 mai, on relève jusqu'à 350 mm de pluie en 24 heures à proximité de la commune de La Trinité. Les secteurs les plus exposés sont le Centre-Nord atlantique et le Sud-Centre (bassin versant de la rivière Lézarde).

La forte pluviométrie associée à la saturation des sols entraîne un important ruissellement et le débordement de la plupart des cours d'eau des secteurs concernés. De nombreuses zones habitées ou d'activité sont sous les eaux.

Les débits de pointe sont exceptionnels. Ils dépassent la décennale sur 16 des 34 communes que compte l'île. À La Trinité et Le Robert, les périodes de retour avoisinent les 50 ans. Dans la plaine du Lamentin, elles sont comprises entre 20 et 50 ans.

Les dommages matériels sont importants dans toute la partie centrale et nord-atlantique de la Martinique. On relève plusieurs décès par noyade sur la commune du

Saint-Esprit. De nombreuses maisons sont inondées. Au Lamentin, la rivière Lézarde cause d'importants dégâts. Le centre commercial est sous 70 cm d'eau. La route nationale 5, principal axe nord-sud de l'île, est submergée. Les dégâts sont exceptionnels au nord-est de l'île sur les communes du François et de La Trinité : nombreuses maisons inondées, routes coupées. La sucrerie du Galion est fortement impactée (installations, stocks). On note par ailleurs de très nombreux glissements de terrain.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de pluies tropicales • Épisode pluviométrique intense localisé sur le centre de l'île	• Plaine du Lamentin, rivières du centre de la Martinique en crue	• Plusieurs décès, nombreuses routes coupées et maisons inondées

Laves torrentielles de la rivière du Prêcheur les 19 et 20 juin 2010

Drainant le flanc ouest du volcan de la montagne Pelée, la rivière du Prêcheur, et son principal affluent la rivière Samperre, sont les seules à connaître des phénomènes de laves torrentielles de type lahars en Martinique. La tête de bassin est constituée par les récentes accumulations de cendres de la montagne Pelée (éruptions de 1902 et 1929) qui forment au niveau du piton Marcel des escarpements hauts de 200 m. Très instables ces matériaux s'éboulent directement dans le lit de la rivière Samperre. À l'occasion des fortes pluies tropicales, ces matériaux sont remobilisés sous forme de laves torrentielles qui, en aval de la confluence avec la rivière du Prêcheur, viennent alimenter un vaste cône de déjections.

De nombreux écoulements de cette nature ont été observés par le passé au niveau du bourg du Prêcheur (1980, 1997 et 1998). En 1980, la lave emporta le pont et atteignit la mer. L'épisode de juin 2010 est comparable tant en intensité qu'en dommages induits. L'événement est précédé par un éboulement majeur du piton Marcel, le 11 mai. Une première lave torrentielle se forme le 17 mai, sans conséquences dommageables. L'écoulement des 19 et 20 juin est beaucoup plus important. Les ouvertures du pont du Prêcheur sont totalement obstruées et le lit de la rivière entièrement comblé. La boue s'élève à plus de 30 m dans la partie resserrée de la rivière Samperre. Malgré les précautions techniques d'usage, les capteurs du système d'annonce de crues sont emportés.

Une première lave torrentielle survient à 3 h 30 le 19 juin, suivie d'une seconde une heure plus tard. Le système de surveillance endommagé ne peut délivrer comme prévu l'alerte dans le bourg du Prêcheur et à l'observatoire de la Montagne. Des blocs rocheux de plusieurs dizaines de tonnes viennent s'encastrer sous le tablier du pont du Prêcheur qui est bientôt submergé. Le deuxième écoulement, constitué également de plusieurs vagues, débute dans la soirée du 19 pour s'achever dans la matinée du 20 juin (fig. 7-20).

Au total, les dégâts sont sans précédent. La lave déborde en rive droite et envahit une partie du quartier des Abymes (commune du Prêcheur). Une quinzaine de maisons sont touchées. La boue atteint 40 cm de hauteur dans les pièces. La circulation

routière est coupée et les réseaux hors-service. En amont du pont, des bus stationnés sur la plate-forme sont entraînés. Enfin, le lit de la rivière est comblé de matériaux depuis son embouchure jusqu'aux gorges.

a)

b)

Figure 7-20. Rivière du Prêcheur après le passage de la lave torrentielle le 20 juin 2010 au bourg du Prêcheur. Source : Medde ; photos A. Comte

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime d'averse tropicale • Laves torrentielles	• Bourg du Prêcheur	• Maisons remplies de boue, pont coupé, bus emportés

Les inondations dans le district de Mayotte

Géographie

Mayotte **(fig. 7-21)** est un département français d'outre-mer situé dans l'océan Indien, à l'extrême nord du canal du Mozambique, entre le Mozambique et Madagascar. Sa superficie est de 375 km^2 pour une population officielle de 186 000 habitants en 2007.

Mayotte est un petit archipel volcanique des Comores, composé de deux îles principales, Grande-Terre et Basse-Terre, et d'une trentaine de petits îlots disséminés dans un lagon de plus de 1 500 km^2. C'est la plus ancienne île de l'archipel des Comores et à ce titre elle possède un relief moins accentué du fait de l'érosion et de l'enfoncement de son plateau. L'île principale, Grande-Terre (365 km^2), découpée et pentue, est formée de petits massifs érodés dominés par le mont Bénara (660 m). Basse-Terre est constituée par l'îlot de Pamandzi et le rocher de Dzaoudzi, tous deux reliés par une digue.

Climat et précipitations

Située dans l'hémisphère sud entre l'équateur et le tropique du Capricorne, Mayotte a un climat de type tropical humide. Les cumuls pluviométriques annuels sont relativement importants. Ils s'échelonnent entre 1 000 et 2 000 mm du sud-est au nord-ouest. L'année se partage en deux saisons principales. La saison des pluies correspond à l'été austral, d'octobre à mars. Elle débute par l'arrivée de la mousson. Les températures et taux d'humidité sont alors particulièrement élevés. C'est aussi la période du passage des cyclones et des dépressions tropicales. Ces phénomènes restent toutefois relativement rares du fait de la barrière protectrice assurée par Madagascar. Quatre cyclones et une dizaine de dépressions tropicales ont touché l'île entre 1976 et 2002. Leur survenue peut avoir des conséquences très lourdes, accentuées encore par les traits du relief. La saison sèche correspond à l'hiver austral, entre avril et septembre. Les alizés secs rafraîchissent alors l'atmosphère, le taux d'humidité décline et les pluies se raréfient.

Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de Grande-Terre est composé de nombreuses ravines et d'une vingtaine de rivières pérennes. Leurs débits sont très faibles en dehors des épisodes pluvieux. Les connaissances hydrologiques sur les cours de Mayotte restent toutefois encore très fragmentaires. Faute de relevés, les niveaux maxima sont donnés

par les laisses de crue. Une vingtaine de stations hydrométriques ont été implémentées au cours des dernières années.

Occupation du sol et enjeux

La population est répartie principalement sur le littoral, avec des concentrations plus importantes sur Petite-Terre et dans la zone urbaine de la capitale Mamoudzou. Les bourgs (appelés villages à Mayotte) sont en général implantés aux embouchures des cours d'eau, dans la zone de contact avec la mer. Sur les 17 communes du département de Mayotte, quatre possédaient, au recensement 2007, plus de 10 000 habitants : Mamoudzou, Koungou, Dzaoudzi et Dembeni, avec respectivement 53 002, 19 831, 15 339 et 10 141 habitants.

Depuis une trentaine d'années, Mayotte connaît un phénomène d'urbanisation important, soutenu par un très fort accroissement de la population, multipliée par quatre au cours de la période. Cette pression démographique et le manque de disponibilité foncière ont induit une urbanisation dans des zones où les risques naturels sont très présents. De ce fait, de nombreuses constructions se trouvent aujourd'hui en bordure directe des lits des cours d'eau ou en front de mer. Par ailleurs, la forêt tropicale autrefois largement présente sur l'île a fait l'objet depuis une vingtaine d'années de défrichements en lien avec l'urbanisation. Les phénomènes d'érosion ont ainsi été aggravés.

Les zones les plus sensibles aux inondations sont situées au nord et au centre de l'île de Mayotte où les pentes sont importantes, plutôt orientées nord - nord-ouest, et où la pluviométrie est élevée.

Typologie des inondations

On rencontre trois principaux types d'inondation sur l'île de Mayotte : ruissellements, débordements de cours d'eau, submersions marines. La plupart du temps, ces phénomènes sont associés au passage des cyclones ou à des orages plus localisés, chacun étant à l'origine d'une pluviométrie abondante.

Les inondations par ruissellement

Elles sont générées par de fortes pluies (cumuls supérieurs à 100 mm en 24 heures). Ces phénomènes concernent avant tout les zones urbanisées où les réseaux d'écoulement des eaux pluviales et les conditions naturelles limitent l'évacuation. C'est le cas par exemple de la zone d'activité de Kaweni à Mamoudzou, installée sur une ancienne mangrove.

Les inondations par débordement de cours d'eau

À Mayotte, ce type d'inondation est associé essentiellement aux crues rapides en lien avec un contexte de fortes pentes et de précipitations intenses. Elles prennent souvent un caractère torrentiel avec une importante capacité de charriage des matériaux issus de l'érosion des versants ou de la végétation arrachée aux berges. Ces écoulements empruntent généralement le lit des ravines. Les embâcles sont fréquents, avec un risque accru tant en amont, du fait du barrage, qu'en aval, en cas de débâcle

soudaine. Les inondations lentes concernent principalement les zones basses littorales où les eaux de ruissellement ne peuvent, dans certains cas, ni être absorbées par les sols, ni être évacuées du fait de la topographie locale.

Les inondations par submersion marine

À Mayotte, elles sont associées à la présence plus ou moins lointaine d'un cyclone ou d'une tempête tropicale. Ces phénomènes sont à l'origine de vagues de submersion, soit par la marée de tempête (augmentation du niveau marin liée à la dépression atmosphérique au niveau du cyclone et aux vents latéraux, qui créent à la fois une aspiration de l'eau vers le haut et une accumulation d'eau), soit par la houle cyclonique (vagues précédant le cyclone et liées aux vents forts). L'aléa de référence submersions marines identifié sur Mayotte correspond à une surcote maximale de 4,50 m.

Inondations remarquables

Trois événements ont été retenus **(fig. 7-22)** pour illustrer la typologie précédente. Deux sont liés à des tempêtes tropicales (Feliksa en 1985 et Fame en 2008) et un associé à une pluviométrie importante en août 1985. Aucun n'est relatif à une submersion marine. Rappelons que l'histoire des inondations est très peu documentée sur l'île pour au moins trois raisons : un réseau de mesure relativement récent ; une urbanisation très dynamique avec des enjeux eux aussi très récents ; et une mémoire écrite peu développée au regard d'événements (crues rapides) relativement courants.

Tempête tropicale Feliksa et inondations sur Mayotte en février 1985

Née dans le canal du Mozambique le 12 février 1985, la tempête tropicale Feliksa aborde l'île de Mayotte à partir du 15 février en fin d'après midi **(fig. 7-23)**. Elle engendre d'importantes précipitations les 15 et 16. À Mamoudzou, on relève 239,2 mm dans la nuit, dont 79,3 mm uniquement entre 22 et 23 heures. Le 15 février, on enregistre 207,1 mm à Combani et 245,9 mm à Dzoumonyé. Cette dernière station cumule un total de 575 mm sur l'épisode.

La tempête tropicale Feliksa se manifeste après une période particulièrement humide. En effet, au cours des semaines précédentes, une instabilité météorologique a déjà engendré de nombreux épisodes pluvieux. La saturation des sols renforce ainsi la capacité de ruissellement des pluies. De nombreuses ravines et rivières entrent en crue et débordent. Aucune mesure limnimétrique ou de débit n'est réalisée à l'époque. Les précipitations génèrent également toute une série de glissements de terrain qui impactent fortement les cultures. La ville de Sada est particulièrement touchée par ces phénomènes.

L'ensemble de l'île de Mayotte est fortement impacté (*Journal de Mayotte* du 22 février 1985). Les inondations surviennent en pleine nuit et surprennent les habitants dans leur sommeil. Les habitations exposées sont rapidement submergées. Le réseau routier et les ouvrages d'art sont tout particulièrement affectés par les débordements et les glissements de terrain : colline de Moinatrindi, descente de Tsoundzou, pont de Dzoumonyé, etc. La zone industrielle de Kaweni, construite sur la mangrove, est

gravement atteinte. Un dépôt proche de la route nationale est envahi par un mètre d'eau et de boue. Des crues sont observées sur un grand nombre de rivières (notamment la Kwalé) encore obstruées par les éboulements causés l'année précédente par le cyclone Kamisy.

Au total, les dégâts sont estimés à 60 millions de francs (environ 9 M€), dont 40 pour le seul réseau routier.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de tempête tropicale avec une forte pluviométrie • Arrivée des inondations en pleine nuit	• Ensemble des rivières et ravines de l'île	• Dégâts considérables, nombreux glissements de terrain

Dépression tropicale Fame et inondations sur Mayotte en janvier 2008

La tempête tropicale Fame naît le 23 janvier 2008 au nord du canal du Mozambique et se dirige sur Mayotte suivant une trajectoire globalement nord-est - sud-est **(fig. 7-24)**. Elle passe à l'est de Mayotte le 24 avant de stationner au sud de l'île entre le 25 et le 26 janvier. Le vent souffle en moyenne à 101 km/h et 143 km/h en rafales. La pression minimale est de 982 hPa le 26 janvier. La tempête s'intensifie ensuite, et quitte l'île direction sud en adoptant une trajectoire globale de type parabolique.

Mayotte reçoit des pluies diluviennes pendant quatre jours. Les cumuls sont conséquents, particulièrement les 23 et 24 janvier **(fig. 7-25)**. Les fortes précipitations génèrent des crues notables (tab. 7-11) et sur les cours d'eau et ravines sèches.

Tableau 7-11. Débits et hauteurs d'eau maximaux lors du passage de Fame.
Source : Deal Mayotte

Cours d'eau	Superficie (km^2)	Débit (m^3/s)	Hauteur (m)
Mwala	4,4	12	
Bouyouni bas	8,39	12,4	
Kwalé	12,5		2,31

Les dégâts sont très importants (fig. 7-26). Plus de 4 000 foyers sont privés d'électricité, deux bateaux font naufrage. On ne déplore aucune perte humaine.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de tempête tropicale	• Ensemble des ravines de l'île de Mayotte	• Nombreux glissements de terrain, dégâts matériels importants

a)

b)

Figure 7-26. Après la crue de janvier 2008 : (a) rivière Kwalé ;
(b) rivière Dangoni à Bandrélé. Source : Deal Mayotte

Au total, 94 événements naturels liés au passage de Fame ont été recensés, dont 52 glissements de terrain, 36 éboulements ou chutes de blocs et 6 coulées de boue. Tous phénomènes confondus, Bandraboua et Mamoudzou sont les deux communes les plus affectées avec 11 événements.

Inondations sur Mayotte des 14 et 16 décembre 2008

L'épisode du 15 décembre 2008 intervient suite à une période déjà particulièrement pluvieuse commencée en octobre. Du 1er octobre au 13 décembre, le cumul pluviométrique atteint 512 mm à la station de Pamandzi, 749 mm à Dembeni et 501 mm à Bandrélé.

Les 14, 15 et 16 décembre, une nouvelle perturbation traverse le nord du canal du Mozambique et touche Mayotte. Les pluies débutent le 14 en milieu de journée. Les intensités maximales sont atteintes le 15 décembre en matinée. Les cumuls sur deux jours **(fig. 7-27)** atteignent 258 mm à Mamoudzou, 197,6 mm à l'aéroport de Pamandzi. La saturation des sols multiplie les ruissellements qui font réagir rapidement les cours d'eau et ravines sèches de l'île (fig. 7-28).

Les hauteurs d'eau observées sont très importantes pour les bassins versants considérés (tab. 7-12) et sont supérieures à celles constatées lors du passage de la tempête Fame en début d'année.

Tableau 7-12. Hauteurs d'eau maximales mesurées le 15 décembre 2008. Source : Deal Mayotte

Cours d'eau	Superficie (km²)	Hauteur (m)
Ouroveni	19,6	2,27
Kwalé	12,5	3,09

Les dégâts sont essentiellement matériels. De nombreuses routes et voies de communication sont obstruées, des glissements de terrain et éboulements sont observés. Aucun décès n'est à déplorer, mais on relève néanmoins deux blessés.

Figure 7-28. Ruissellement à Petite-Terre lors de l'épisode de décembre 2008. Source : Deal Mayotte

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Régime de pluies tropicales intenses • Épisode faisant suite à une période humide	• Ensemble des ravines de l'île, avec des débits plus importants sur les rivières du Nord	• Nombreux dégâts matériels (routes, ouvrage d'art…)

Les inondations dans le district de La Réunion

Géographie

La Réunion **(fig. 7-29)** est un département français d'outre-mer situé dans l'océan Indien. Sa superficie est de 2 512 km^2 pour une population officielle de 833 000 habitants au 1er janvier 2010.

La Réunion s'est constituée sur la base de deux édifices volcaniques, l'un ancien (le piton des Neiges, 3 071 m d'altitude) et l'autre plus récent et toujours actif (le piton de la Fournaise, 2 632 m d'altitude). Ces deux volcans structurent le territoire de la manière suivante :
– sur la partie nord, l'activité érosive liée au démantèlement de l'édifice du piton des Neiges a conduit à la création des trois cirques de Mafate, Cilaos et Salazie. À partir des remparts surplombant ces cirques se développent des planèzes aux pentes fortes (de l'ordre de 8 à 12°), striées par le réseau hydrographique, qui rejoignent l'océan ou de petites plaines littorales ;
– la partie sud, centrée sur le piton de la Fournaise, est caractérisée par l'existence d'une vaste caldeira rejoignant directement l'océan, les coulées volcaniques s'épandant préférentiellement dans cet espace, dont les flancs sont entaillés par de larges rivières (rivière de l'Est, des Remparts, Langevin).

Climat et précipitations

L'île de La Réunion est soumise à un régime tropical humide, fortement structuré par la présence du relief et un régime d'alizé en provenance du nord-est. La côte au vent (Est et Nord) se caractérise par des précipitations annuelles moyennes comprises entre 2 000 et 6 000 mm/an, alors que la pluviométrie moyenne de la côte sous le vent (Sud et Ouest) est de l'ordre de 1 000 à 2 000 mm/an. Au-delà de cette disparité spatiale, la pluviométrie de La Réunion est marquée par deux saisons distinctes :
– l'hiver austral ou saison sèche, de mai à novembre, avec des températures plutôt fraîches et des pluies peu fréquentes ;
– l'été austral ou saison humide, de décembre à avril, nettement plus chaud et pluvieux avec des précipitations extrêmes associées ou non aux phénomènes cycloniques.

Les cyclones sont à l'origine de nombreuses inondations, liées aux importants cumuls pluviométriques et aux submersions marines qu'ils provoquent. Des phénomènes pluvieux, localement intenses, peuvent également entraîner des inondations : averses orageuses, lignes de grains… La conjugaison des phénomènes cycloniques avec l'existence de sommets élevés, susceptibles de bloquer les masses nuageuses, explique les

records mondiaux d'intensité de pluie enregistrés à La Réunion pour les périodes comprises entre 12 heures et 15 jours (tab. 7-13).

Tableau 7-13. Records mondiaux de précipitation sur l'île de La Réunion (cumuls sur des durées comprises entre 12 heures et 15 jours)

Durée	Lieu	Événement	Pluviométrie (en mm)
12 h	Foc-Foc[1]	Denise (1966)	1 144
24 h	Foc-Foc	Denise (1966)	1 825
48 h	Aurère[2]	Cyclone 1958	2 467
72 h	Commerson[3]	Gamède (2007)	3 929
4 j	Commerson	Gamède (2007)	4 869
5 j	Commerson	Gamède (2007)	4 979
6 j	Commerson	Gamède (2007)	5 075
7 j	Commerson	Gamède (2007)	5 400
8 j	Commerson	Gamède (2007)	5 510
9 j	Commerson	Gamède (2007)	5 512
10 j	Commerson	Hyacinthe (1980)	5 678
11 j	Commerson	Hyacinthe (1980)	5 949
12 j	Commerson	Hyacinthe (1980)	6 051
15 j	Commerson	Hyacinthe (1980)	6 083

1. Plateau situé vers 2 200 m d'altitude, en limite de la caldeira de l'enclos Fouqué du piton de la Fournaise.
2. Hameau dans le cirque de Mafate (926 m).
3. Cratère Commerson à 2 223 m d'altitude, situé en surplomb de la rivière des Remparts à 5 km de la caldeira du piton de la Fournaise.

Réseau hydrographique

Le réseau hydrologique de La Réunion est caractérisé par une structure essentiellement radiale, particulièrement dense, conduisant à l'existence de plus de 30 000 km de ravines marquées par une forte variation saisonnière des écoulements. La plupart de ces ravines sont à sec une grande partie de l'année. À titre d'exemple, sur la rivière des Galets (112 km^2), le débit d'étiage est de l'ordre de quelques mètres cubes par seconde alors que le débit de crue centennale est de l'ordre de 2 500 m^3/s. C'est l'équivalent du débit de la crue de la Seine à Paris en janvier 1910 (43 800 km^2).

Différents types de rivières composent ce réseau hydrographique :
– les rivières à écoulement permanent originaires des cirques de Mafate (rivière des Galets), Cilaos (rivière Saint-Étienne) et Salazie (rivière du Mât), ces cours d'eau présentent les bassins versants les plus vastes (supérieurs à 110 km²) et drainent les zones les plus touchées par les mouvements de terrain. La conjugaison de ces éléments est à l'origine d'un transport solide extrêmement important lors des crues, comme en attestent les larges cônes alluviaux à leur embouchure ;
– les ravines situées dans l'Est et le Nord peuvent présenter des caractéristiques proches de celles des rivières évoquées ci-dessus, la taille plus modeste des bassins versants

conduisant toutefois à des cônes alluviaux plus restreints, où les lits ont généralement été contraints à l'intérieur de protections longitudinales. À titre d'exemple, on peut citer la rivière des Marsouins, la rivière des Pluies ou la ravine Patate à Durand ;
– les ravines situées dans l'Ouest ou le Sud, où les écoulements sont en général intermittents et le transport solide plus réduit, à l'exception notable toutefois des rivières des Galets et Saint-Étienne précédemment évoquées. Dans le secteur de la planèze du piton de la Fournaise, du Tampon-Saint-Pierre à Sainte-Rose, la structure géologique confère trois caractéristiques particulières, d'une part un réseau hydrographique fortement influencé par les événements volcaniques (formation de la rivière des Remparts, rivière Langevin) ; d'autre part, un taux d'infiltration d'eau important qui peut atteindre 80 % sur certains secteurs ; et enfin, des phénomènes de diffluence liés à des coulées volcaniques récentes et à l'absence d'un réseau hydrographique suffisamment ancien et marqué.

Les ravines se caractérisent par des temps de concentration faibles (maximum : 4 heures), ce qui réduit considérablement les délais d'alerte et de prévision des crues.

Occupation du sol et enjeux

L'occupation du sol est fortement liée au relief de l'île, avec une population concentrée essentiellement sur le littoral. La moitié des Réunionnais vivent dans les quatre communes de Saint-Denis (145 000 hab.), Saint-Paul (103 000 hab.), Saint-Pierre (79 000 hab.) et Le Tampon (73 000 hab.). La densité moyenne de population, de l'ordre de 330 hab./km^2 (pour 110 en métropole), cache de fortes disparités entre la frange littorale fortement peuplée (80 % de la population est installée entre 0 et 400 m d'altitude) et les hauts où l'habitat est diffus. L'altitude structure nettement l'espace : espaces naturels et forestiers sur les hauteurs, espaces agricoles sur les territoires intermédiaires associés à un habitat dispersé, urbanisation plus dense au fur et à mesure que l'on se rapproche de la zone littorale. C'est là que se retrouve l'essentiel des infrastructures de transport.

Au regard des caractéristiques topographiques de l'île, plusieurs catégories d'enjeux se retrouvent régulièrement exposés aux inondations :
– l'habitat est généralement l'élément le plus affecté par les phénomènes cycloniques, même s'il est difficile de distinguer clairement les impacts liés aux inondations de ceux liés au vent. L'habitat précaire, qui représente selon l'Agorah 6 % du parc de logement réunionnais (2010), est aussi celui qui est le plus vulnérable aux inondations car souvent implanté dans des zones fortement exposées ;
– le réseau routier est fortement contraint par la structure radiale du réseau hydrographique de l'île. Les différents ouvrages destinés à franchir les ravines sont de fait exposés aux risques de submersions (radiers) ou d'érosion/transport solide (cf. rivière Saint-Étienne en 2007). La vulnérabilité est particulièrement élevée sur les sections sans itinéraires alternatifs, notamment ceux permettant d'accéder aux cirques de Mafate, Cilaos et Salazie ;
– les ports et aéroports de l'île constituent des éléments fondamentaux dans l'économie réunionnaise. Aussi, la vulnérabilité de ces espaces est-elle importante, non en raison d'une exposition plus forte aux aléas, mais du fait de l'enjeu que représente leur maintien en état ;

– les réseaux (électricité, eau potable…) sont généralement exposés aux risques d'inondation pour des motifs qui peuvent être liés soit à l'exposition directe des structures (centrales, réseau de distribution, captages), soit à la turbidité de l'eau, impropre alors à la consommation durant plusieurs jours.

Notons que les ravines situées en milieu urbanisé ont fait l'objet, après le cyclone Hyacinthe (1980), d'un programme significatif d'endiguements. Si les conséquences des inondations courantes ont ainsi été fortement réduites, la situation a été fragilisée au-delà de la capacité d'écoulement entre les digues, avec des écoulements rapides potentiels en secteur fortement urbanisé.

Les zones basses exposées aux inondations par submersion marine sont essentiellement concentrées sur la frange ouest de l'île entre Saint-Paul et Saint-Pierre. Des submersions ponctuelles par houles cycloniques peuvent néanmoins se produire sur la partie nord-est.

Typologie des inondations

On distingue trois types principaux d'inondation sur l'île de La Réunion, le plus souvent en lien avec le passage d'un cyclone.

Les inondations par débordement de cours d'eau

Compte tenu du relief et des fortes pentes, ces phénomènes prennent essentiellement la forme de crues torrentielles. Ils charrient les matériaux issus de l'érosion des versants et du lit. Ces crues peuvent s'accompagner localement d'importantes érosions de berges ou d'évolutions rapides du fond du lit (engraissement ou creusement). Sur les planèzes, le faible encaissement des ravines et leur mise en connexion sont à l'origine de phénomènes de diffluence.

Les inondations par ruissellement

Les fortes intensités pluviométriques et les ravines sèches sont propices à ces phénomènes. En zone urbaine, l'insuffisance des réseaux d'évacuation peut encore en renforcer les effets.

Les inondations par submersion marine

Elles ont deux origines principales à La Réunion : la houle cyclonique liée à la présence d'un cyclone plus ou moins proche de l'île – les côtes nord et est sont alors plus particulièrement exposées – ; la houle australe, née d'une forte dépression dans les mers du Sud, et qui, après plusieurs milliers de kilomètres, vient frapper le sud et l'ouest de l'île.

Inondations remarquables

Cinq événements ont été retenus **(fig. 7-30)** pour illustrer la typologie précédente. Les trois premiers sont associés au passage d'un cyclone (1948, Hyacinthe 1980, Firinga 1989) avec des vents violents et de fortes intensités de précipitation. Les deux derniers sont rattachés à des submersions marines, que ce soit du fait d'un cyclone (Gamède, 2007) ou d'une houle australe (mai 2007).

Cyclone de janvier 1948 sur La Réunion

Les 26 et 27 janvier 1948, un important cyclone frappe l'île de La Réunion. En provenance de l'est, sa trajectoire bifurque à 90° vers le sud et descend vers La Réunion en la frôlant à l'ouest. Le 26 janvier à 21 heures, les vents atteignent 140 km/h. Ils battent ensuite tous les records. Les anémomètres de la météo ne résistent pas, ni l'antenne TSF, installée au Barachois à Saint-Denis et prévue pour supporter des rafales de 300 km/h. Le passage du « Cyclone de 48 » est apparemment rapide et violent.

Le vent n'est pas la seule caractéristique importante de cet événement. Les pluies sont exceptionnelles : 1 129 mm pour la seule journée du 27 janvier à Grand-Bassin. Ces abats d'eau sont à l'origine d'inondations remarquables sur la plupart des ravines de l'île.

L'Ouest a été plus particulièrement impacté. Au total, on dénombre 165 morts, dont 58 à Saint-Paul. La majorité des victimes sont décédées du fait des eaux et non du vent, emportées soit par le raz-de-marée, soit par les ravines en crue, soit encore par les coulées de boue, comme cela se produit à l'hôpital de Saint-Paul (12 décès). À Saint-Leu, 16 morts sont recensés et 80 % des habitations de la commune sont détruites. Dans le cirque de Mafate, très isolé, le bilan très sévère, 20 morts et de nombreux dégâts matériels, n'est connu que plusieurs jours après. Le bilan total des dommages matériels s'élève à environ 3 milliards de francs CFA.

L'événement reste à ce jour encore relativement mal documenté.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Super-cyclone de classe 5 sur l'île	• Nombreuses zones inondées par les ravines en crue ou les submersions marines (particulièrement à l'ouest)	• Impacts importants sur l'ensemble de l'île : 165 morts, 3 milliards de francs CFA de dégâts

Cyclone Hyacinthe de janvier 1980 sur La Réunion

Le cyclone Hyacinthe est passé par trois fois très près de La Réunion entre le 18 et le 27 janvier 1980 **(fig. 7-31)**, entretenant la perturbation 14 jours durant. Si le phénomène n'a pas été particulièrement violent concernant le vent (niveau 2, vents inférieurs à 177 km/h), ce sont les passages successifs et les pluies associées qui ont provoqué d'importants dégâts.

La pluviométrie enregistrée **(fig. 7-32)** durant cette période est exceptionnelle sur la majorité de l'île : 1 742 mm en 24 heures à Grand Îlet, 1 090 mm à Commerson. Les cumuls les plus importants dépassent cinq à six mètres sur 11 jours ! Seule une étroite bande côtière, reliant Le Port à Saint-Pierre, reçoit moins d'un mètre d'eau au cours de la période. En dehors du littoral, les pluies sont rapidement supérieures à deux mètres et augmentent vers l'intérieur des terres. Les valeurs maximales sont situées dans les régions de Commerson (6 401 mm) et de Grand Îlet (5 237 mm), sur les hauteurs de l'île. D'une manière générale, la côte est et la zone centrale ont été les plus arrosées.

Cette pluviométrie exceptionnelle est à l'origine de nombreuses crues et inondations sur le territoire réunionnais (tab. 7-14). Les sols saturés génèrent un ruissellement généralisé. Les ravines fortement alimentées débordent et inondent alentour. De nombreux glissements de terrain surviennent le long des versants et occasionnent d'importants dégâts : maisons emportées, coupure d'axes de circulation.

Tableau 7-14. Débits maximaux lors du passage de Hyacinthe. Source : DDE Réunion

Cours d'eau	Superficie (km²)	Débit (m³/s)	Débit spécifique (m³/s/km²)
Rivière des Pluies	46	630 (T = 100 ans)	13,7
Rivière Saint-Denis	31	400 (T = 100 ans)	13
Rivière du Mât	159	2 500	15,7
Rivière des Roches	69	700	10,1
Rivière des Marsouins	109	540	5
Rivière des Remparts	65,8	450	6,8
Bras de Cilaos à Aloes	1 080	95,5	11,3

On dénombre, après le passage du cyclone Hyacinthe, 25 morts emportés par les eaux et 8 000 habitants sinistrés. Au total, 288 habitations sont détruites et 1 712 sont endommagées. Les dommages aux réseaux et aux cultures sont également très importants. Une estimation en 1980 fait état d'un montant de 676 millions de francs de dégâts.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Cyclone intense de catégorie 2 avec une trajectoire atypique (trois passages sur La Réunion)	• L'ensemble des ravines de l'île ont débordé	• Impacts très importants : 25 morts, 8 000 sinistrés, 676 MF de dégâts

Cyclone Firinga en 1989 sur La Réunion

Le cyclone tropical Firinga menace l'île de La Réunion à partir du 28 janvier 1989. Il suit une trajectoire nord-est - sud-ouest. Le sud de l'île (plaine des Cafres, Tampon, Saint-Pierre, Saint-Joseph) est plus particulièrement affecté et reste paralysé entre une et quatre semaines selon les secteurs. Au nord, les activités ont repris presque normalement le 30 janvier, soit deux jours à peine après le début de l'événement, ce qui est court pour un cyclone d'une telle intensité.

Si les vents enregistrés sont très violents, notamment au sud avec des rafales de 216 km/h enregistrées à Saint-Pierre et à la plaine des Cafres, l'intensité des précipitations est plus remarquable encore, surtout dans la partie méridionale de l'île. Les cours d'eau, très rapidement en crue (tab. 7-15), génèrent d'importants embâcles au passage des ponts maçonnés et des radiers surélevés. Les débits sur certaines rivières sont supérieurs à ceux enregistrés lors du passage du cyclone Hyacinthe.

Outre les débordements, de nombreux ruissellements affectent le secteur compris entre la plaine des Cafres, le Bras de la Plaine et la rivière Langevin (communes du Tampon, de Saint-Pierre, de Petite-Île et de Saint-Joseph en particulier).

Tableau 7-15. Débits maximaux lors du passage de Firinga en 1989. Source : DDAF Réunion

Cours d'eau	Lieu d'observation	Superficie (km^2)	Débit (m^3/s)	Débit spécifique ($m^3/s/km^2$)
Rivière des Pluies	Pont Debassins, Domenjod	46	220	4,8
Rivière Patates à Durand	Le long du canal d'endiguement	13,2	24	1,8
Rivière du Mât	Pont de l'escalier, crue normale	159	450	2,8
Rivières des Roches	Abondance	69	350 (T = 10 ans)	5
Ravine Bernica	Tan rouge (CD3)		70	
Ravine Blanche	Grande Ferme		130 (T > 50 ans)	
Rivière Langevin	Au niveau de la passerelle	55,2	900 (T > 50 ans)	16,3
Ravine d'Abord	RN 1	63	560	8,88
Ravine Petite-Île	RN 1		200	
Rivière des Galets			300	
Rivière des Remparts		65,8	1 100	16,7

On dénombre quatre décès et 61 blessés à Tampon et plus de 6 000 personnes sinistrées du fait de l'inondation ou de la destruction des habitations. Les importantes précipitations du cyclone Firinga ont également engendré de nombreux glissements de terrain (32 recensés), dont deux de grande ampleur sur la commune des Palmistes et au Tampon. Le réseau de communication a été fortement impacté par les différents phénomènes naturels. Une première estimation (février 1989) fait état d'un milliard de francs de dégâts. Parmi les causes de l'importance des pertes, certains dénoncent les nouvelles formes d'occupation du territoire, en particulier la multiplication des habitations dans les zones fortement exposées comme les bordures voire même le lit des ravines.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Cyclone de classe 4 sur l'île, avec des précipitations localisées	• Sud de l'île en majorité	• Impacts importants dans le sud-est de l'île : quatre morts, 6 000 sinistrés, un milliard de francs de dégâts, nombreux glissements de terrain

Cyclone Gamède et submersions marines sur La Réunion en février 2007

Le cyclone Gamède passe à proximité de l'île de La Réunion entre le 24 et le 28 février 2007 **(fig. 7-33)**. Malgré les dégâts occasionnés, il n'aura pas été un des phénomènes les plus violents tant en matière de vent (162 km/h à Petite France) que de pluie. L'île est fort heureusement toujours restée en dehors de la partie active. Les précipitations **(fig. 7-34)** sont néanmoins très importantes (2 586 mm sur quatre jours à Cilaos) et à l'origine de nombreuses crues (tab. 7-16). C'est essentiellement par la sévérité de l'agitation marine sur les côtes nord et nord-ouest de l'île que le phénomène s'est distingué.

Les hauteurs maximales du niveau marin enregistrées à l'occasion du passage du cyclone Gamède **(fig. 7-35)** sont les plus fortes observées à La Réunion depuis 50 ans. Elles sont dues à la proximité du phénomène qui pendant quatre jours reste à moins de 400 km des côtes, avec des vents toujours supérieurs à 110 km/h. Le tout a généré une houle cyclonique particulièrement importante. Des creux moyens de cinq et huit mètres sont enregistrés par les houlographes, avec des hauteurs de vagues pouvant atteindre plus de dix mètres au nord de l'île. Ces valeurs servent aujourd'hui de référence au PPR submersion marine.

Au premier passage de Gamède, la houle en provenance de l'est - nord-est frappe les côtes depuis Saint-Philippe jusqu'au Port. Elle s'oriente peu à peu au nord dans la journée du 25, plus franchement encore le 26, tout en conservant sa puissance avec des creux de six à huit mètres. Elle atteint la baie de Saint-Paul dans la nuit du 25 au 26, tandis qu'elle devient moins sensible au sud de Sainte-Rose. Dans la soirée du 27, la houle de nord atteint son maximum à 11,70 m mesurés à la Pointe du Gouffre, 10,90 m à Port-Est dans la baie de la Possession et 8,90 m à Port-Ouest et la rivière des Galets. Toute la côte nord, et particulièrement la baie de Saint-Paul, subit alors de plein fouet l'assaut des vagues.

Tableau 7-16. Débits de pointe lors de l'épisode Gamède en 2007. Source : DDE Réunion

Cours d'eau	Superficie (km^2)	Débit de pointe (m^3/s)	Débit spécifique ($m^3/s/km^2$)
Rivière des Pluies	46	222	4,8
Rivière Patates à Durand	13,2	37	2,8
Rivière Saint-Denis	31	142	4,5
Rivière des Marsouins	109	935	8,5

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Cyclone de classe 2 sur l'île et forte houle (supérieure à dix mètres) entraînant d'importantes submersions marines	• Ravines en crue et zone littorale	• 100 000 foyers privés d'électricité (pour 800 000 habitants), 100 M€ de dégâts

Le cyclone Gamède est à l'origine d'inondations très destructrices. Plus de 100 000 foyers sont privés d'électricité et d'eau. Au sud de l'île, le pont Saint-Étienne, qui relie Saint-Louis et Saint-Pierre, est détruit, paralysant fortement le retour à la normale dans la région. Le littoral est également fortement affecté. Les dégâts sont estimés à plus de 100 millions d'euros.

Houle australe et submersions marines sur La Réunion en mai 2007

Si le phénomène de houle australe est courant à La Réunion, celui de mai 2007 (du 12 mai à 12 heures au 14 mai à 0 heure) est particulièrement intense. Une tempête se développe du 11 au 13 mai au sud-est des îles Kerguelen. Elle génère un puissant flux de sud-ouest propice à la formation de houles profondes capables de remonter jusqu'aux Mascareignes. Le phénomène est particulièrement intense et exceptionnel à La Réunion où l'on enregistre une hauteur de vague de 11,30 mètres le 12 mai à 19 heures (tab. 7-17). L'événement constitue aujourd'hui la référence dans les PPR submersion marine des communes de Saint-Leu, Saint-Paul et Étang-Salé.

Tableau 7-17. Hauteurs de vagues maximales observées lors de l'événement de mai 2007

Lieu	Hauteur maxi (m)
Baie de la Possession (Port est)	1,2
Rivière des Galets (Port ouest)	6,7
Pointe du Gouffre	2,5
Saint-Pierre	11,3

L'épisode cause la mort de deux personnes à proximité du port de Saint-Pierre et d'importants dégâts sur l'ensemble de la côte sud de La Réunion – Saint-Pierre, Saint-Gilles et Saint-Leu. Outre les ports, de nombreuses habitations sont également endommagées ainsi que des équipements touristiques. À Saint-Paul, le camping des Finances est entièrement submergé. Plus de 300 constructions sont ravagées le long du littoral sud de l'île, sans compter les bateaux.

Particularité hydrométéorologique (genèse, intensité)	Zones inondées	Impacts
• Houle australe	• Très forte houle entraînant d'importantes submersions marines	• Nombreux impacts dans la zone sud et ouest de l'île : 2 morts, 300 constructions endommagées, dégâts sur de nombreux bateaux

Références

Sources

Antea, 1996. Cartographie des dégâts provoqués par les eaux de surface lors du passage de l'ouragan Marilyn en Basse-Terre les 14 et 15 septembre 1995, rapport pour la Diren.

Antea, 1997. Cartographie des dégâts provoqués par les eaux de surface lors du passage de l'ouragan Marilyn en Basse-Terre les 14 et 15 septembre 1995, étude complémentaire, rapport pour la Diren.

Barras A.-V., Oliveros C., Joseph B., Marimoutou C., 2008. Inventaire et caractérisation des impacts de la houle sur le littoral de la Martinique au passage de l'ouragan Dean (17 août 2007), rapport BRGM/RP-55954-FR, 53 p.

Barras A.-V., Comte A., 2009. Pluies du 5 mai 2009 sur le département de Martinique : état des lieux (rapport circonstancié) sur les glissements de terrain dans le cadre de la procédure de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, rapport final, BRGM, Diren.

BRGM, 2000. Les conséquences de la houle générée par le cyclone Lenny sur la côte sous le vent de la Guadeloupe, rapport final et annexes, RE-50169-FR.

BRGM, 2009. Enquête documentaire et historique sur les risques naturels en Guyane, mise à jour du rapport R40637, rapport RP-57325-FR, 222 p.

BRGM, 2011. Inondations survenues le 4 janvier 2011 en Grande-Terre, Guadeloupe : caractérisation et recommandations, rapport final RP-59934-FR.

Carex Environnement, 2000. Les effets de la houle cyclonique Lenny sur les activités de pêches et les restaurants installées sur le littoral nord-ouest des Caraïbes, proposition pour la réinstallation de ces activités.

Cete Méditerranée, 2008. Étude de l'événement météorologique Fame de fin janvier 2008 sur l'île de Mayotte.

Comité de bassin de Mayotte, 2009. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux 2010-2015, 96 p.

Conseil général de Mayotte, 2008. Plan d'aménagement et de développement durable de Mayotte, 117 p.

DDTM Guyane, 2001. PPRI de Kourou, Sinnamary, Macouria, Roura-Cacao, Île de Cayenne, Saint-Laurent-du-Maroni, Mana.

DDTM Guyane, 2006. Dossier départemental des risques majeurs de Guyane, Cayenne.

Deal Guadeloupe, 2011. Rapport CatNat, janvier.

Deal Réunion, 2010. Synthèse des événements : Firinga, cyclone tropical modéré (29 janvier 1989), rapport de données historiques.

Deal Réunion, 2010. Synthèse des événements : Hyacinthe cyclone tropical (16 au 27 janvier 1980), rapport de données historiques.

Direction de l'Équipement de Mayotte, 1985. Rapport du subdivisionnaire des bases aériennes, gestionnaire de l'aéroport Dzaoudzi-Pamandzi sur la dépression tropicale Feliksa.

Diren Martinique, 2009. Analyse des crues du 5 mai 2009 en Martinique, rapport préliminaire, Pascal Marras V.1 du 25 mai 2009, expertise CatNat.

Diren Mayotte, 2009. Bulletin de situation hydrologique de Mayotte, situation au 31 décembre 2008, 13.

Egis Eau, 2009. Étude de l'aléa inondation sur la commune de Montsinéry-Tonnegrande, rapport de phase I et phase II, DDE Guyane.

Geoter International, 2008. PPRN de la collectivité territoriale de Saint-Barthélemy, mise à jour de mai 2008, DDE Guadeloupe.

Geoter International, 2008. PPRN de la collectivité territoriale de Saint-Martin, mise à jour de mai 2008, DDE Guadeloupe.

Ginger, 2009. Analyse des crues du Maroni d'avril-mai 2006 et de mai-juin 2008, rapports de phase I et de phase II, DDE Guyane.

Koller M.-M., Barras A.-V., Stollsteiner P., 2009. Caractérisation et cartographie des zones inondées dans les bourgs impactés (côte atlantique et centre Martinique) par l'épisode pluvieux du 5 mai 2009, rapport BRGM/RP- 57554-FR, 123 p.

Mathon C., Barras A.-V., 2010. Risque d'occurrence de lave torrentielle dans la rivière du Prêcheur (mission du 11 au 17 juin 2010), rapport d'expertise BRGM/RP58697-FR, 19 p.

Mayer-Jouanjean I., Cœur D., 2013. Approfondissement de la démarche de capitalisation de l'information historique sur les inondations. Poursuite de la mobilisation des données sur l'île de La Réunion, convention DGPR/Irstea, programme inondation et aménagements à l'île de La Réunion, BDHI 2012, 230 p.

Mayoca M., 1998. Les cyclones à La Réunion, Météo-France, 48 p.

Météo-France s.d. Cyclones et dépression tropicales ayant intéressé directement ou menacé Mayotte depuis la fin du XIXe siècle.

Météo-France, 2007. Conséquences météorologiques du passage à proximité de La Réunion du cyclone tropical intense « Gamède » du 24 au 28 février 2007.

Météo-France, 2009. Île de Mayotte : fortes pluies du 15 décembre 2008, rapport.

Météo-France, 2009. Rapport concernant les pluies intenses en Martinique du 30 avril 2009 au 6 mai 2009.

Monfort M., Ruf L., 2005, 2009. Régime hydrologique des fleuves guyanais : étude fréquentielle des débits. Dreal Guyane, Cayenne.

Orstom, 1970. Premières observations recueillies lors du passage de la tempête tropicale « Dorothy » (20 au 21 août 1970), mission hydrologique aux Antilles, département de la Martinique.

Orstom, 1981. Les ressources en eau de surface de la Guadeloupe.

Pedreros R., Lecacheux S., Le Cozannet G., Blangy A. et De la Torre Y., 2009. HOULREU – Quantification de la houle centennale de référence sur les façades littorales de La Réunion, rapport BRGM/RP-57829-FR, 129 p.

SCHAPI, 2011. Expertise pour la mise en place d'une cellule de veille hydrométéorologique en Guyane, Deal Guyane.

SIDPC, préfecture de Mayotte, 2008. Rapport sur la dépression tropicale du lundi 15 décembre 2008.

SIDPC, préfecture de Mayotte, 2009. Retour d'expérience sur la tempête tropicale forte « Fame ».

Sogreah, 2005. AZI de Guyane, DDE Guyane.

Sogreah, 2007. PPRI de Saint-Leu. Risques liés aux houles cycloniques et australes : recensement des dégâts liés aux événements récents.

Sogreah, 2007. PPRI de Saint-Paul, risques liés aux houles cycloniques et australes : recensement des dégâts liés aux événements récents.

Sogreah, 2008. Analyse des relations entre hauteurs d'eau et dommages sur les rivières de l'île de La Réunion, recueil de données des crues historiques (phase 1).

Presse

Journal de Mayotte du 22 février 1985.

Publications

Barcelo A., 1996. Analyse des mécanismes hydrologiques en domaine volcanique insulaire tropical à relief jeune. Apports à la connaissance du bilan hydrique. Massif du piton de la Fournaise, île de La Réunion, thèse, USTL Montpellier II, 267 p.

Defos du Rau, 1959. Le relief de l'île de La Réunion, thèse de géographie, faculté des lettres de l'université de Bordeaux, 320 p.

Lorion D., 2000. Aménagements et risques d'inondationà l'île de La Réunion, thèse de doctorat, université de Paris X Nanterre, 529 p.

Mayer-Jouanjean I., 2011. L'île de La Réunion sous l'œil du cyclone au xx^{e} siècle. Histoire, Société, et catastrophe Naturelle, thèse, université de La Réunion, 473 p.

Saffache P., Marc J.-V., Huyghues-Belrose V., 2003. *Les cyclones en Guadeloupe : quatre siècles cataclysmiques*. Ibis Rouge éditions, 278 p.

Abréviations

AZI : atlas des zones inondables

BRGM : bureau de recherches géologiques et minières

CatNat : procédure générale de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle. La loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 modifiée, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (art. L.125-1 à L. 125-6 du Code des assurances) a pour objectif d'indemniser les victimes de catastrophes naturelles en se fondant sur le principe de la solidarité nationale

CM : cote marine

CMH : cote marine du Havre

CNR : compagnie nationale du Rhône

CNUM : conservatoire numérique des Arts et Métiers

DI : directive Inondation (directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation)

Dicrim : document d'information communal sur les risques majeurs

DDT : direction départementale des Territoires

DOM : départements d'outre-mer

Dreal : direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Épama : établissement public d'aménagement de la Meuse et ses affluents

EPRI : évaluation préliminaire du risque inondation

EPTB : établissement public territorial de bassin

hPa : hecto Pascal

ICPE : installation classée pour la protection de l'environnement

IPPC : directive n° 2008/1/CE relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution dite directive IPPC (« Integrated Pollution Prevention and Control »).

NGF : nivellement général de la France

NGG : nivellement général de la Guyane

PHEC : plus hautes eaux connues

PPRI : plan de prévention des risques d'inondation

PPRN : plan de prévention des risques naturels

PPRNPI : plan de prévention des risques naturels prévisibles d'inondation

Q : pour débit (exprimé en m^3/s pour les crues)

RIC : règlement de surveillance, de prévision et de transmission de l'information sur les crues

RTM : service de Restauration des terrains en montagne

SDIS : service départemental d'Incendie et de Secours

Seveso : directive 96/82/CE qui impose aux États membres de l'Union européenne d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs.

SHOM : service hydrographique et océanographique de la Marine

SHC : service hydrologique centralisateur

SPC : service de prévision des crues

SPC SACN : service de prévision des crues Seine aval et fleuves côtiers normands

SPC SAMA : service de prévision des crues Seine amont, Marne amont

SRAE : service régional de l'aménagement des eaux

T : pour période de retour (intervalle de temps moyen entre deux occurrences d'événement, exprimé en années)

ZIC : Zone intertropicale de convergence

Glossaire

Affouillement : action localisée des courants d'eau qui fouillent et érodent le lit ou les berges d'une rivière, ou dégradent les ouvrages d'art qui les bordent (piles de pont, quais, etc.).

Barthe : en Gascogne et au Pays basque, les plaines alluviales inondables qui longent les cours d'eau.

Bief : secteur d'une voie navigable compris entre deux écluses

Cadereaux : systèmes naturels d'évacuation des ruissellements pluvieux.

Coulée d'eau boueuse : coulée de boue, ou coulée boueuse.

Crique : autre nom d'une rivière en Guyane (cf. la crique Saint-Éloi, la crique Lézard).

Cumul des précipitations sur N jours : quantité de pluie observée sur N périodes successives de 24 h. En métropole, les relevés d'une journée J sont effectués du jour J à 6 h (UTC) au jour J + 1 à 6 h (UTC), soit 7 h-7 h en heure d'été, 8 h-8 h en heure d'hiver. Dans les DOM où il n'est pas nécessaire de changer d'heure, les relevés sont effectués à la même heure toute l'année : 6 h-6 h en Guyane, 7 h-7 h à La Réunion et à Mayotte, 8 h-8 h à la Guadeloupe et en Martinique.

Débitance : capacité d'écoulement d'un chenal découvert coulant à pleins bords, exprimée en m^3/s.

Diffluence : division d'un cours d'eau en bras qui ne se rejoignent pas (les défluents). Le fait est caractéristique des deltas.

Échelle limnimétrique : élément de lecture et d'enregistrement du niveau de l'eau. En lave ou tôle émaillée, elle est placée à la verticale ou en inclinaison, sur le bord de cours d'eau ou dans les canaux de comptages (entrée et/ou sortie) des ouvrages de traitement des eaux.

Exsurgence : source d'une rivière endogène, née à l'intérieur d'une masse calcaire de l'infiltration des eaux superficielles.

Hyétogramme : diagramme représentant l'intensité ou le cumul de précipitation en fonction du temps (à pas de temps fin)

Lahar : coulée boueuse dont les matériaux sont d'origine volcanique.

Marnage : amplitude des marées.

Mornes : petites collines dans les Antilles françaises.

Planèze : plateau de lave de forme triangulaire provenant de la dissection d'un édifice volcanique par des vallées rayonnantes.

Rec : ravin.

Renclôtures : endiguements par lesquels on annexe à la terre des portions de marais marins littoraux (Plais.-Caill. 1958).

Ried de l'Ill : zone de marais dans la plaine d'Alsace, secteur de Colmar. Le nom de « ried » caractérise aujourd'hui l'écosystème complexe des zones humides soumises aux inondations des cours d'eau et aux variations de profondeur de la nappe (le battement ou la battance), qui resurgit ponctuellement sous forme de sources phréatiques.

Seuil : en rivière, ouvrage fixe ou mobile qui barre tout ou partie du lit mineur contrairement au barrage qui, lui, barre plus que le lit mineur (glossaire sur l'eau, http://www.eaufrance.fr).

Talweg : se définit par opposition à la ligne de crête. Ligne de fond d'une vallée. Dans une vallée drainée, le talweg est le lit du cours d'eau.

Tranche : unité de production d'électricité. Une centrale peut regrouper plusieurs tranches.

Turbidité : capacité de l'eau à diffuser ou à absorber la lumière incidente. Mesurée par différentes méthodes de photométrie, elle peut être corrélée avec la teneur de matières en suspension (MES) exprimée en mg/l.

UTC (Universel Temps Coordonné) : échelle de temps commune adoptée par la majorité des pays du globe. Le fuseau horaire de la métropole correspond à UTC +1 en heure d'hiver, et UTC +2 en heure d'été.

Wateringues : dans les Flandres, ensemble des travaux d'assèchement des terres situées au-dessous du niveau de la mer ; réseau de canaux de drainage mis en place dans le cadre de ces travaux.

Contributions à la rédaction de l'ouvrage

District	Collecte d'information et première rédaction	Relecture par le service de l'État
Adour-Garonne	Caroline Merle, Émilie Bignon Raphaël Blanchard (UP « Adour ») Antoine Bard (UP « littoral atlantique »)	Christophe Sabot[1]
Artois-Picardie	Raphaël Blanchard	Aurélie Dubray, Julien Hénique[2]
Loire-Bretagne	Antoine Bard	Didier Vivet[3]
Rhin-Meuse	Charlotte Edelblutte	Régis Creusot[4] Aude Martin, Carine Rauch, Anne Weisse[5]
Rhône-Méditerranée et Corse	Bruno Bacq (UP « côtiers ouest », « Isère » et « littoral PACA ») Charlotte Edelblutte (UP « haut Rhône », « Rhône moyen » et « Saône ») Yannick Cadet (UP « Doubs ») Pascal Billy et Julien Langumier (UP « axe du Rhône ») Timothée Becker (District Corse) Laurent Bruckmann (UP « Ardèche-Gard ») Mathieu Delserieys (UP « Durance »)	Stéphane Jourdain[6] Thomas Grejon[7]
Seine-Normandie	Mathieu Delserieys, Raphaël Blanchard	Jean-Michel Helmer[8]
Départements d'outre-mer	Laurent Bruckmann	Aude Comte, Guillaume Steers[9] Jean-Luc Joseph[10] Laure Fossorier[11] Grégory Lefevbre[12] Emmanuel Hardouin[13]

[1] Dreal Midi-Pyrénées, Toulouse
[2] Dreal Nord-Pas-de-Calais, Lille
[3] Dreal Loire-Bretagne, Orléans
[4] Dreal Alsace, Strasbourg
[5] Dreal Lorraine, Metz
[6] Dreal Rhône-Alpes, Lyon
[7] Dreal Corse, Ajaccio
[8] Dreal Seine-Normandie, Gentilly
[9] Deal Guadeloupe, Basse-Terre
[10] Deal Guyane, Cayenne
[11] Deal Martinique, Fort-de-France
[12] Deal Mayotte
[13] Deal Réunion

Le travail de collecte des données et de première rédaction a été réalisé au second semestre 2011 par huit chargés d'étude (B. Bacq, A. Bard, É. Bignon, R. Blanchard, L. Bruckmann, M. Delserieys, C. Edelblutte et C. Merle) et trois ingénieurs des services de l'État (P. Billy, Y. Cadet et J. Langumier). Le texte a été relu et validé par les Dreal de bassin avant sa publication fin 2011 pour l'évaluation préliminaire du risque inondation (EPRI 2011).

Un travail spécifique d'harmonisation a été réalisé en 2012 et 2013 par Michel Lang et Denis Cœur, qui avaient assuré la coordination du volet historique de l'EPRI 2011.

Liste des auteurs

Bruno Bacq, géographe – bacq.bruno@hotmail.fr

Antoine Bard, consultant en hydrologie, 105 impasse du Champat, 38350 Nantes-en-Ratier – antoine.bard@hydro-consultant.com

Timothée Becker, géomaticien, Topomat technologies SA, 6 chemin Sus-la-Meule, 1297 Founex, Suisse

Émilie Bignon, chargée d'étude en risques naturels, Acthys-Diffusion, 233 chemin de Plate-Rousset, 38330 Biviers – bignonemilie@yahoo.fr

Pascal Billy, chargé de mission service prévention des risques, mission Rhône, Dreal Rhône-Alpes, place Jules Ferry 69453 Lyon, Cedex 06 – Pascal.billy@developpement-durable.gouv.fr

Raphaël Blanchard, chargé d'étude en risques naturels, Acthys-Diffusion, 233 chemin de Plate-Rousset, 38330 Biviers – raphael.blanchard05@hotmail.fr

Laurent Bruckmann, géographe, Irstea, unité de recherche hydrologie-hydraulique, centre de Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua, 69626 Villeurbanne Cedex – laurent.bruckmann@gmail.com

Yannick Cadet, adjoint au chef du service eau, risques, nature forêt DDT Franche-Comté – yannick.cadet@doubs.gouv.fr

Denis Cœur, historien, Acthys-Diffusion, 253 chemin de Plate-Rousset, 38330 Biviers – denis.coeur@orange.fr

Mathieu Delserieys, technicien digues et PAPI, syndicat mixte des bassins versants du Réart, de ses affluents et de l'étang de Canet-Saint-Nazaire (SMBVR), 3, rue des Fenouillèdes, parc d'activités Sud Roussillon, 66280 Saleilles – mdelserieys@reart66.fr

Charlotte Edelblutte, historienne, 6 rue Freddy Gremillot, 70400 Hericourt – charlotte.edelblutte@orange.fr

Michel Lang, hydrologue, Irstea, unité de recherche hydrologie-hydraulique, centre de Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua, 69626 Villeurbanne Cedex – michel.lang@irstea.fr

Julien Langumier, chargé de mission Dreal de bassin Rhône, Dreal Rhône-Alpes, place Jules Ferry 69453 LYON Cedex 06 – langumier@yahoo.fr

Caroline Merle, technicienne risques majeurs, Amiens métropole, Espace Dewailly, 1er étage, service gestion des risques, 3 place Louis-Dewailly 80000 Amiens – ca.merle@amiens-metropole.com

Cartes de localisation des inondations remarquables

Figure Intro-1. Découpage du territoire pour la France métropolitaine, au sens de la directive Inondation.
Source : LIG/Steamer

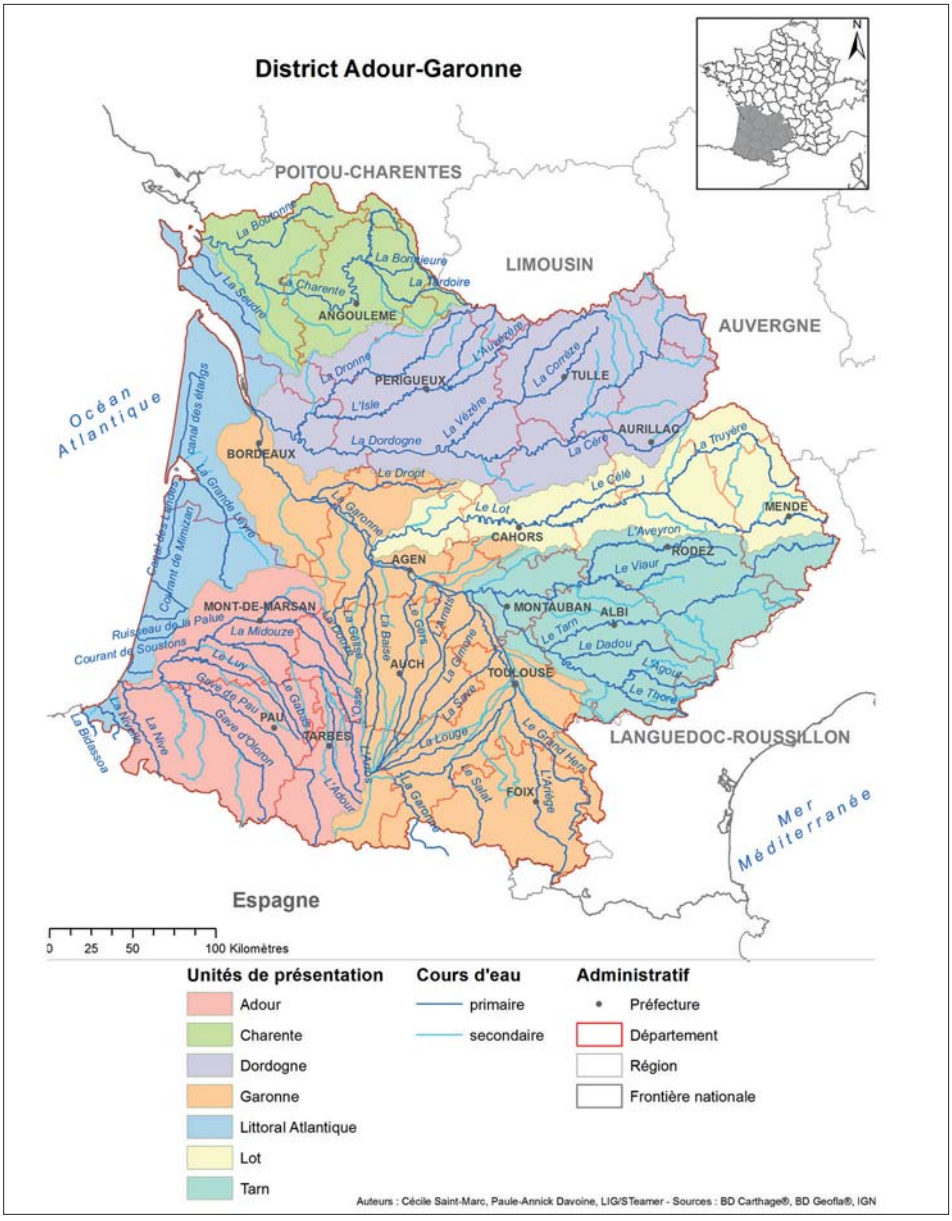


Figure 1-1. Découpage du district Adour-Garonne en sept unités de présentation. Source : LIG/Steamer

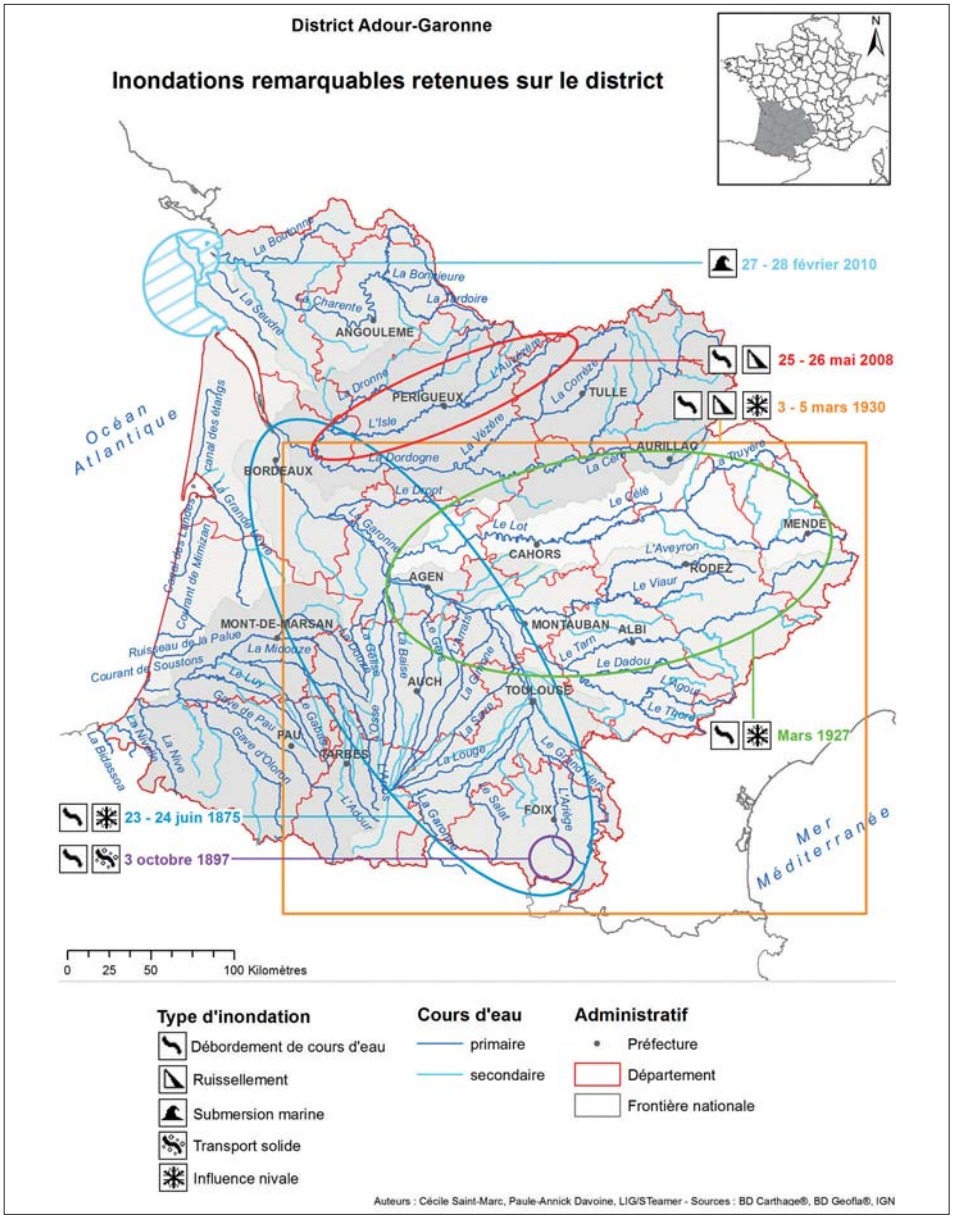


Figure 1-2. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district Adour-Garonne.
Source : LIG/Steamer

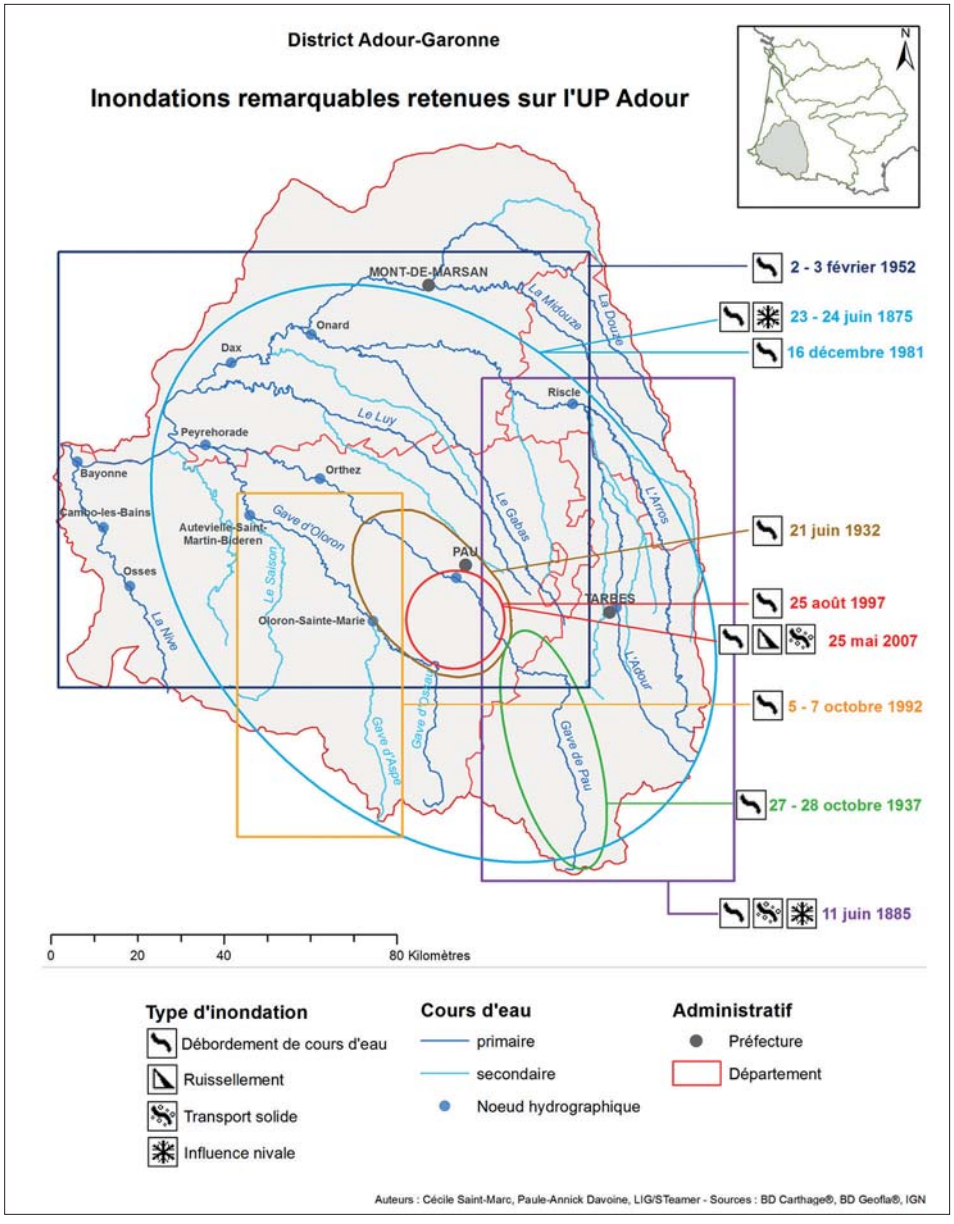


Figure 1-7. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP bassin de l'Adour.
Source : LIG/Steamer

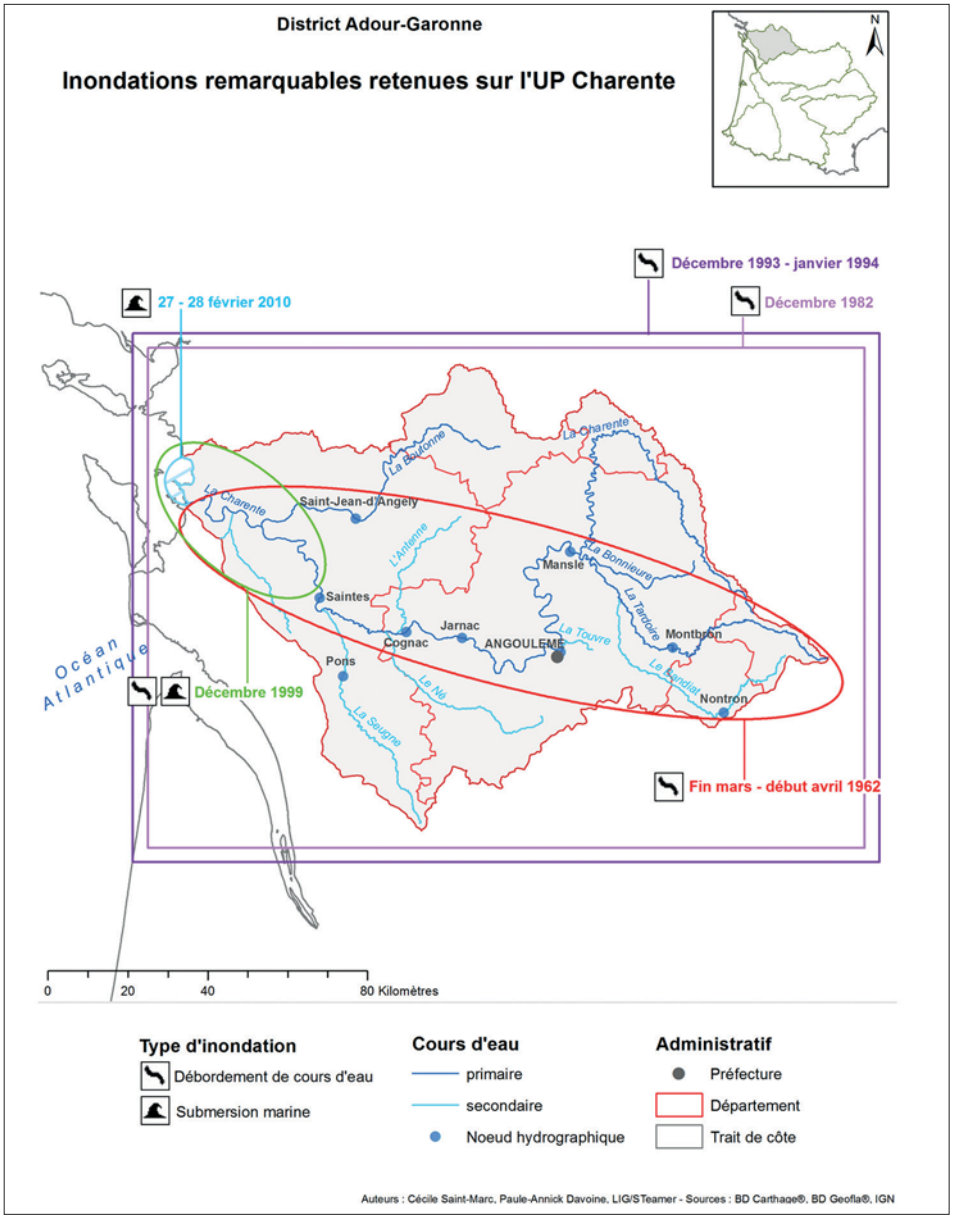


Figure 1-15. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP bassin de la Charente.
Source : LIG/Steamer

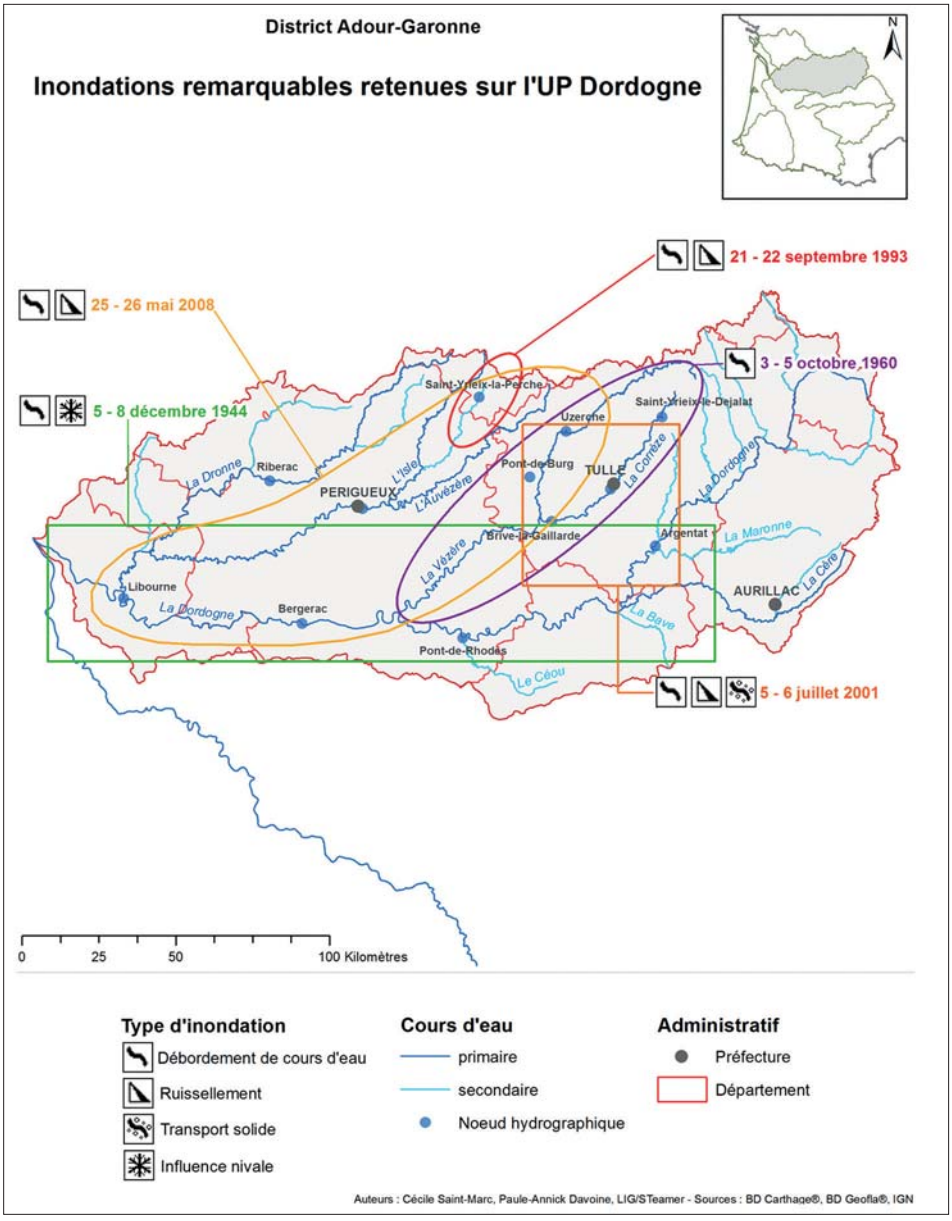


Figure 1-20. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP bassin de la Dordogne.
Source : LIG/Steamer

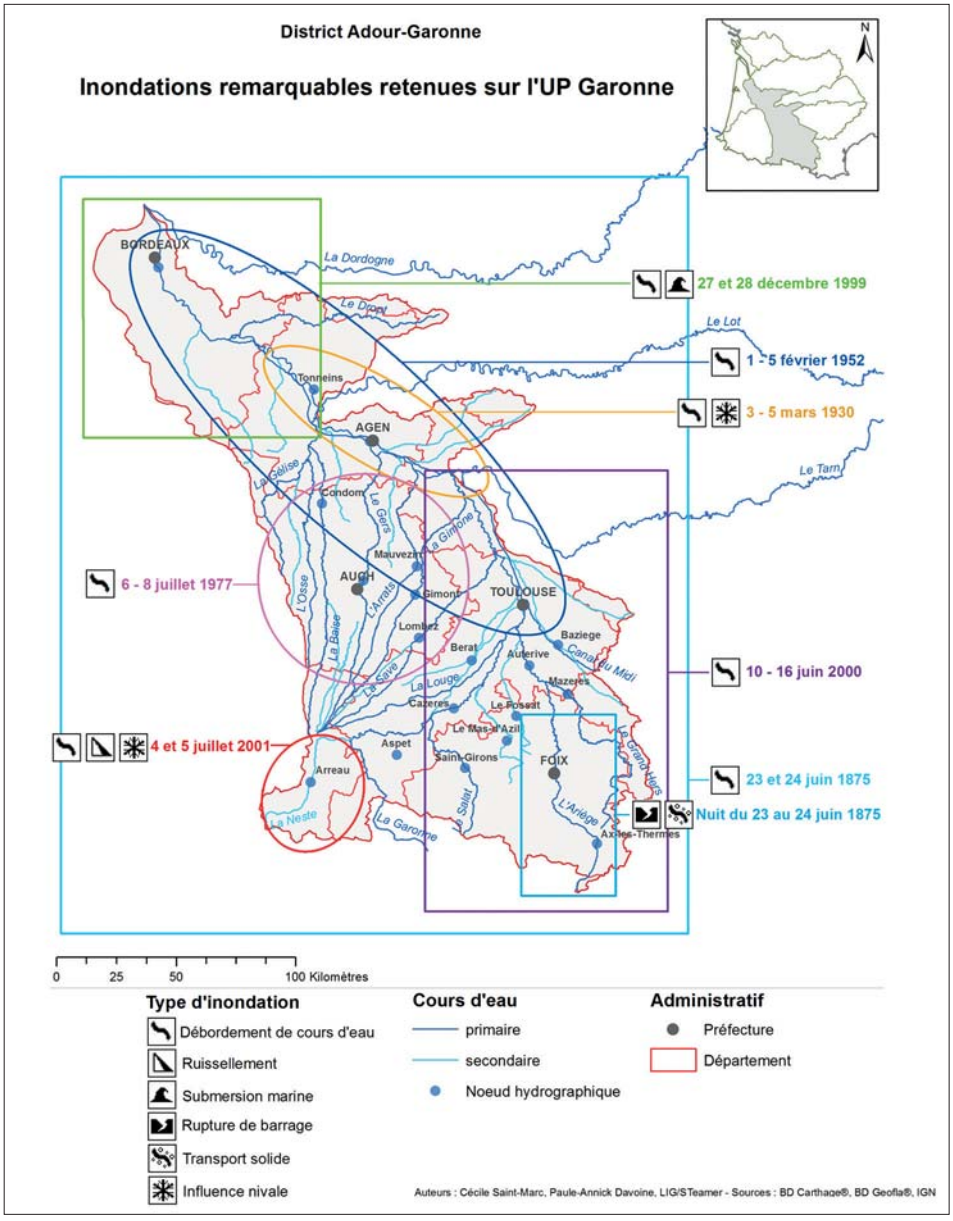


Figure 1-27. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP bassin de la Garonne.
Source : LIG/Steamer

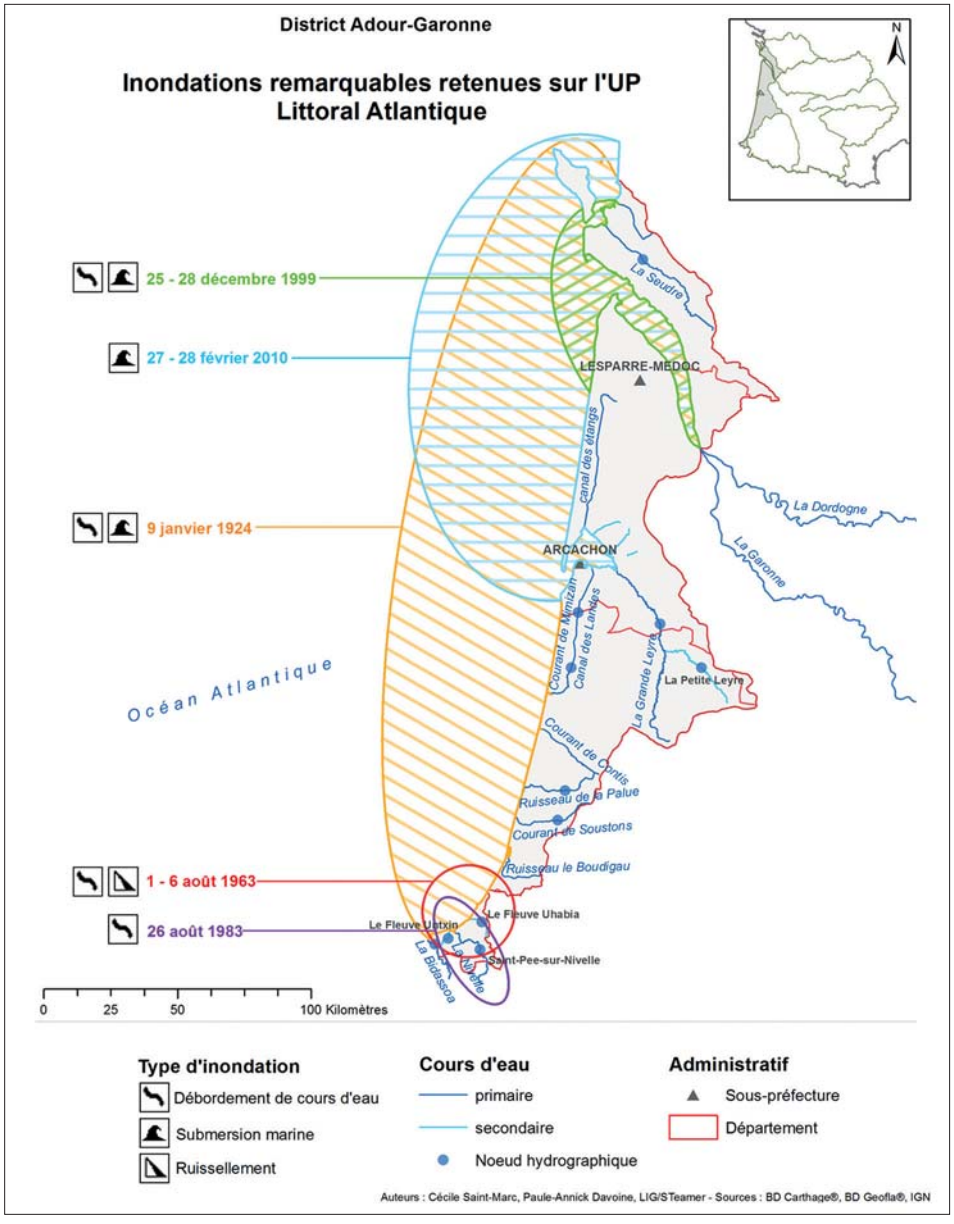


Figure 1-35. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP littoral atlantique (côtiers sud-ouest).
Source : LIG/Steamer

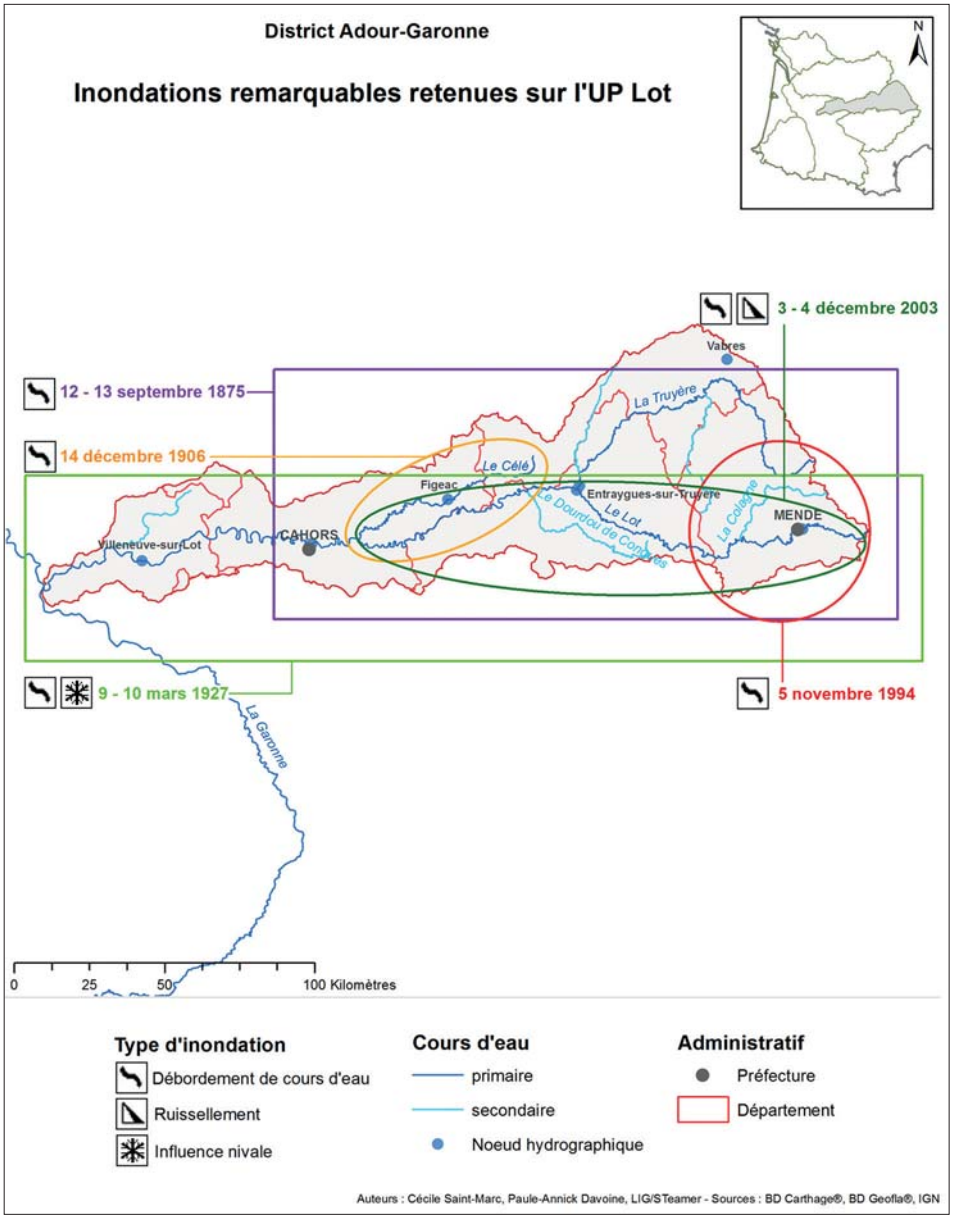


Figure 1-40. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP bassin du Lot.
Source : LIG/Steamer

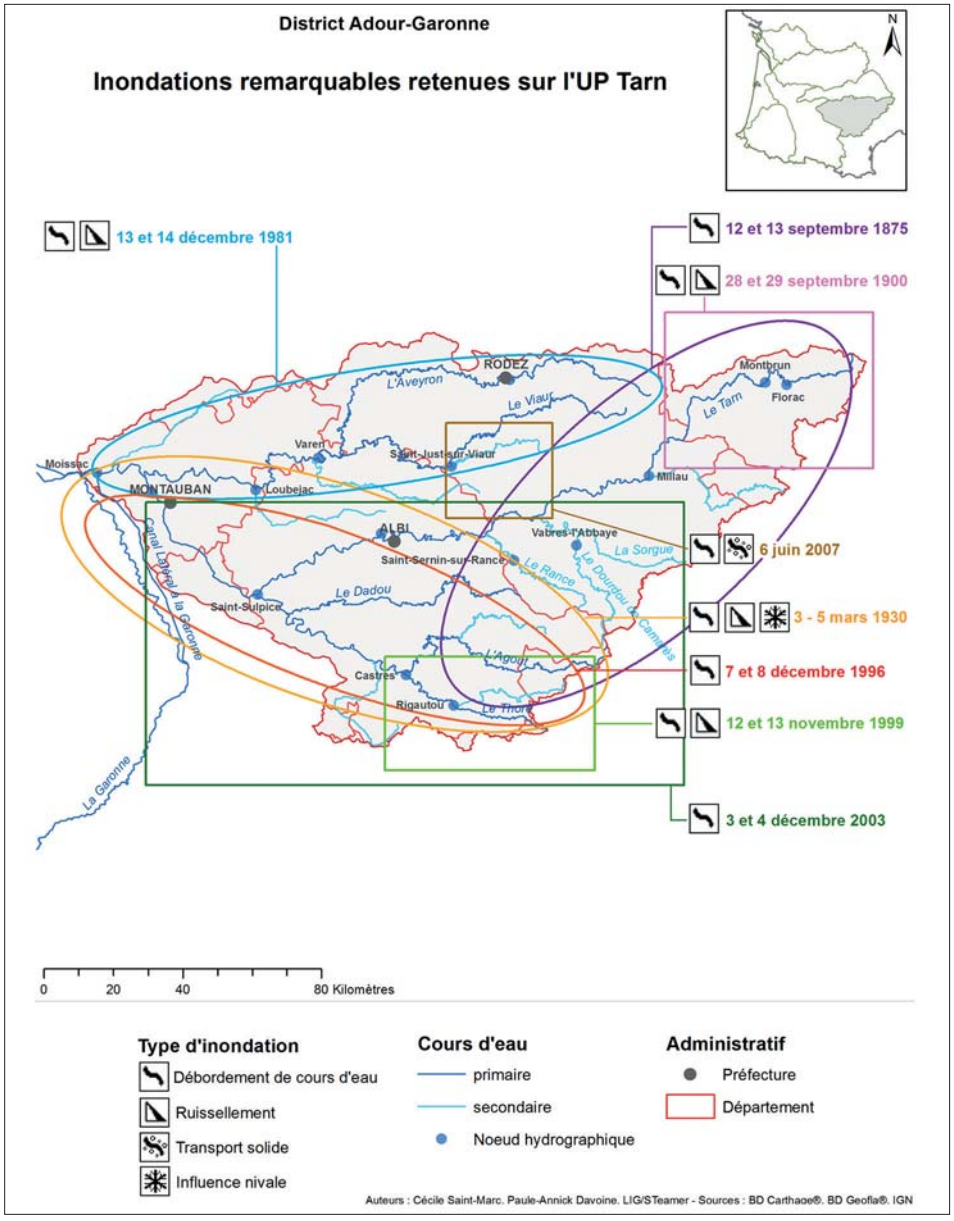


Figure 1-46. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP bassin du Tarn.
Source : LIG/Steamer

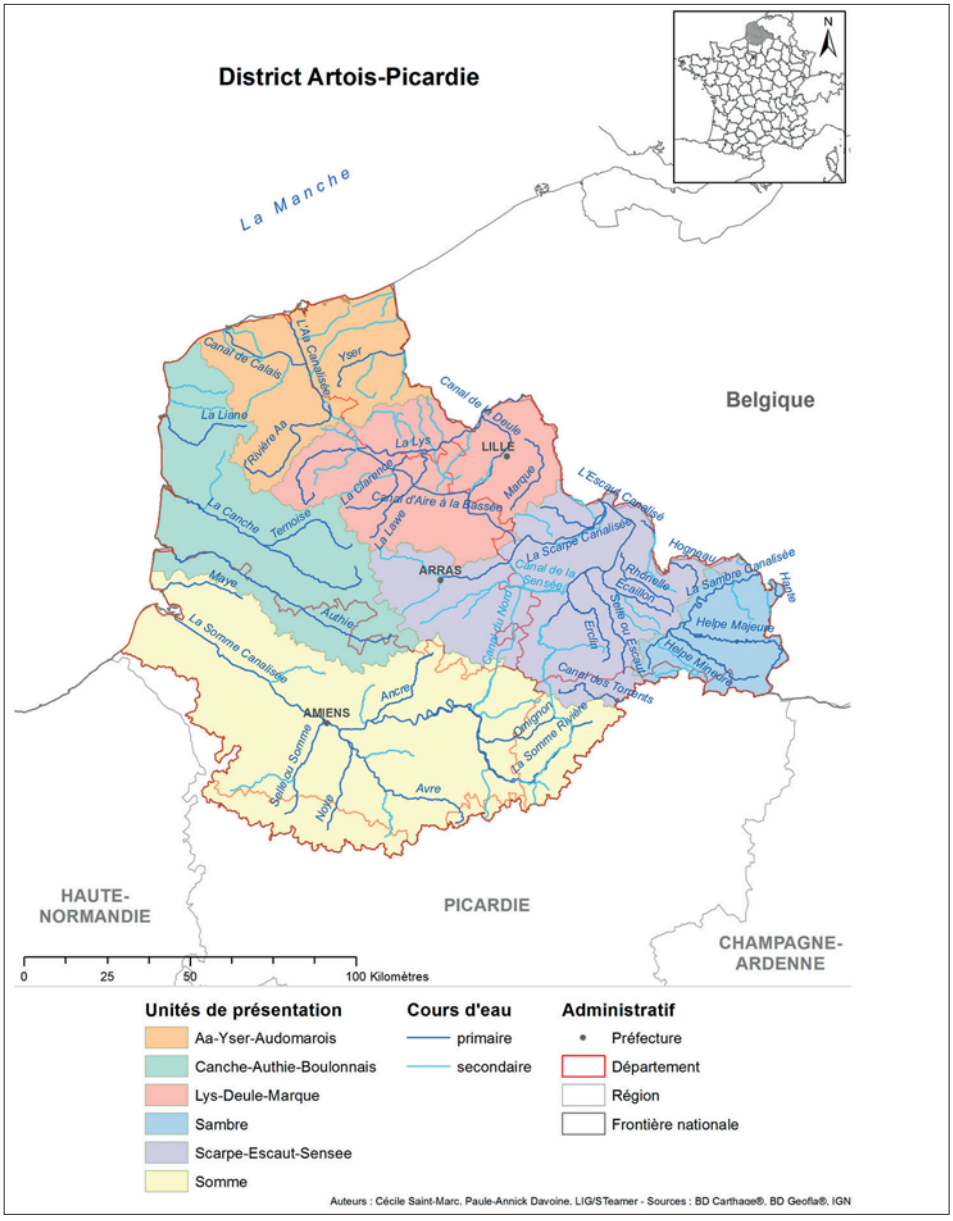


Figure 2-1. Découpage du district Artois-Picardie en six unités de présentation.
Source : LIG/Steamer

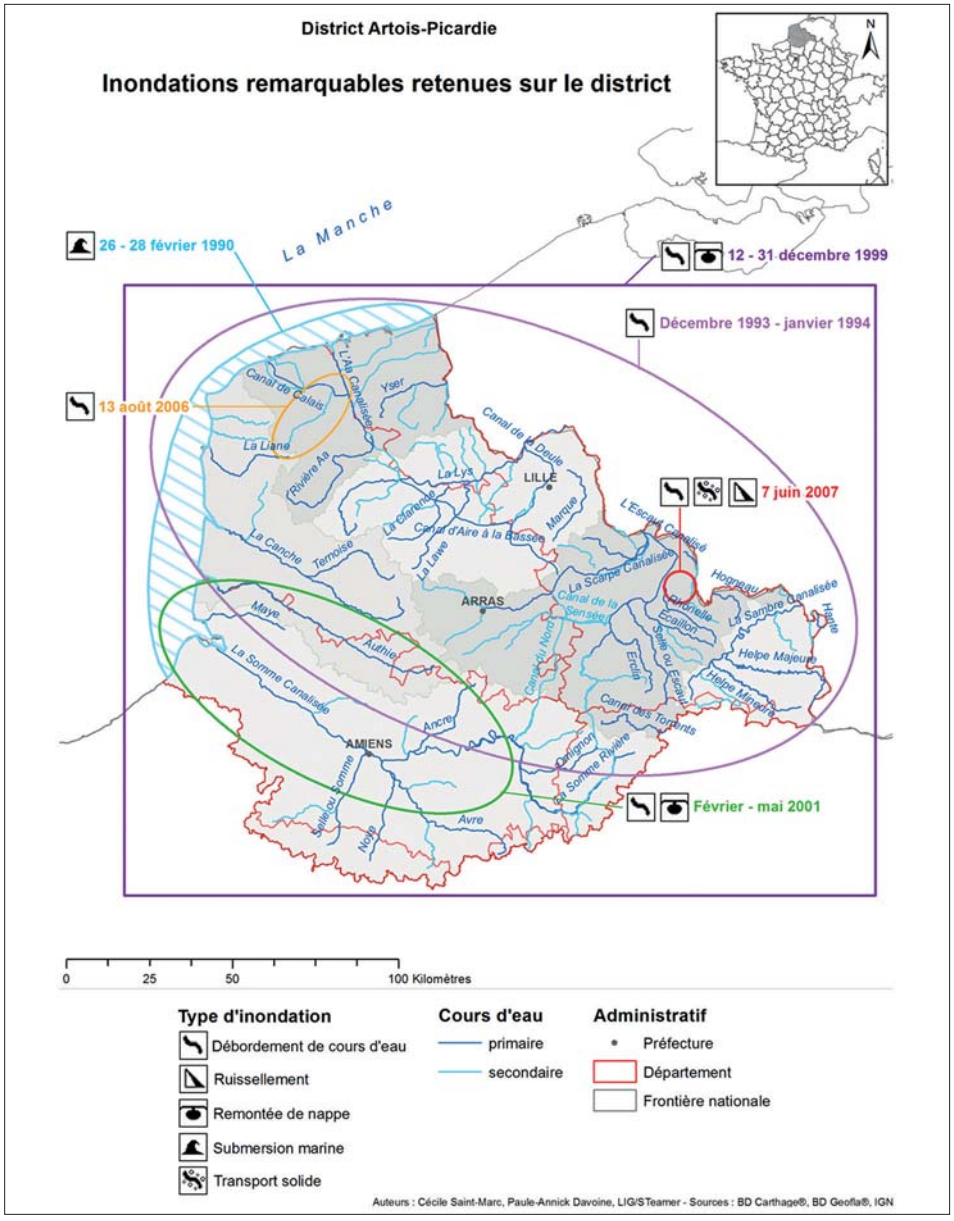


Figure 2-2. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district Artois-Picardie.
Source : LIG/Steamer

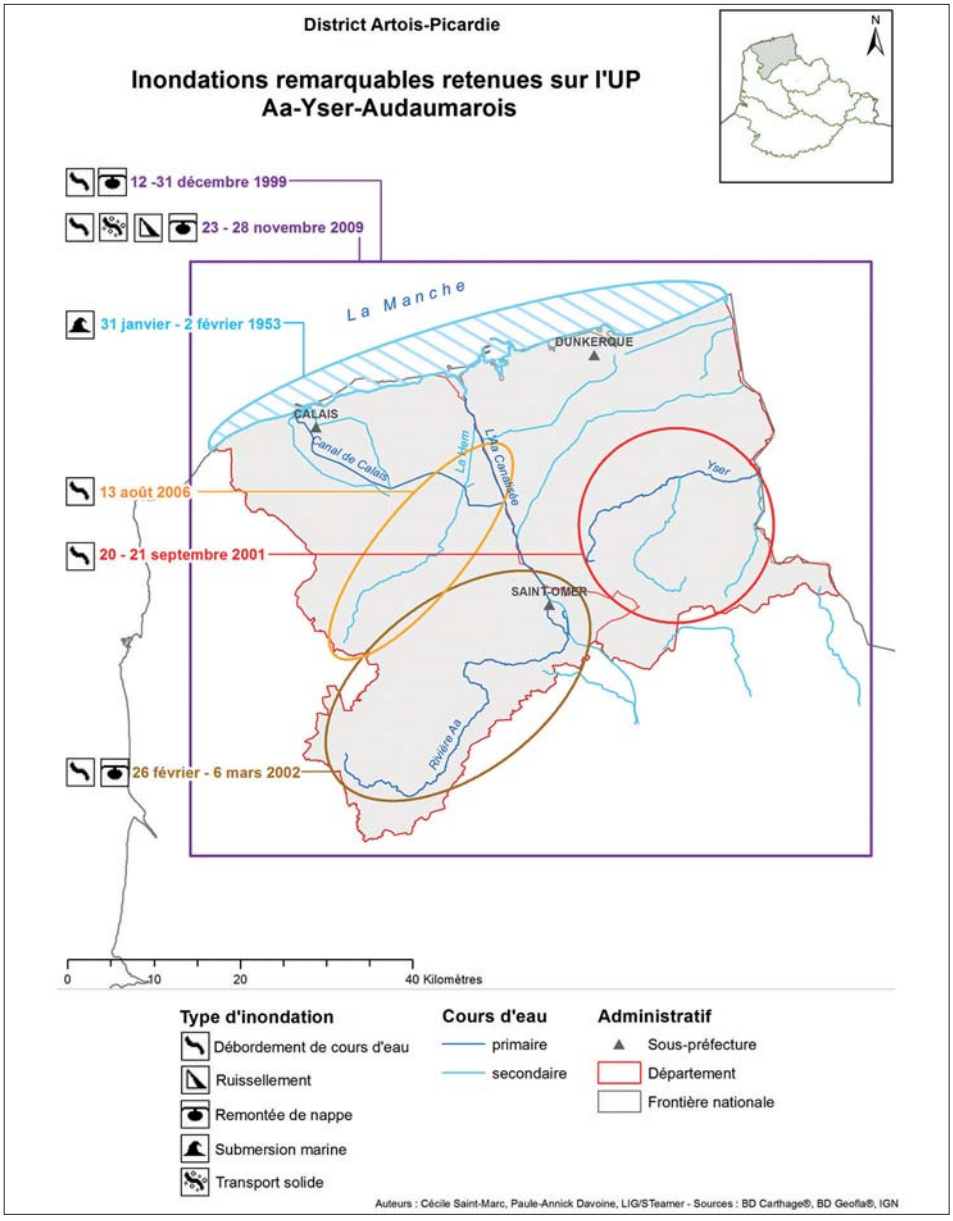


Figure 2-8. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Aa-Yser-Audomarois.
Source : LIG/Steamer

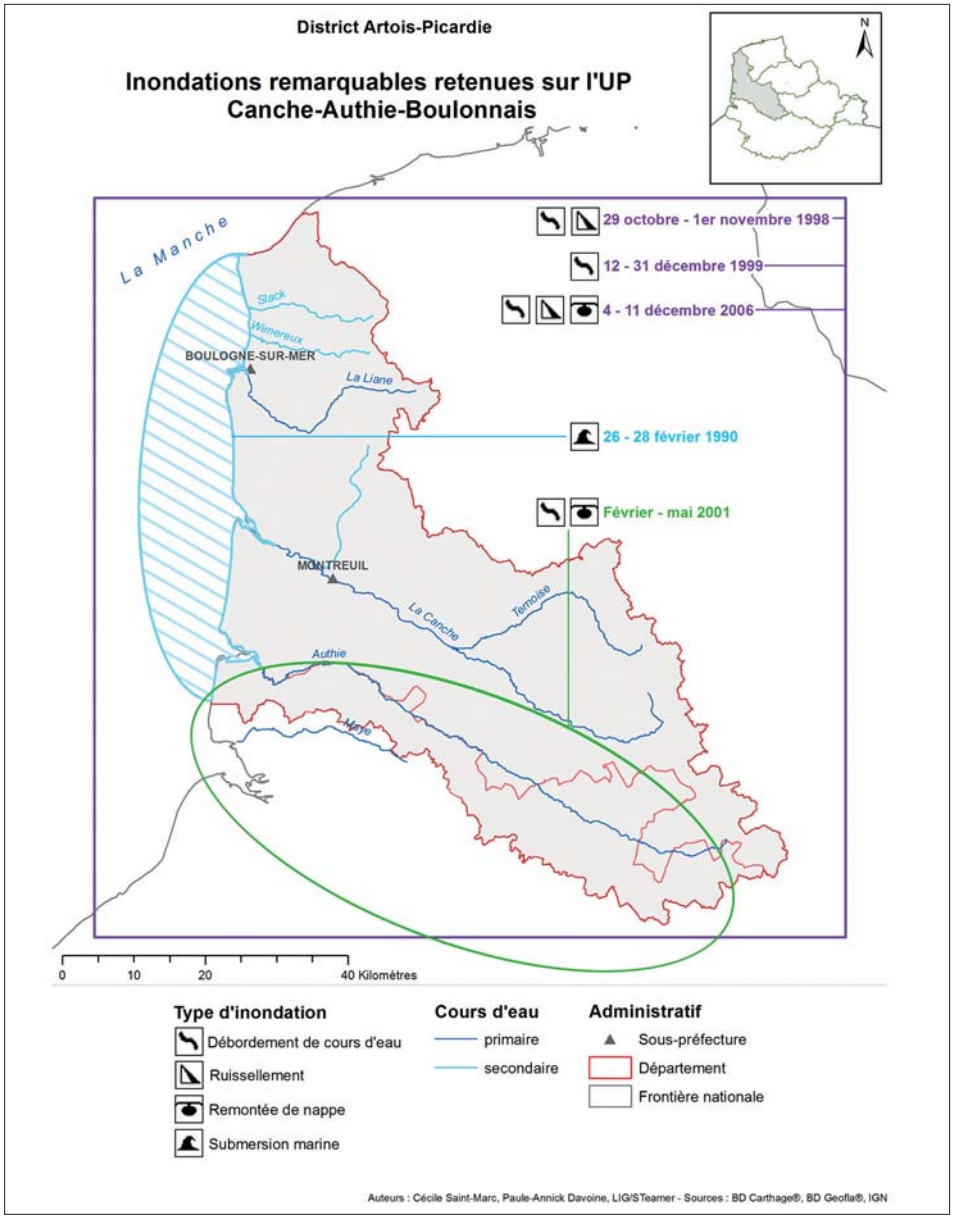


Figure 2-18. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Canche-Authie-Boulonnais.
Source : LIG/Steamer

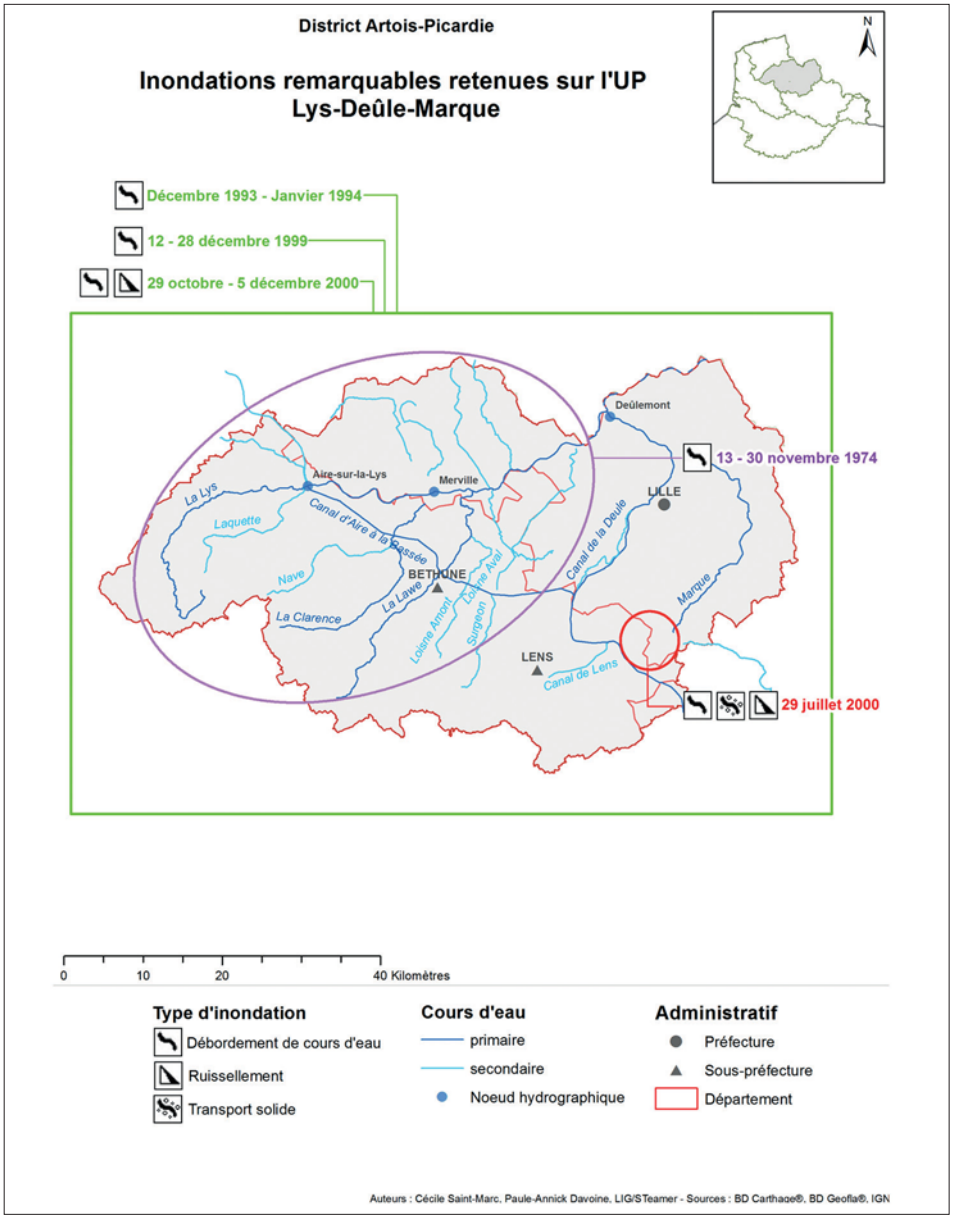


Figure 2-23. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Lys-Deûle-Marque.
Source : LIG/Steamer

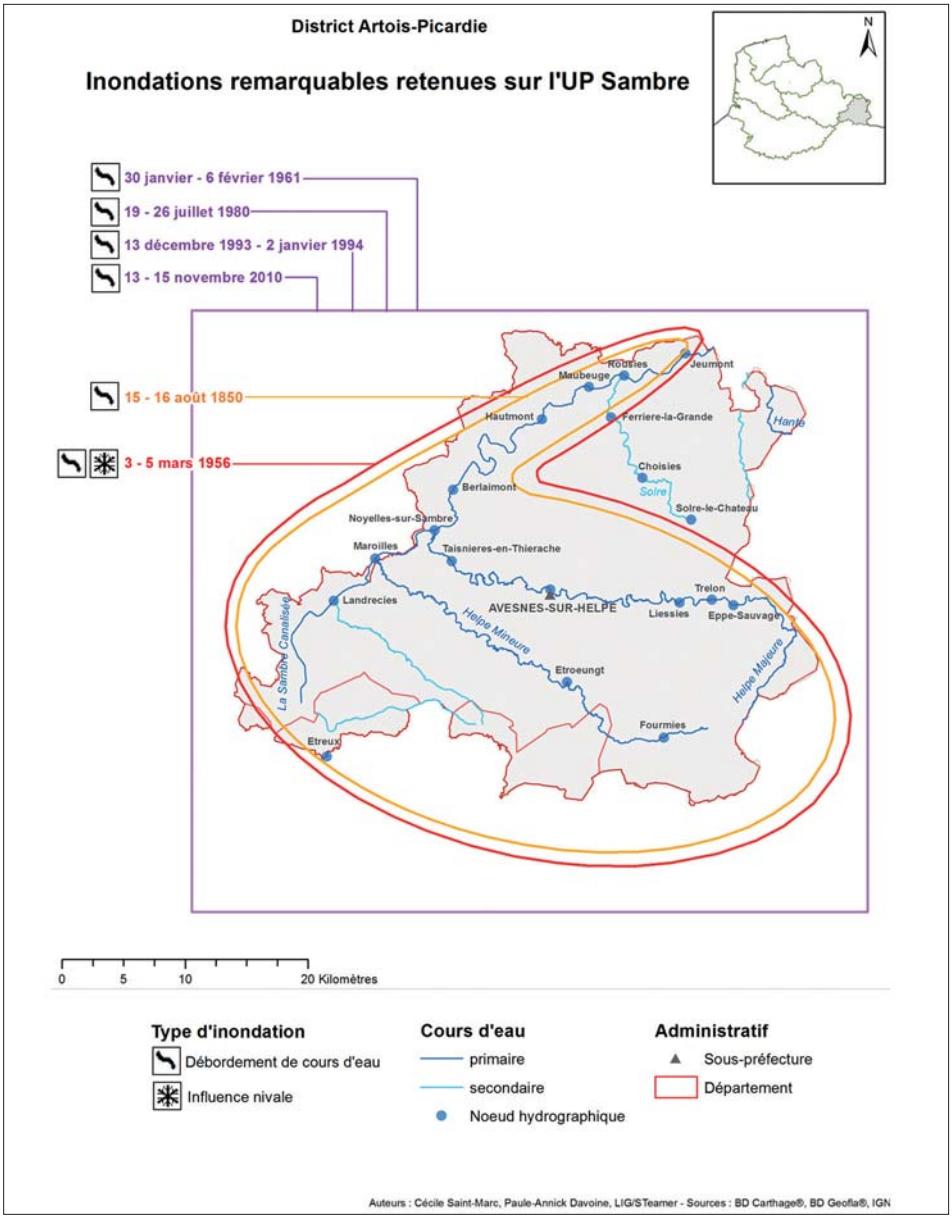


Figure 2-28. Localisation approximative inondations remarquables sur l'UP bassin de la Sambre.
Source : LIG/Steamer

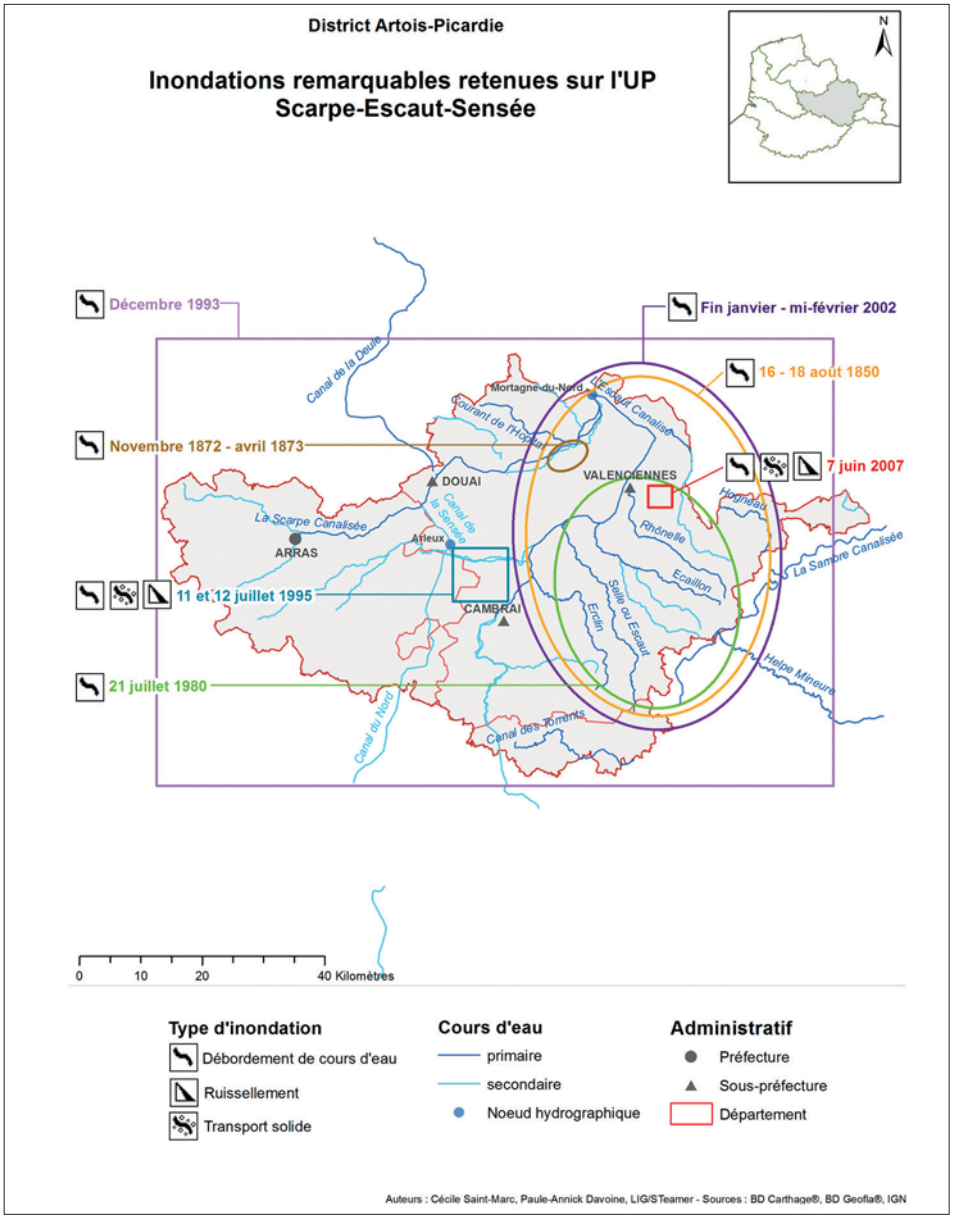


Figure 2-31. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Scarpe-Escaut-Sensée.
Source : LIG/Steamer

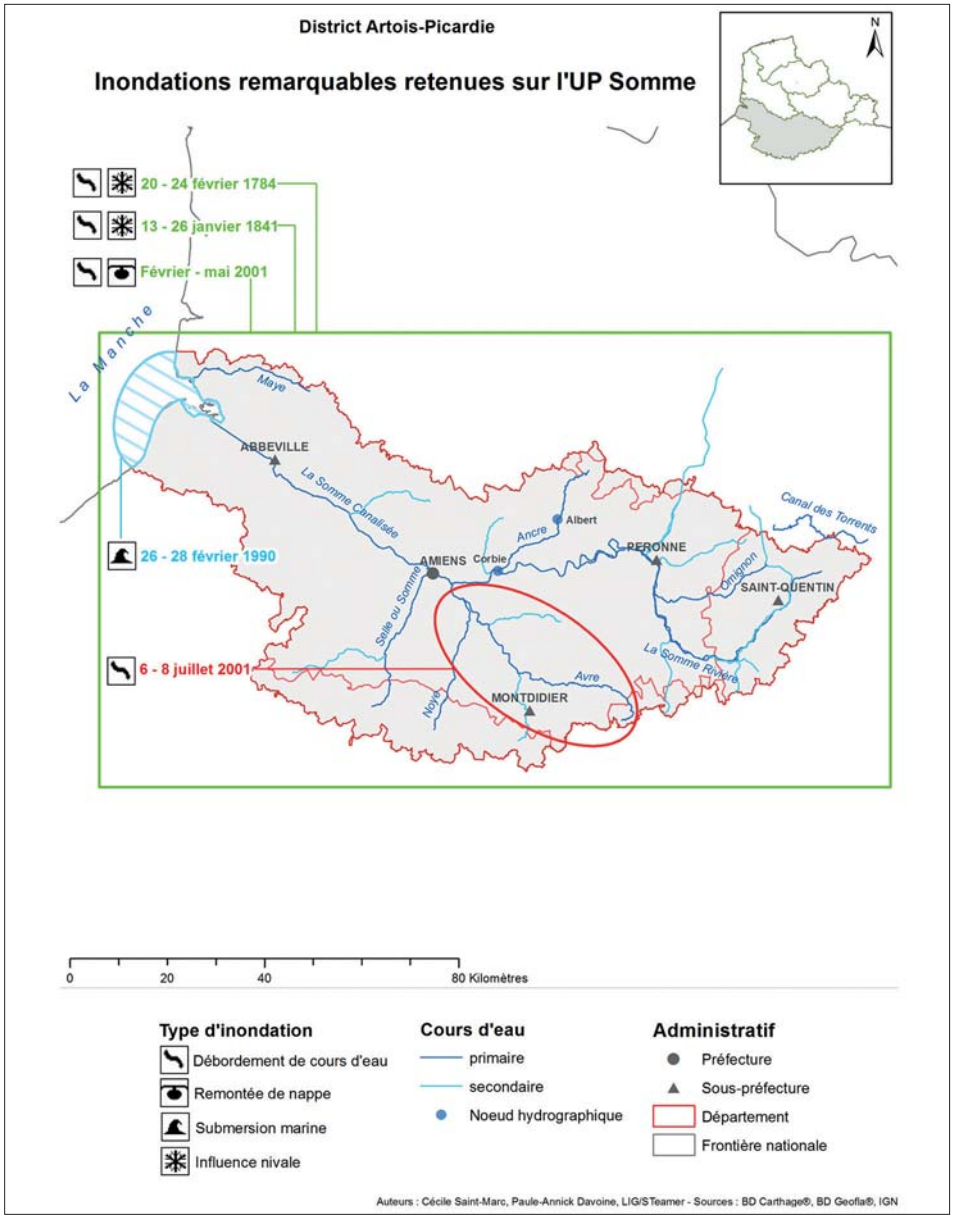


Figure 2-36. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP bassin de la Somme.
Source : LIG/Steamer

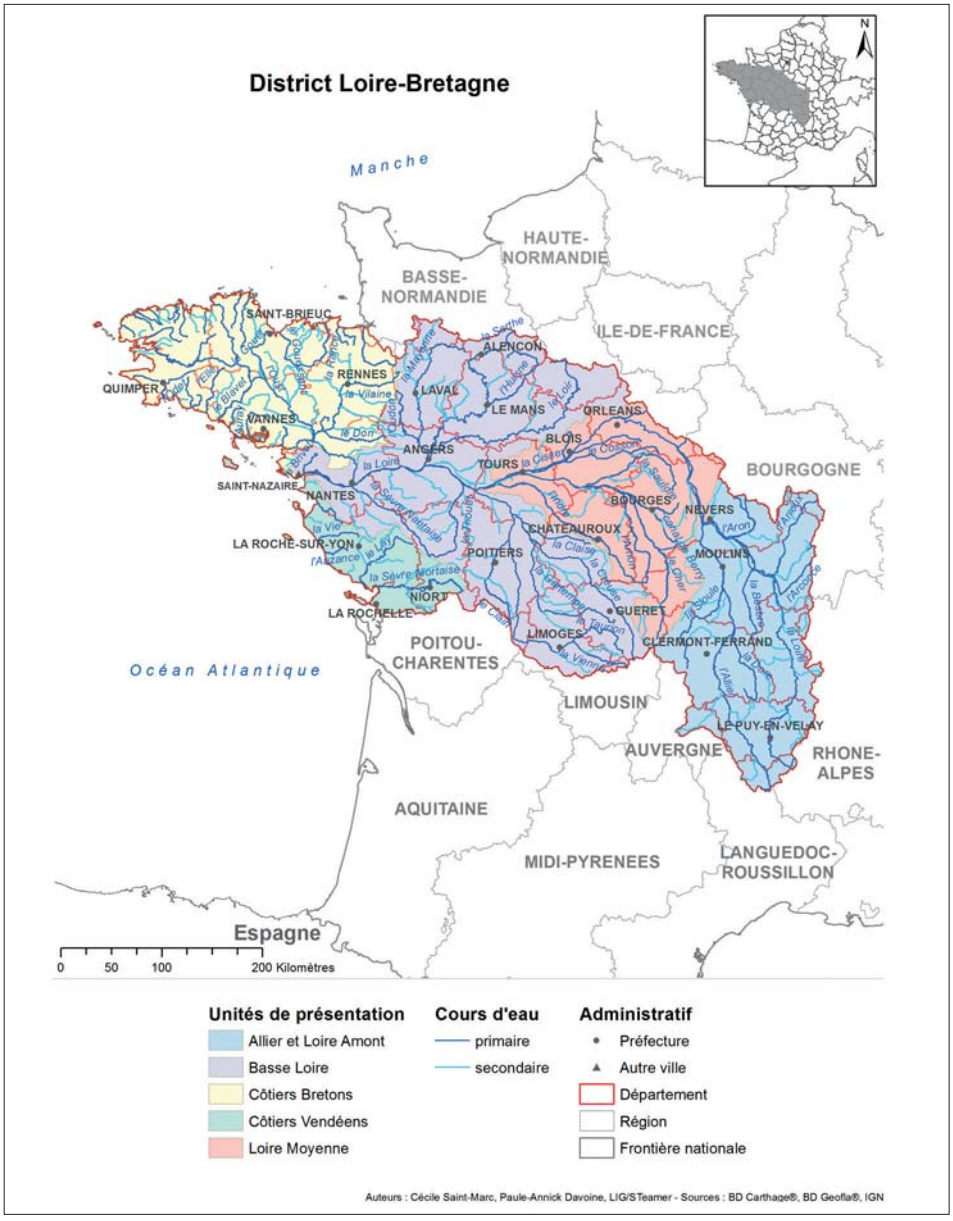


Figure 3-1. Découpage du district Loire-Bretagne en cinq unités de présentation. Source : LIG/Steamer

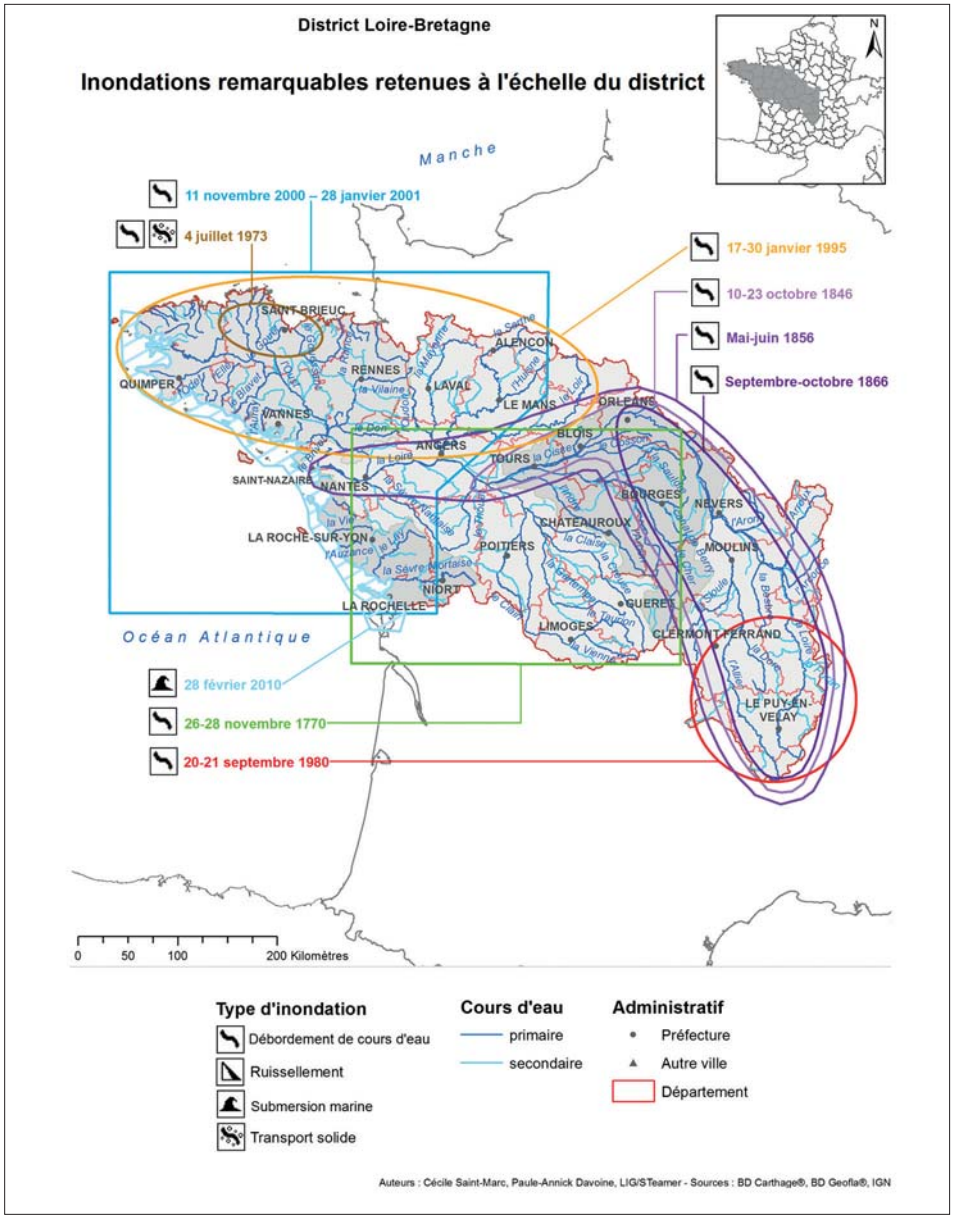


Figure 3-3. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district Loire-Bretagne.
Source : LIG/Steamer

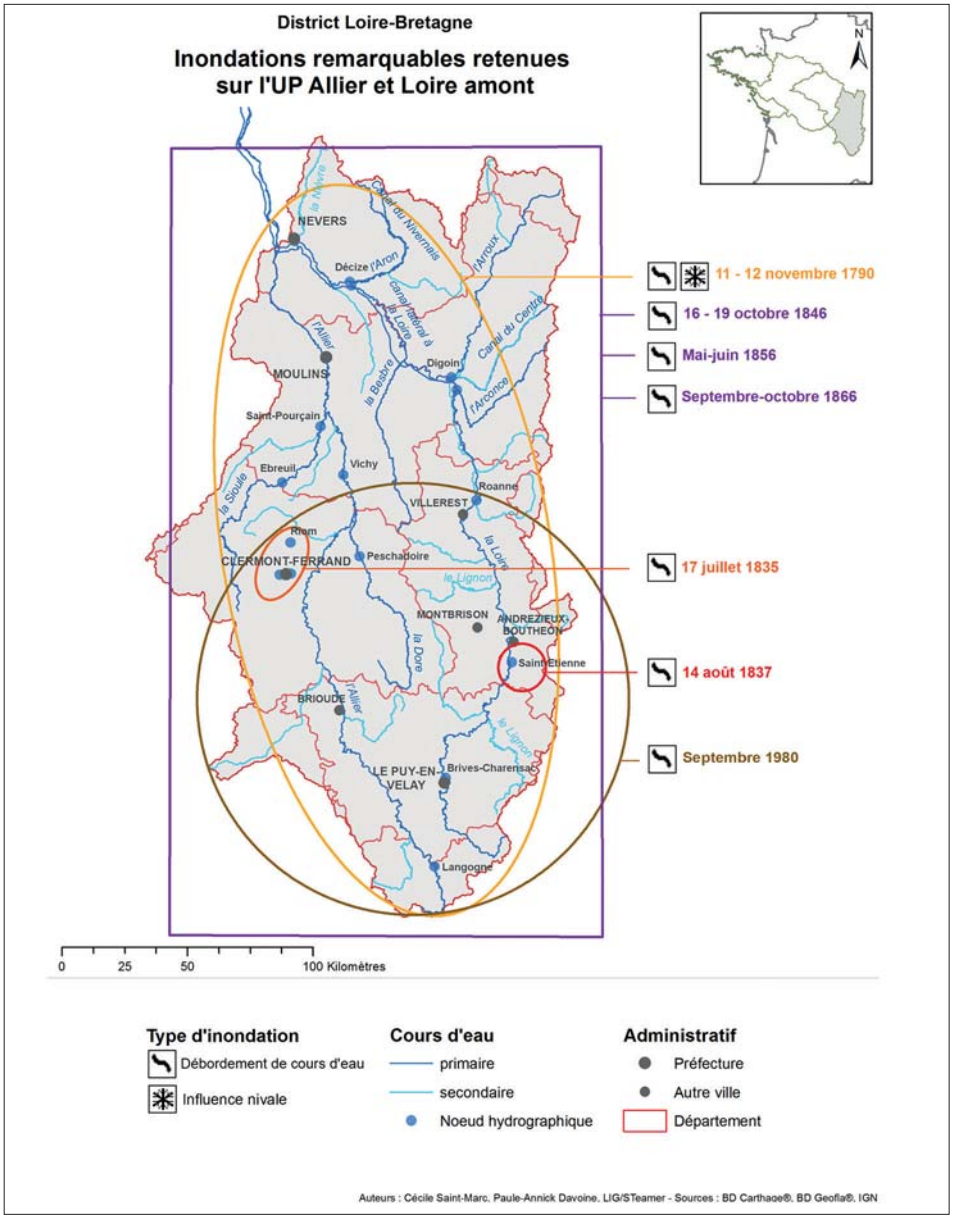


Figure 3-9. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Allier et Loire amont.
Source : LIG/Steamer

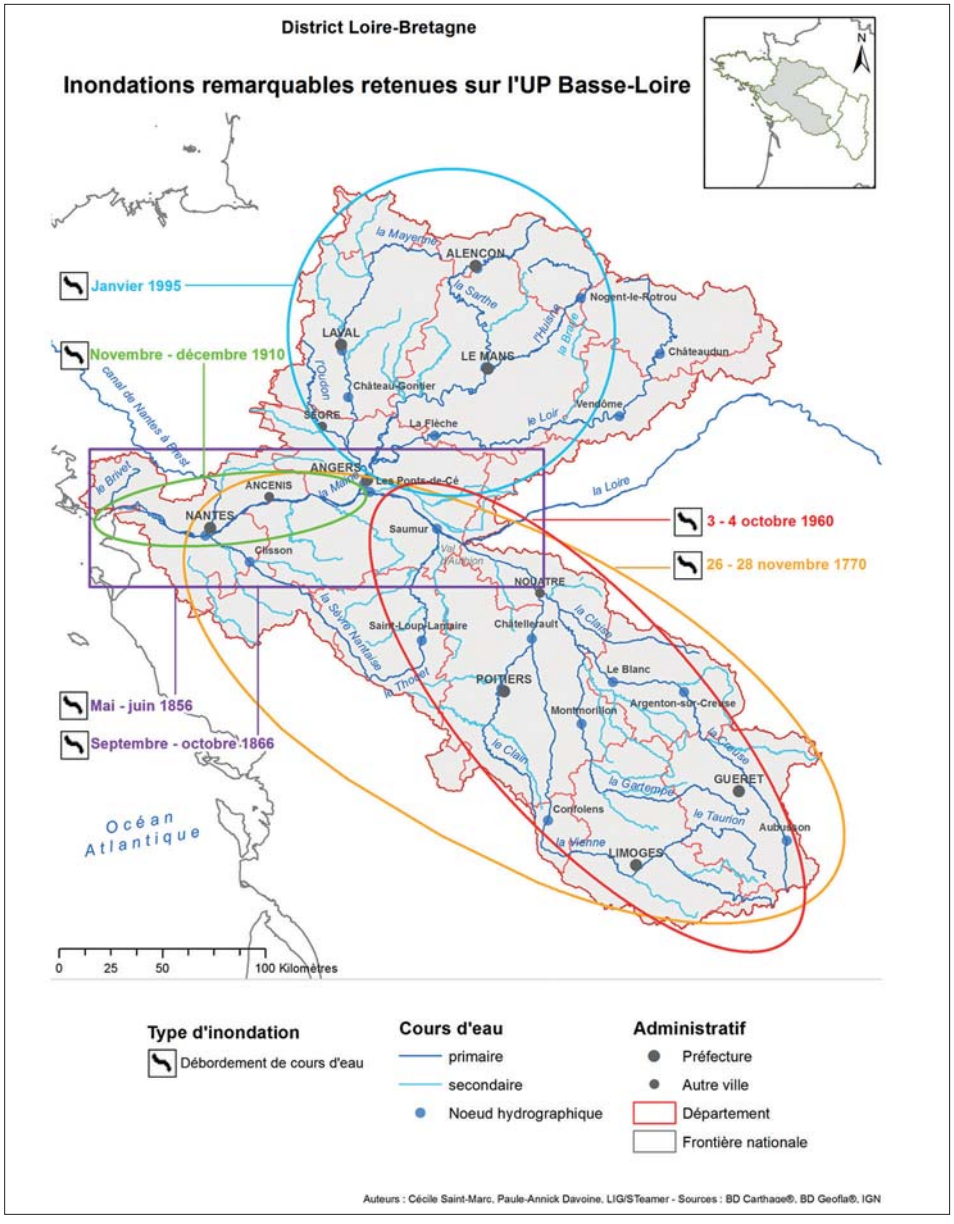


Figure 3-11. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP basse Loire.
Source : LIG/Steamer

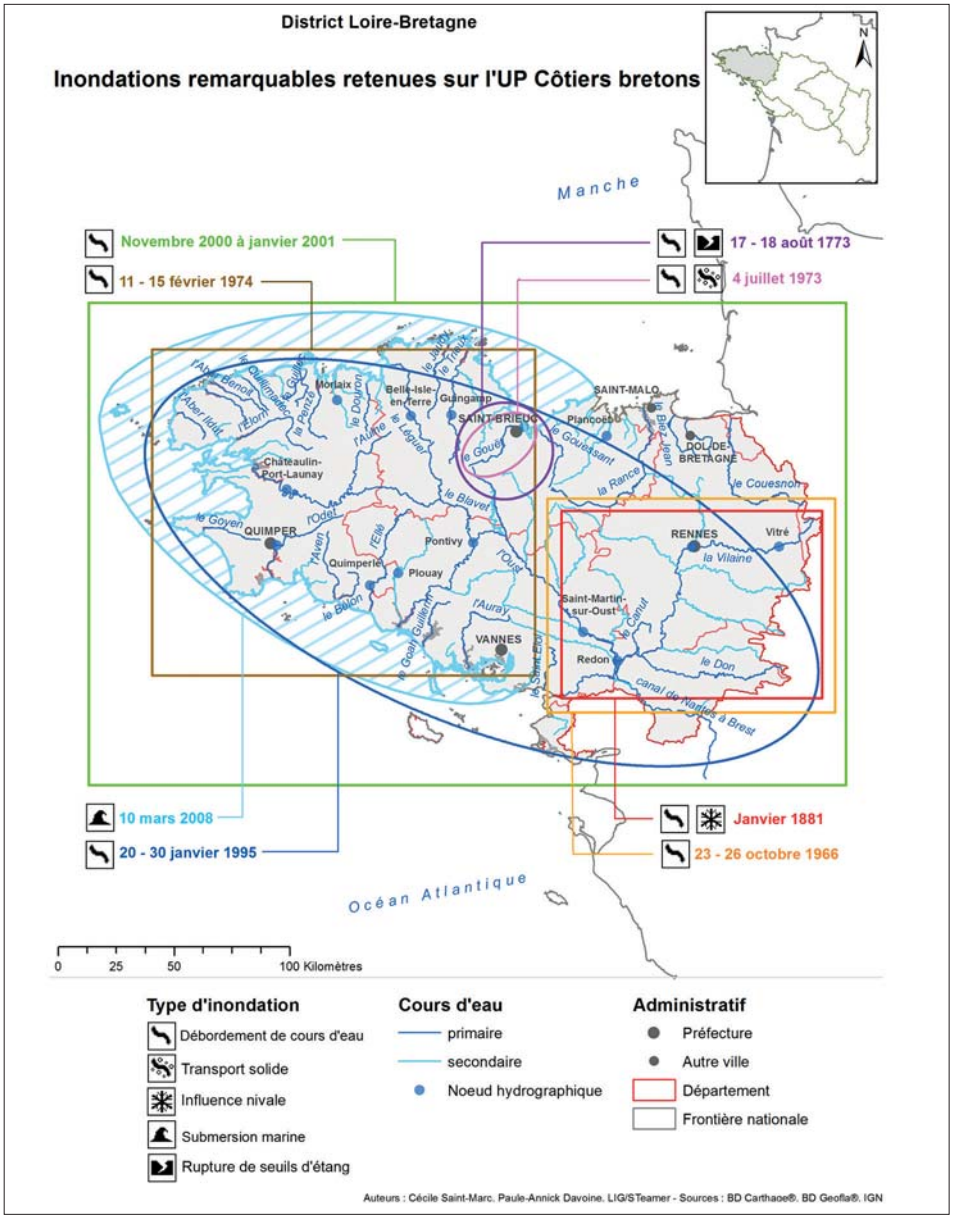


Figure 3-12. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP côtiers bretons.
Source : LIG/Steamer

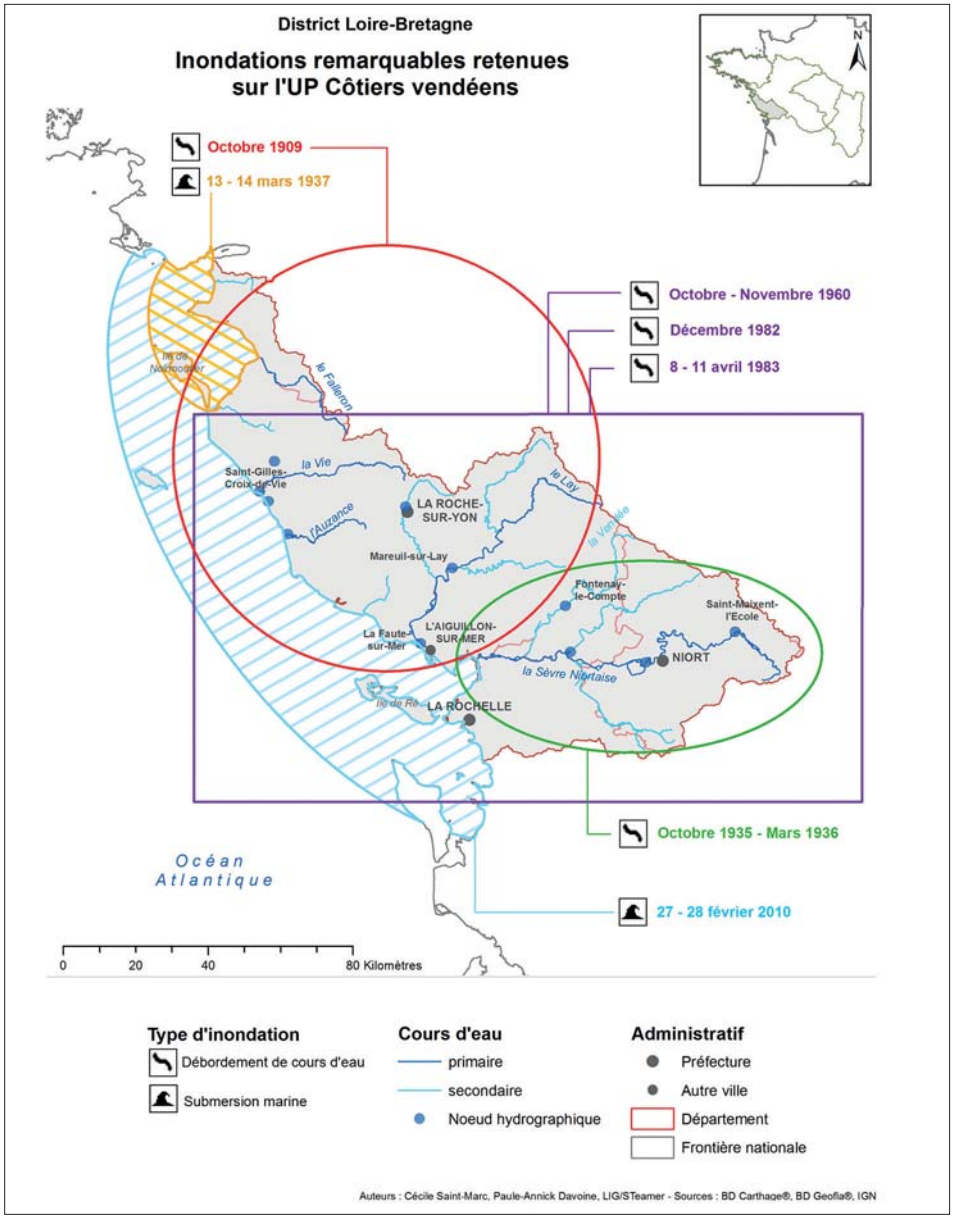


Figure 3-17. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP côtiers vendéens.
Source : LIG/Steamer

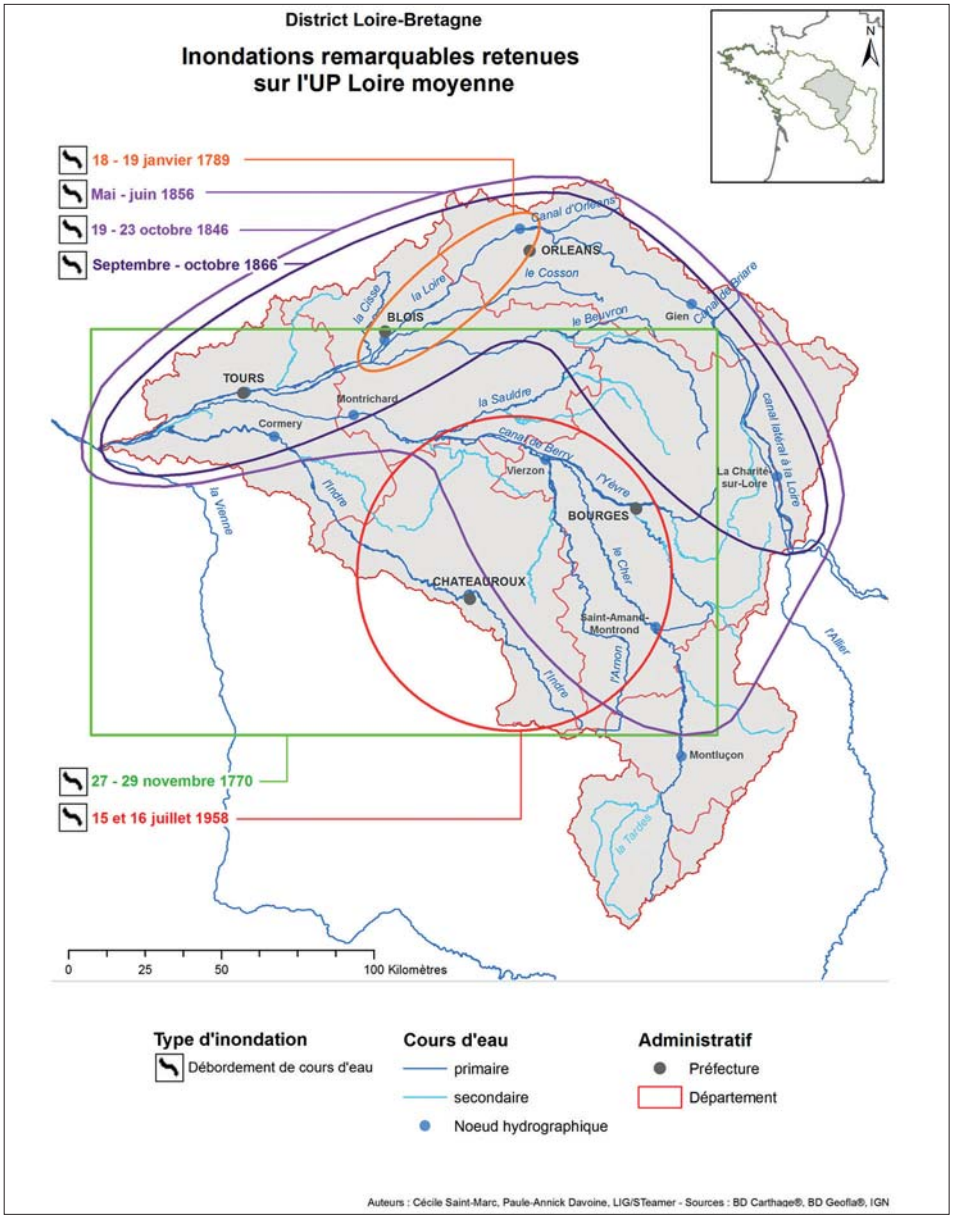


Figure 3-23. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Loire moyenne.
Source : LIG/Steamer

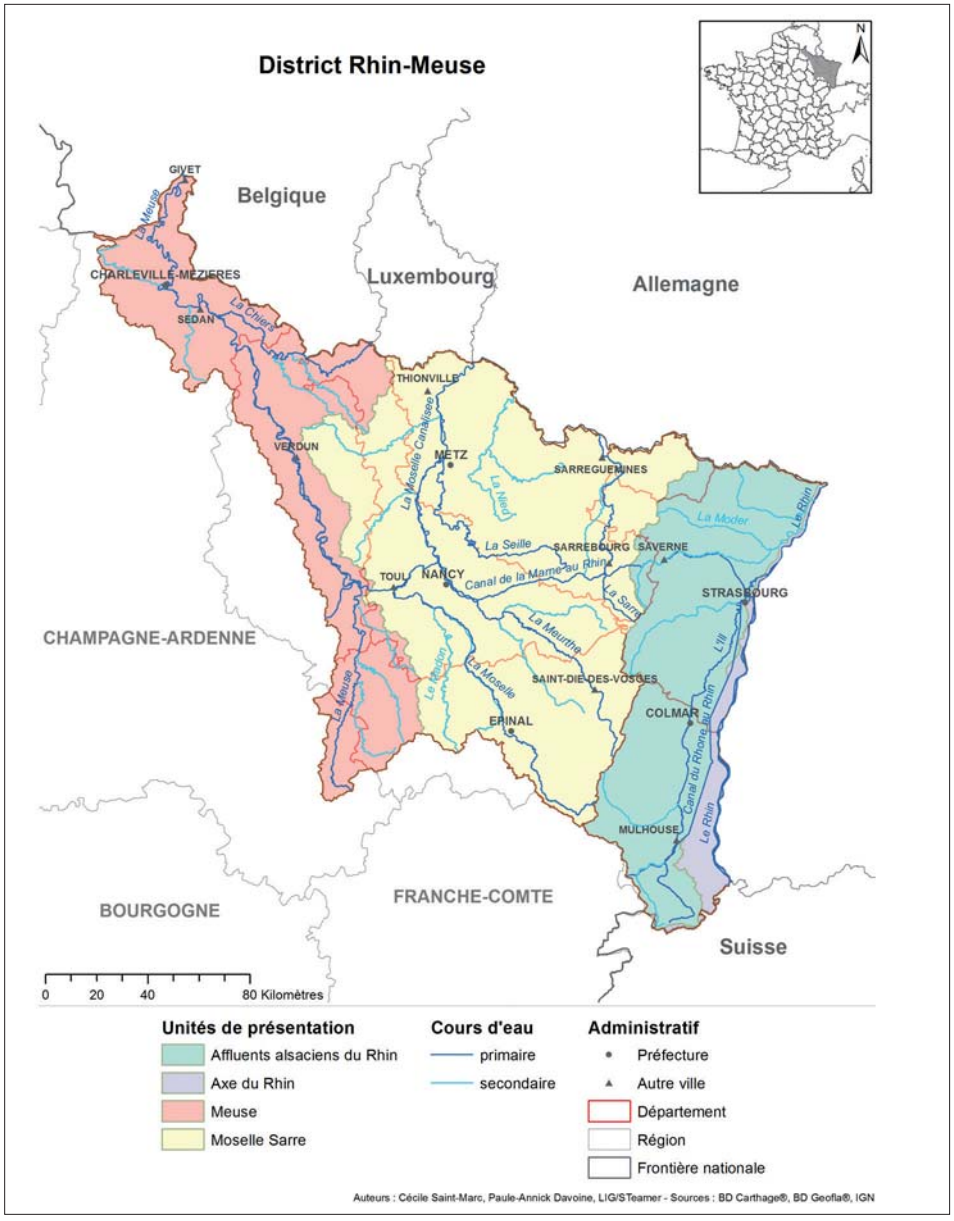


Figure 4-1. Découpage du district Rhin-Meuse en quatre unités de présentation.
Source : LIG/Steamer

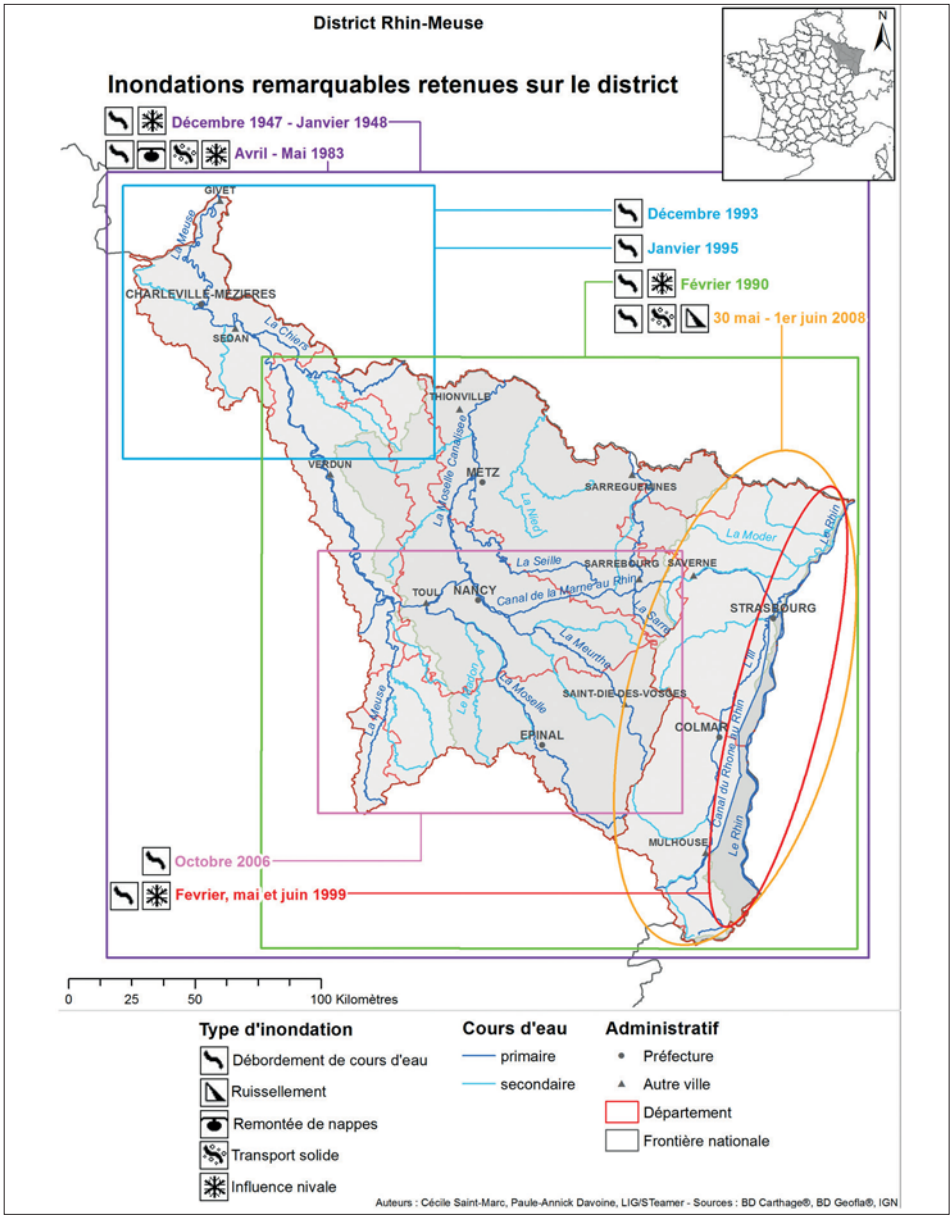


Figure 4-2. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district Rhin-Meuse.
Source : LIG/Steamer

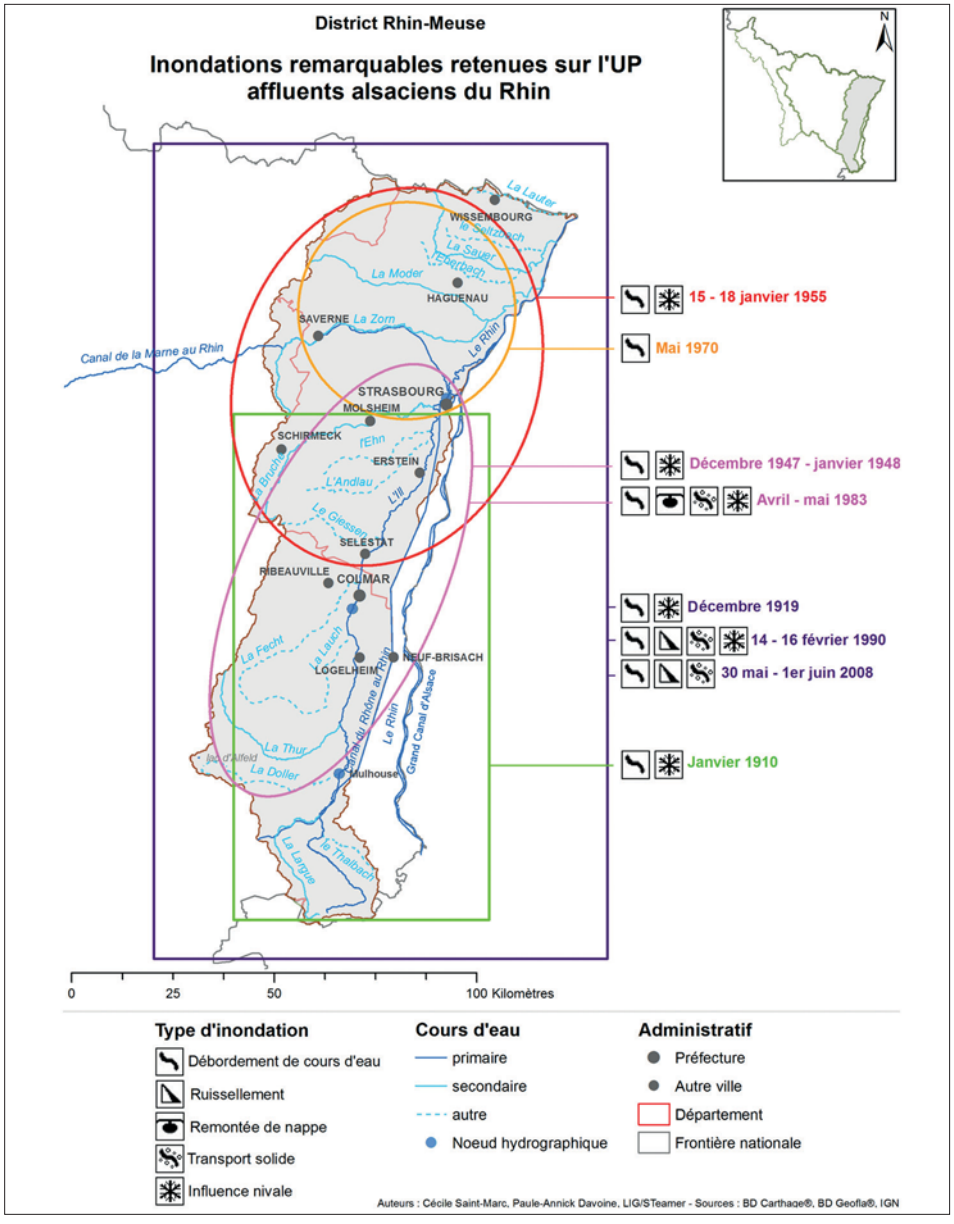


Figure 4-7. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP affluents alsaciens du Rhin.
Source : LIG/Steamer

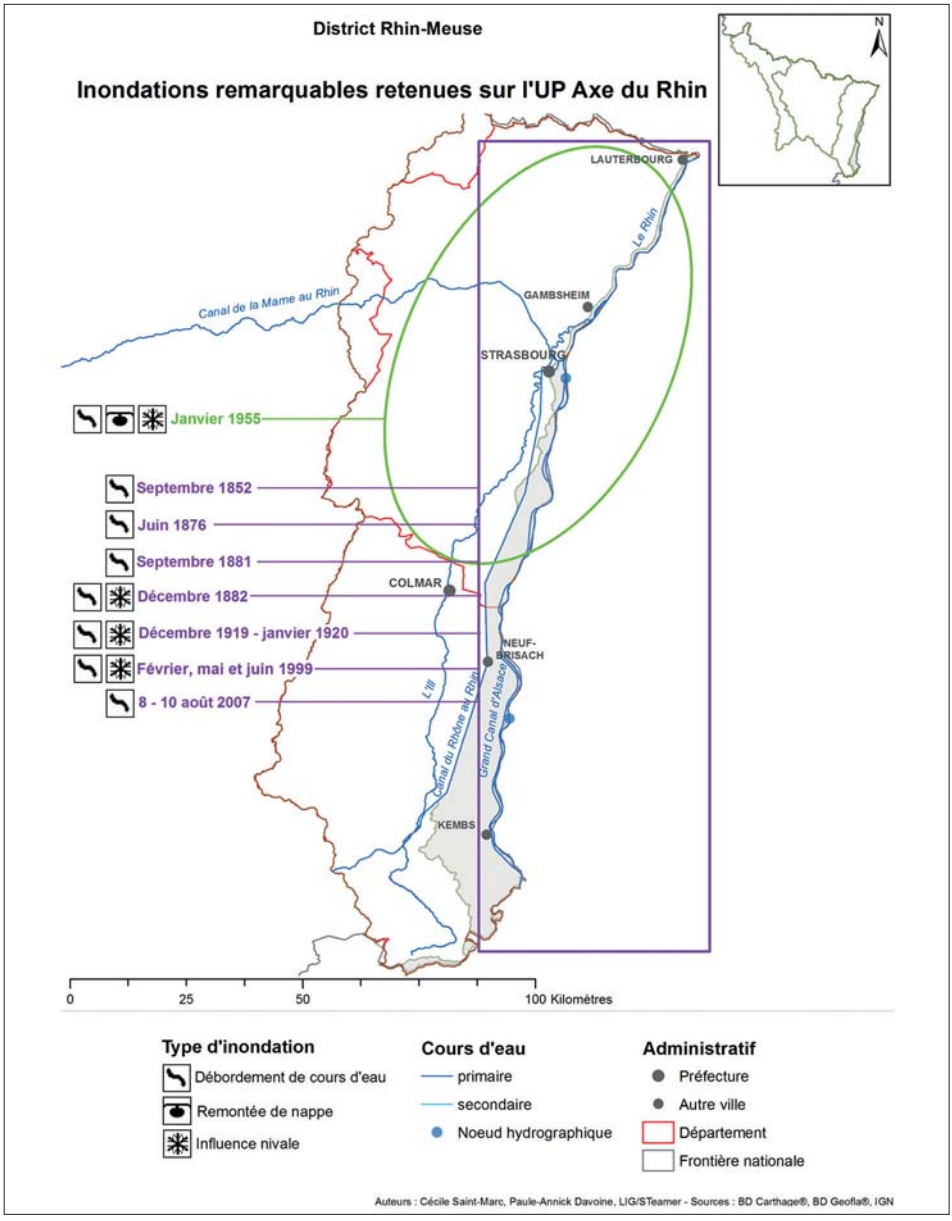


Figure 4-14. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP axe du Rhin.
Source : LIG/Steamer

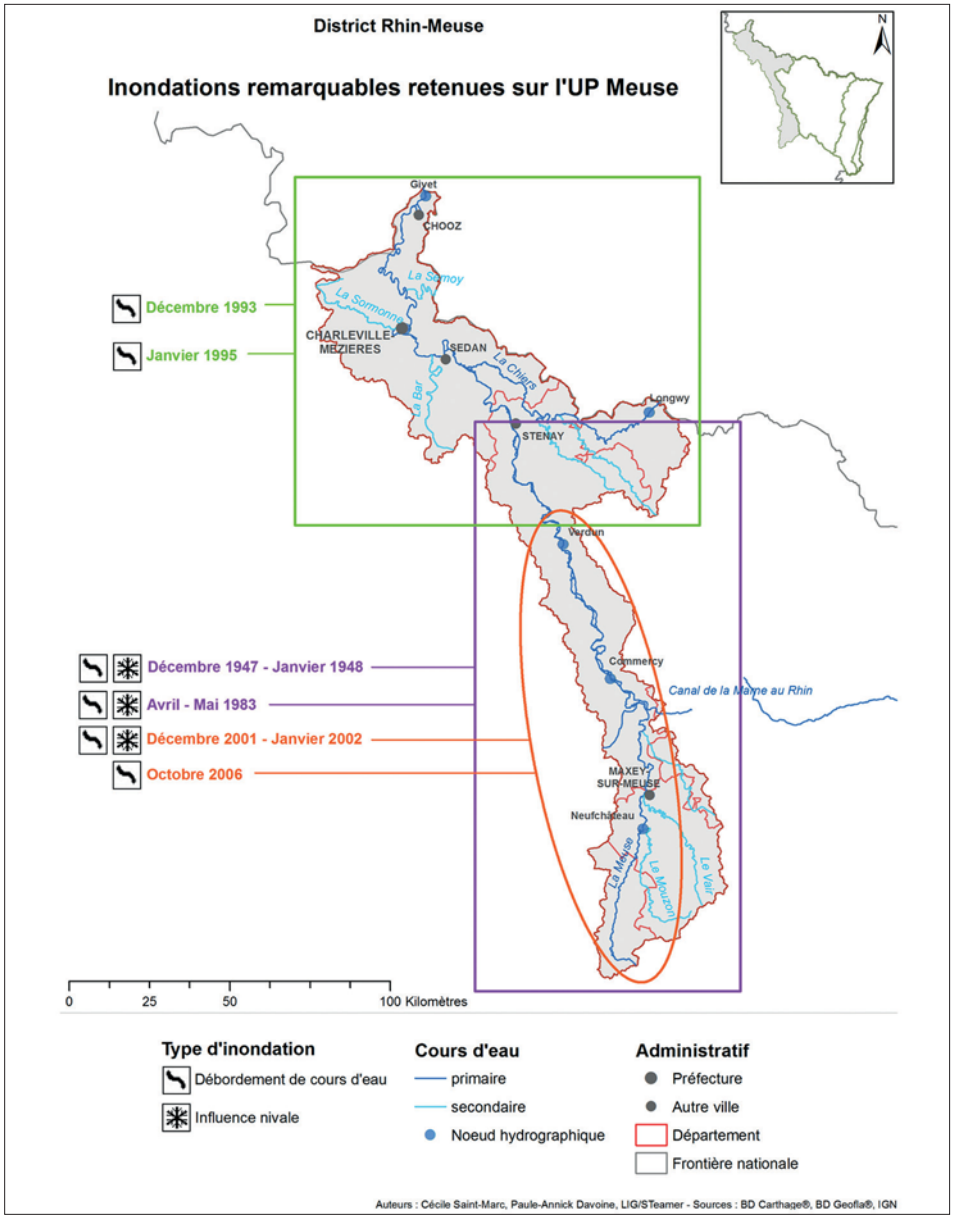


Figure 4-16. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Meuse. Source : LIG/Steamer

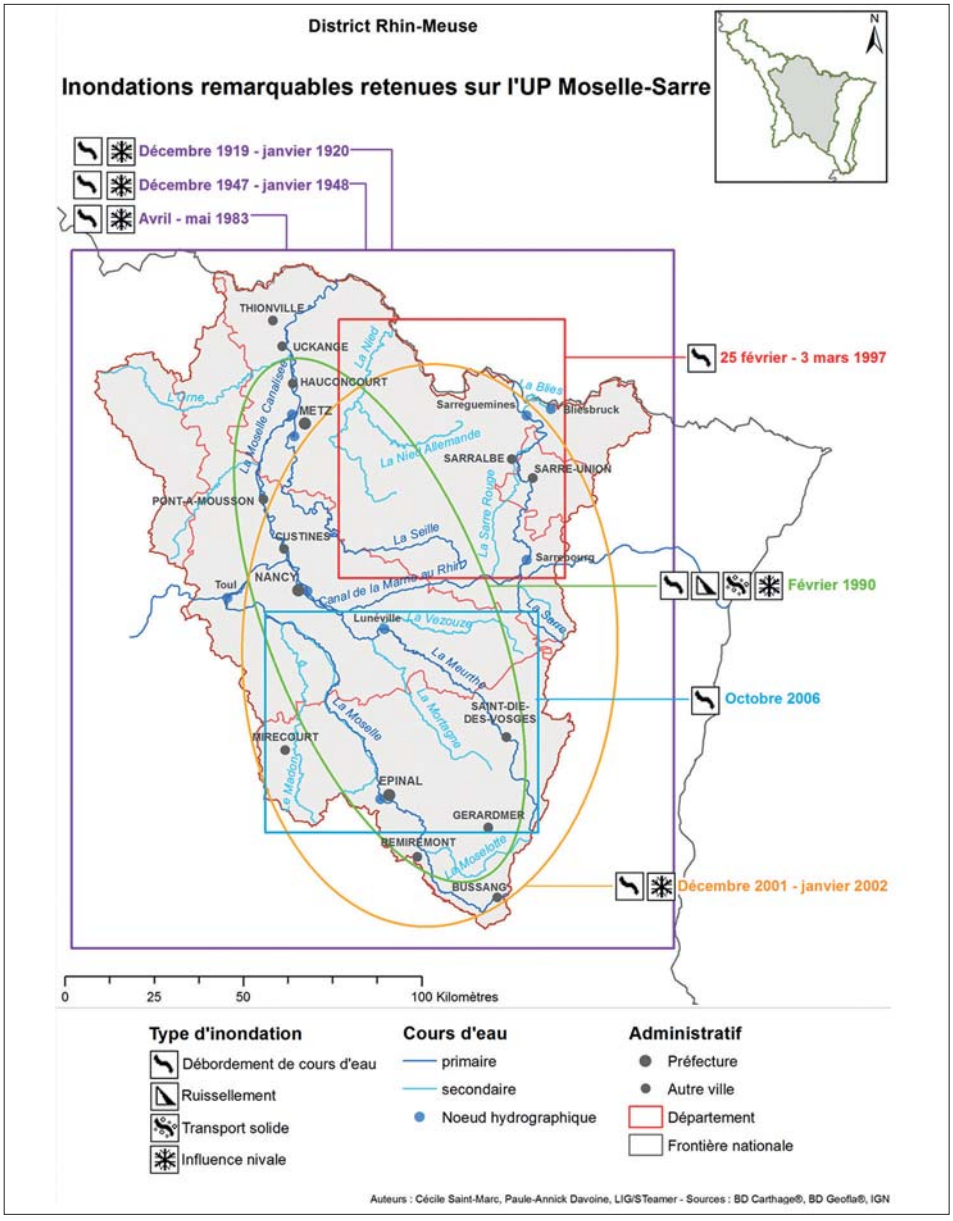


Figure 4-22. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Moselle-Sarre.
Source : LIG/Steamer

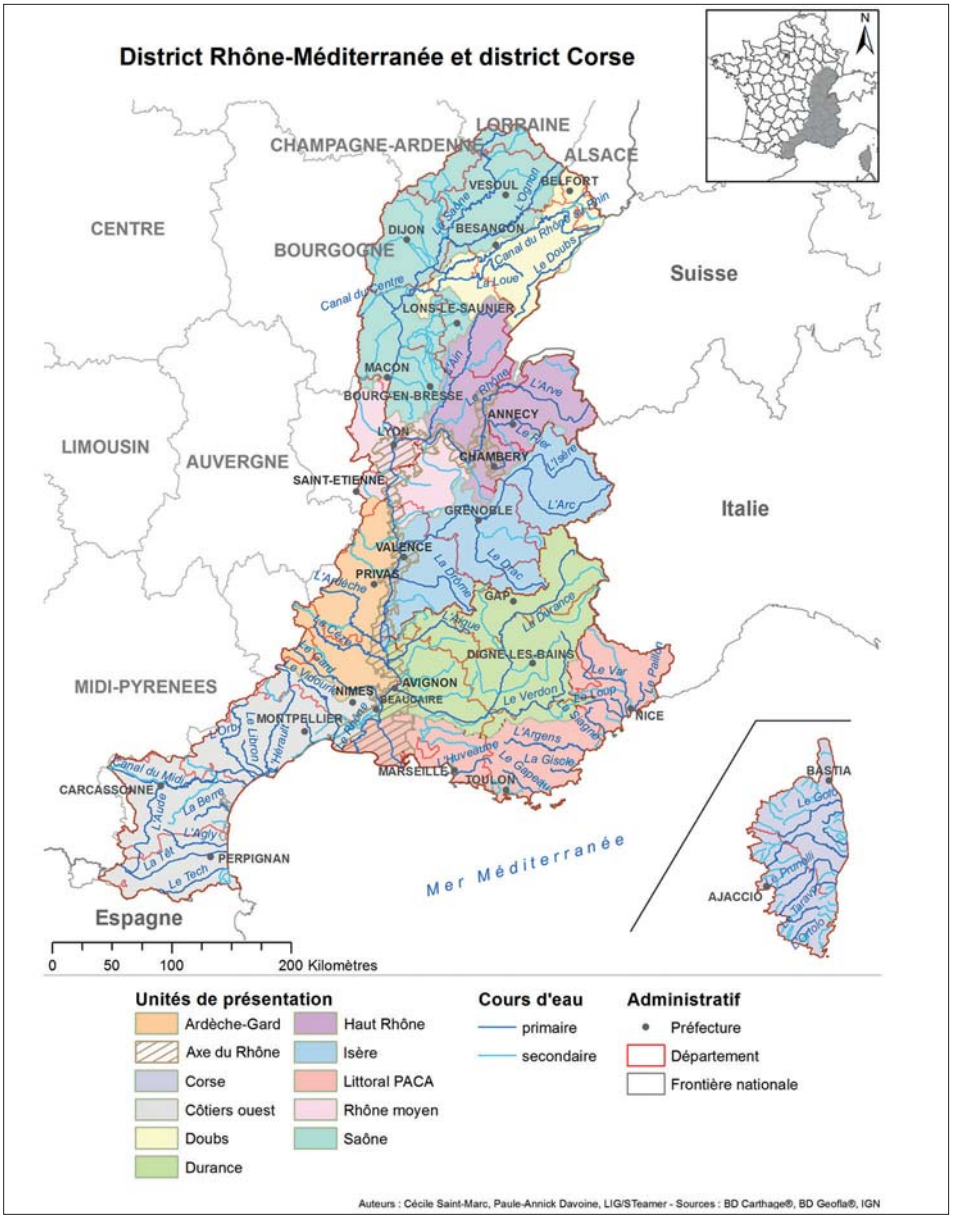


Figure 5-1. Découpage du district Rhône-Méditerranée en dix unités de présentation, ainsi que le district Corse.
Source : LIG/Steamer

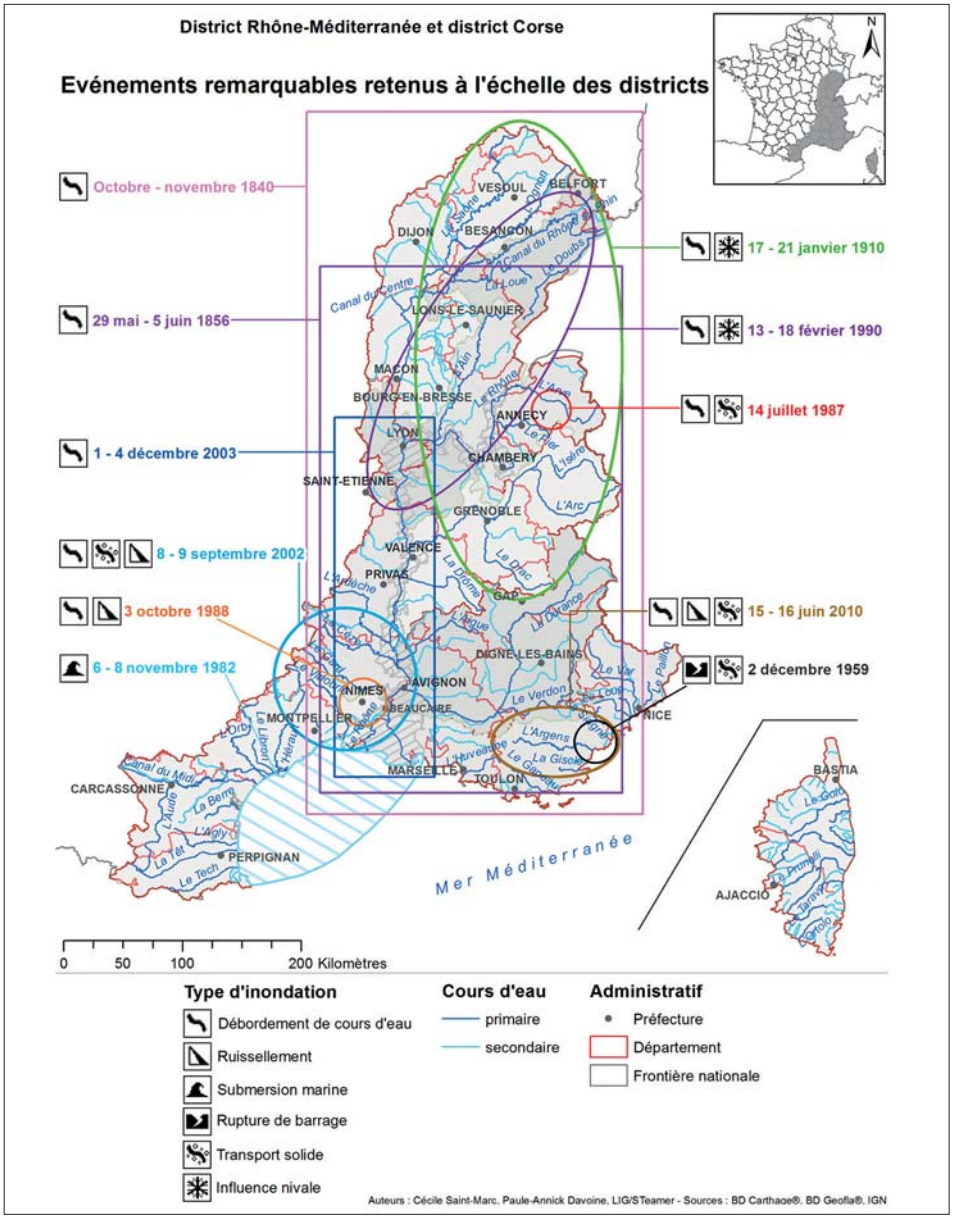


Figure 5-2. Localisation approximative des inondations remarquables sur les districts Rhône-Méditerranée et Corse.
Source : LIG/Steamer

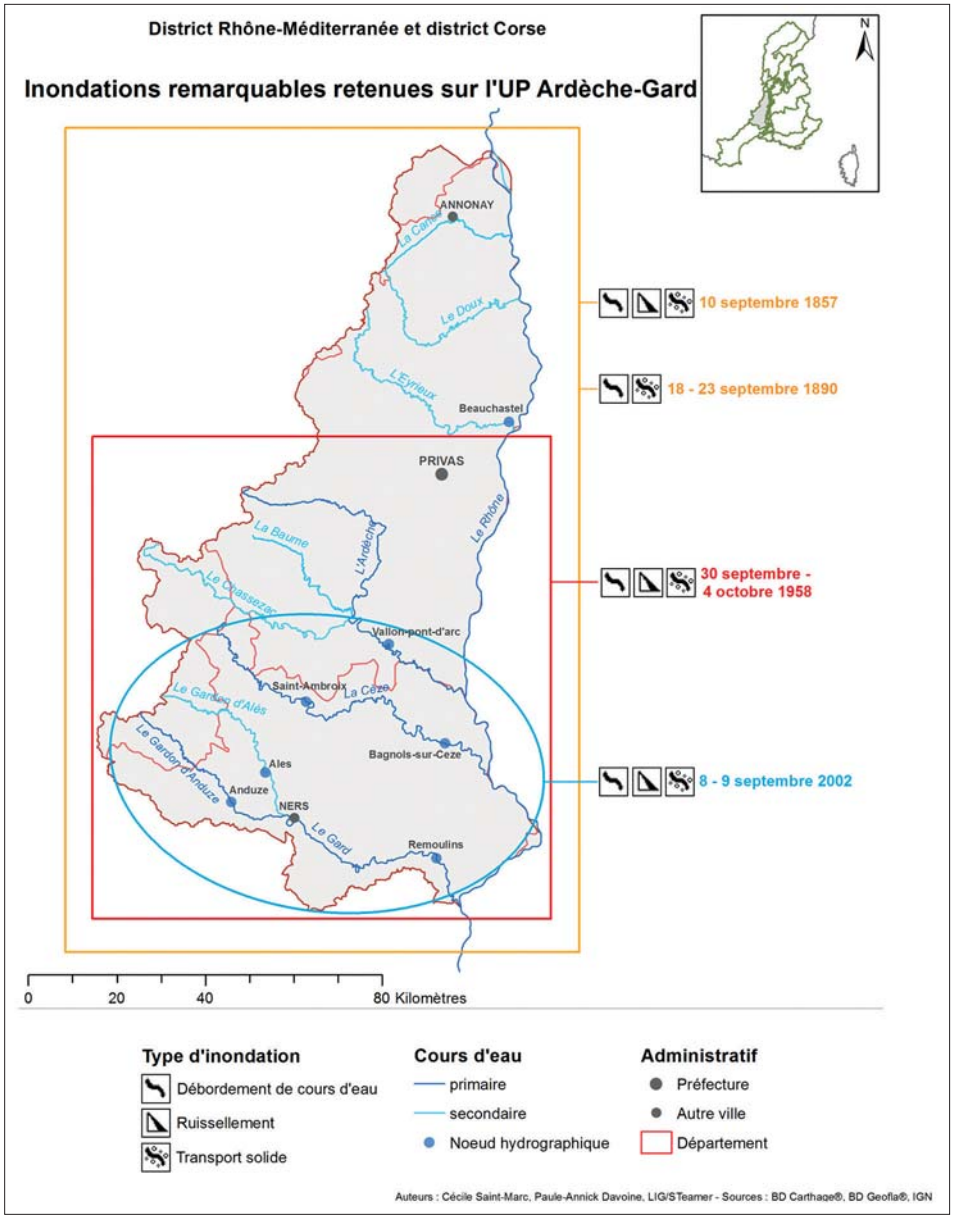


Figure 5-13. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Ardèche-Gard.
Source : LIG/Steamer

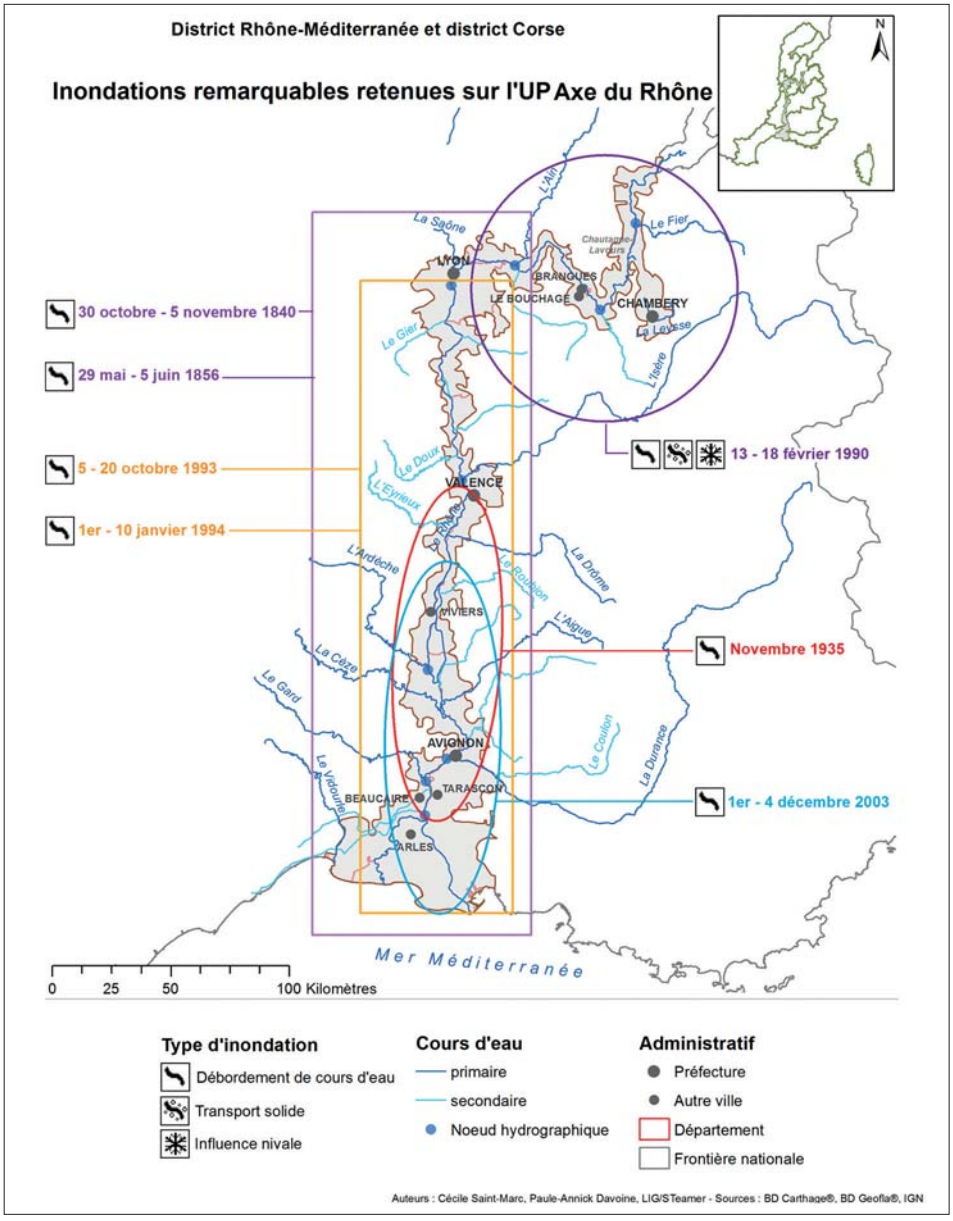


Figure 5-17. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP axe du Rhône.
Source : LIG/Steamer

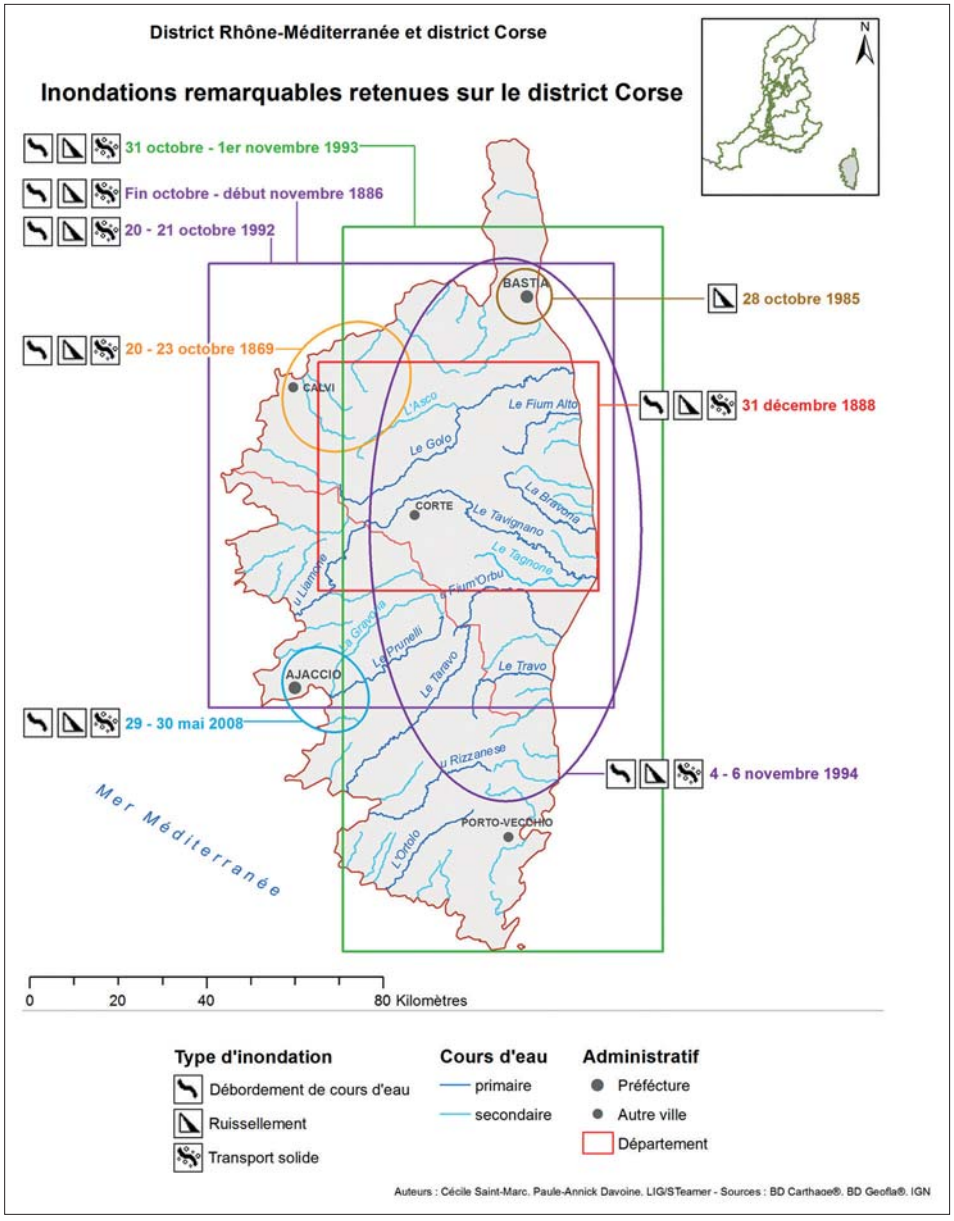


Figure 5-23. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district Corse.
Source : LIG/Steamer

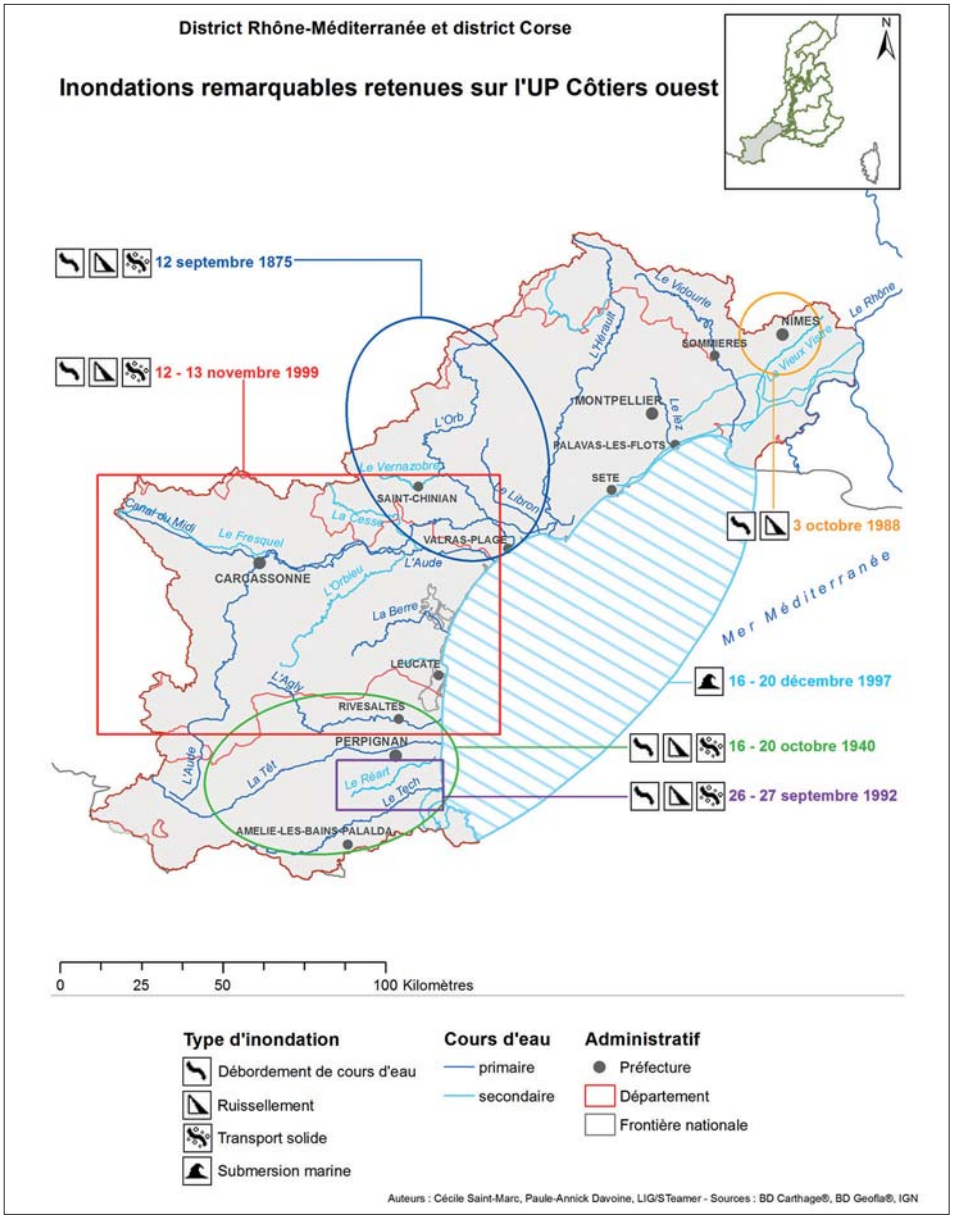


Figure 5-30. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP côtiers Ouest.
Source : LIG/Steamer

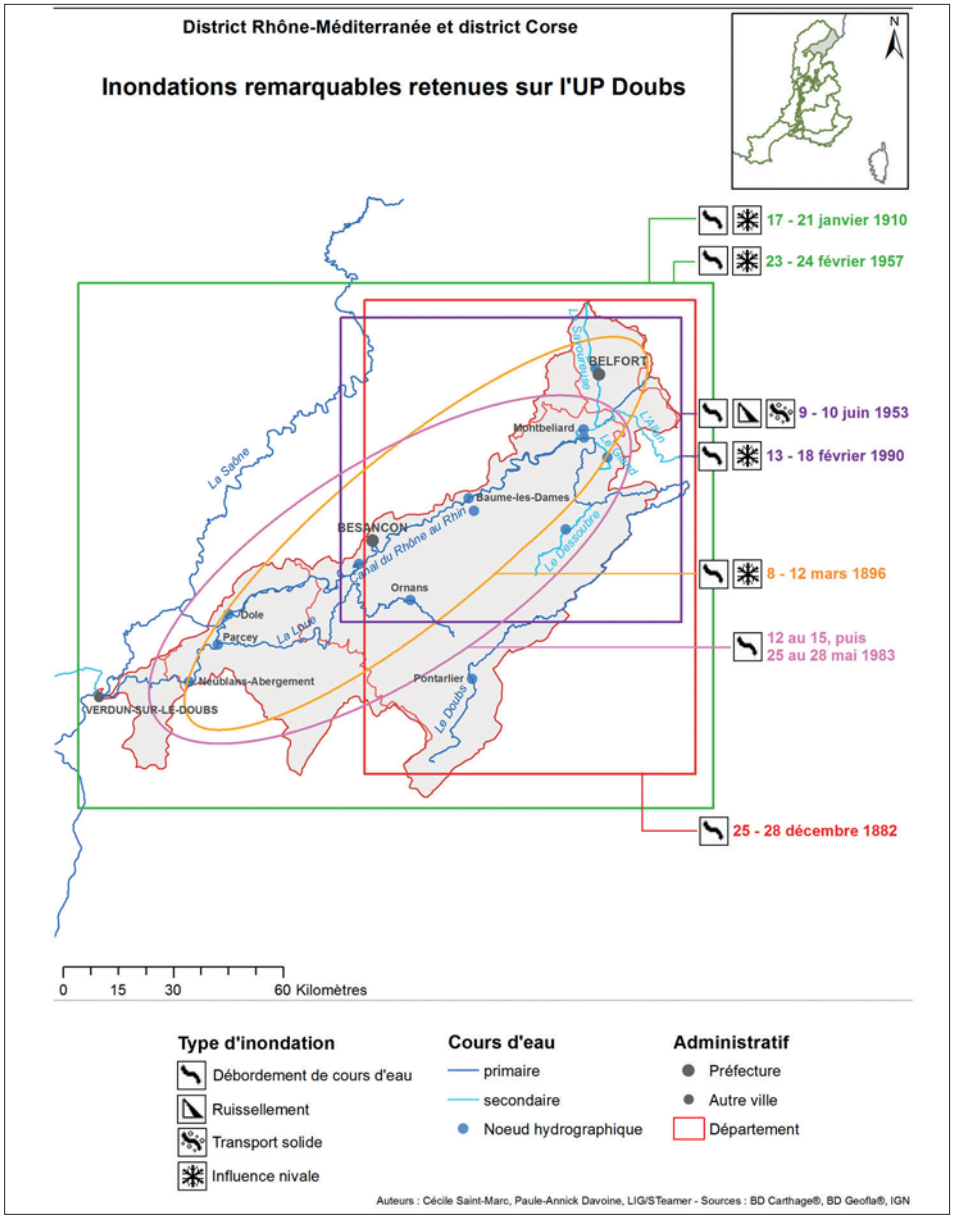


Figure 5-36. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Doubs. Source : LIG/Steamer

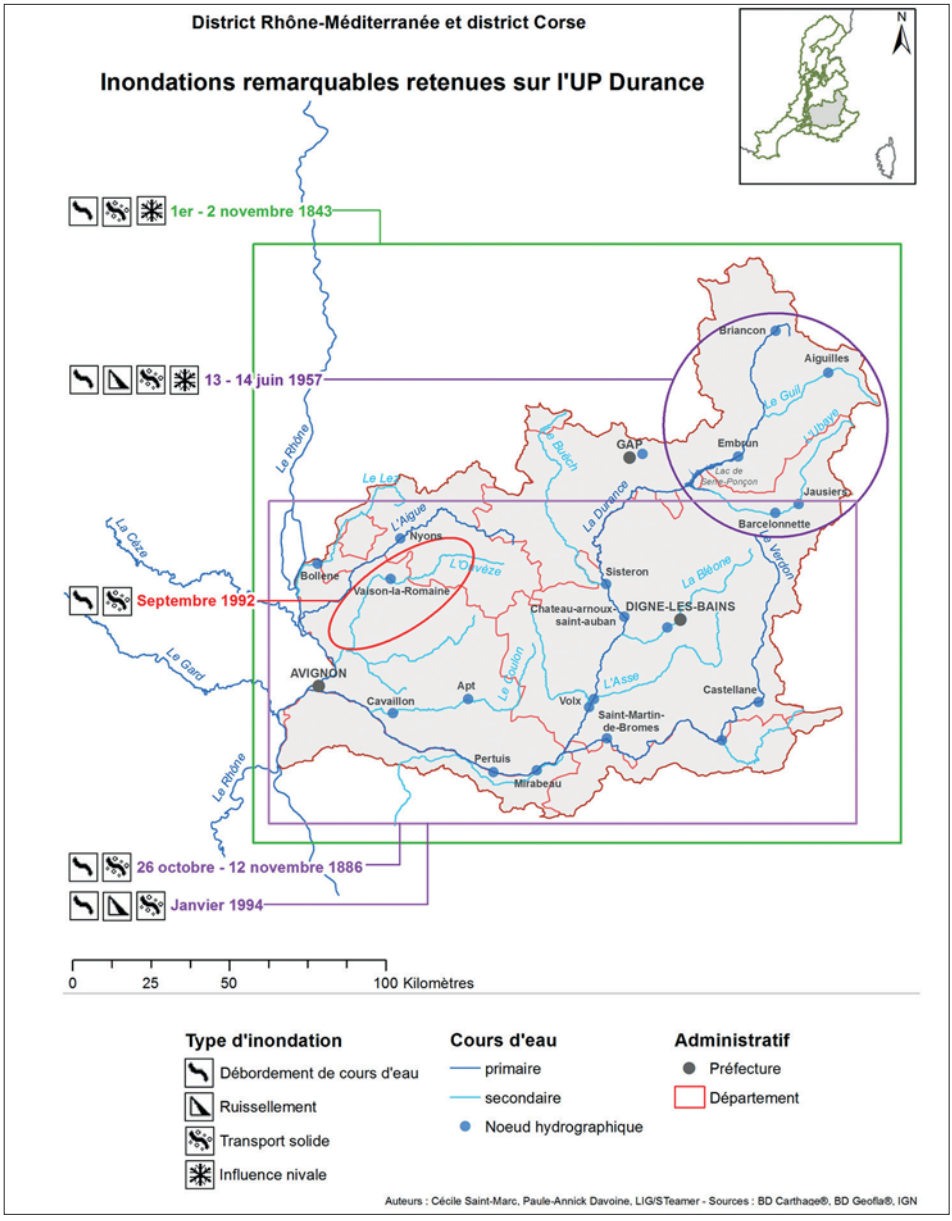


Figure 5-45. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Durance.
Source : LIG/Steamer

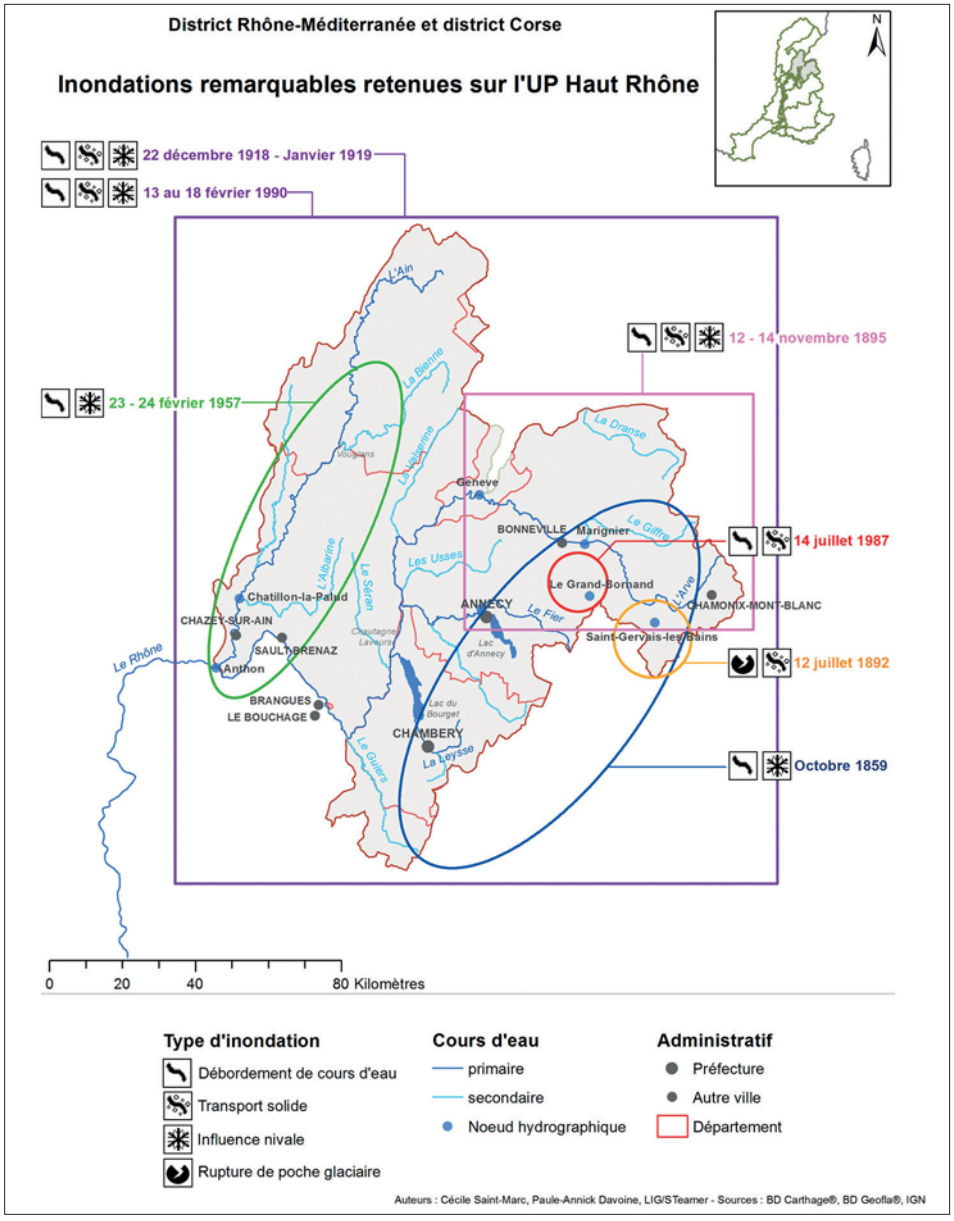


Figure 5-54. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP haut Rhône.
Source : LIG/Steamer

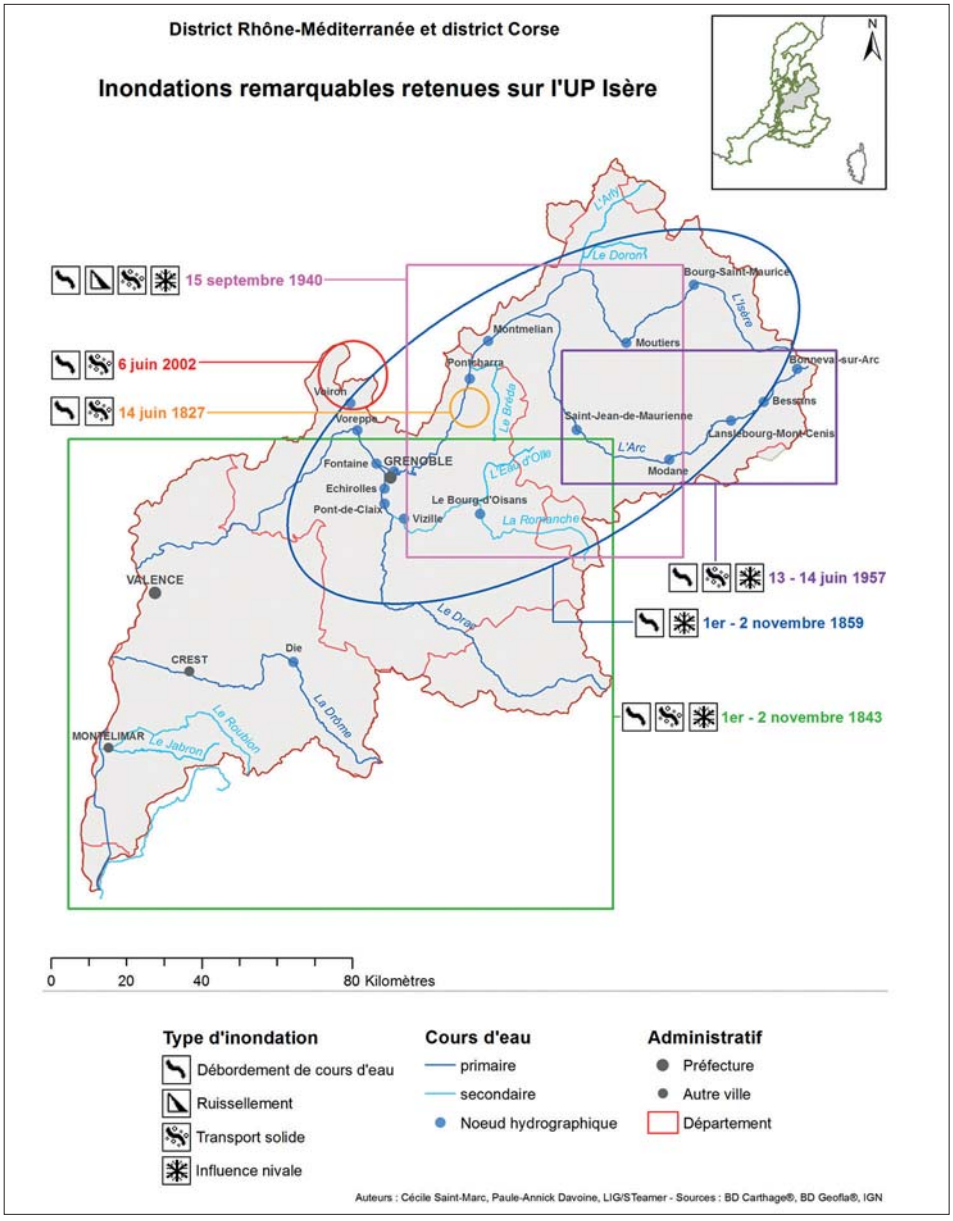


Figure 5-59. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Isère. Source : LIG/Steamer

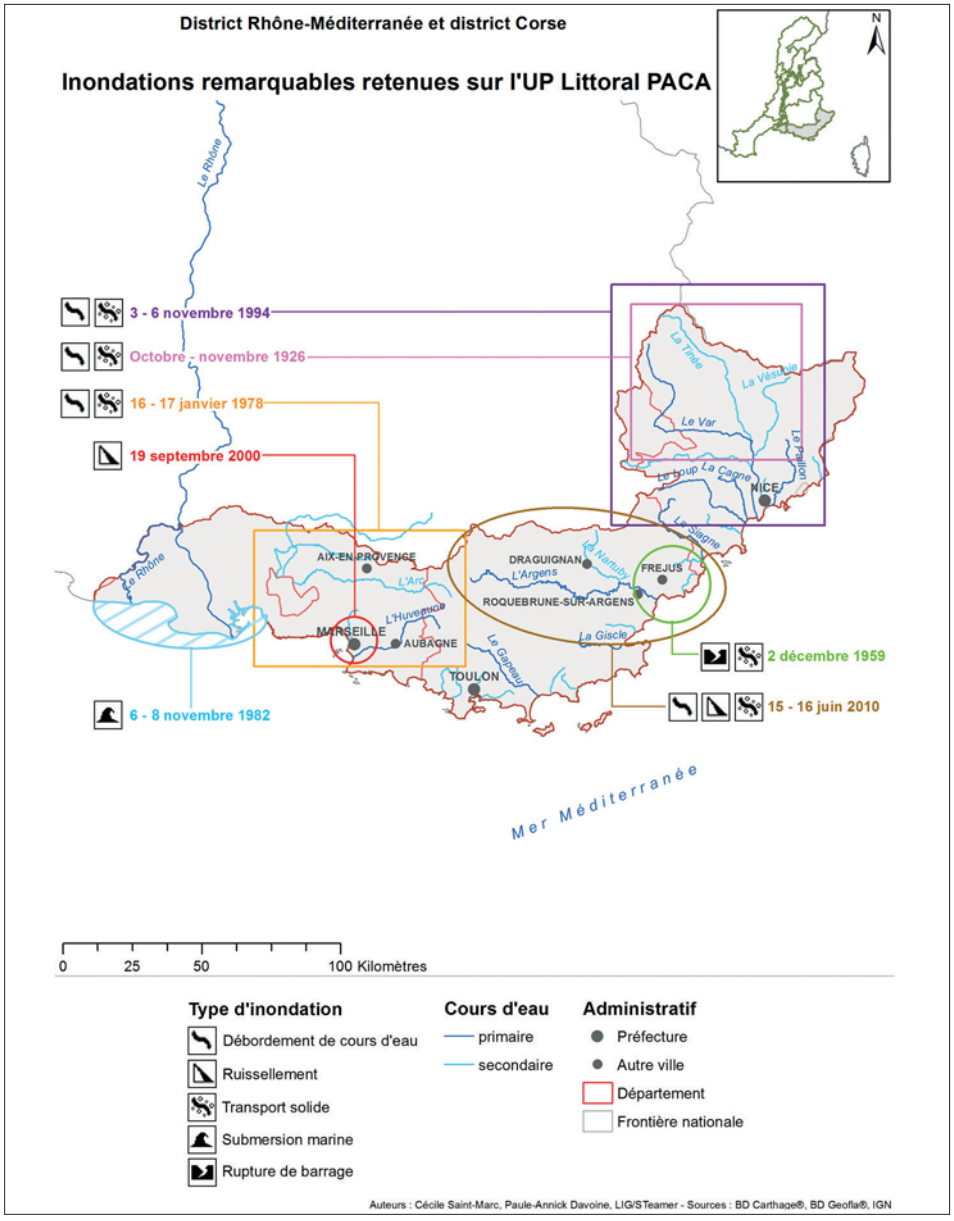


Figure 5-64. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP littoral PACA.
Source : LIG/Steamer

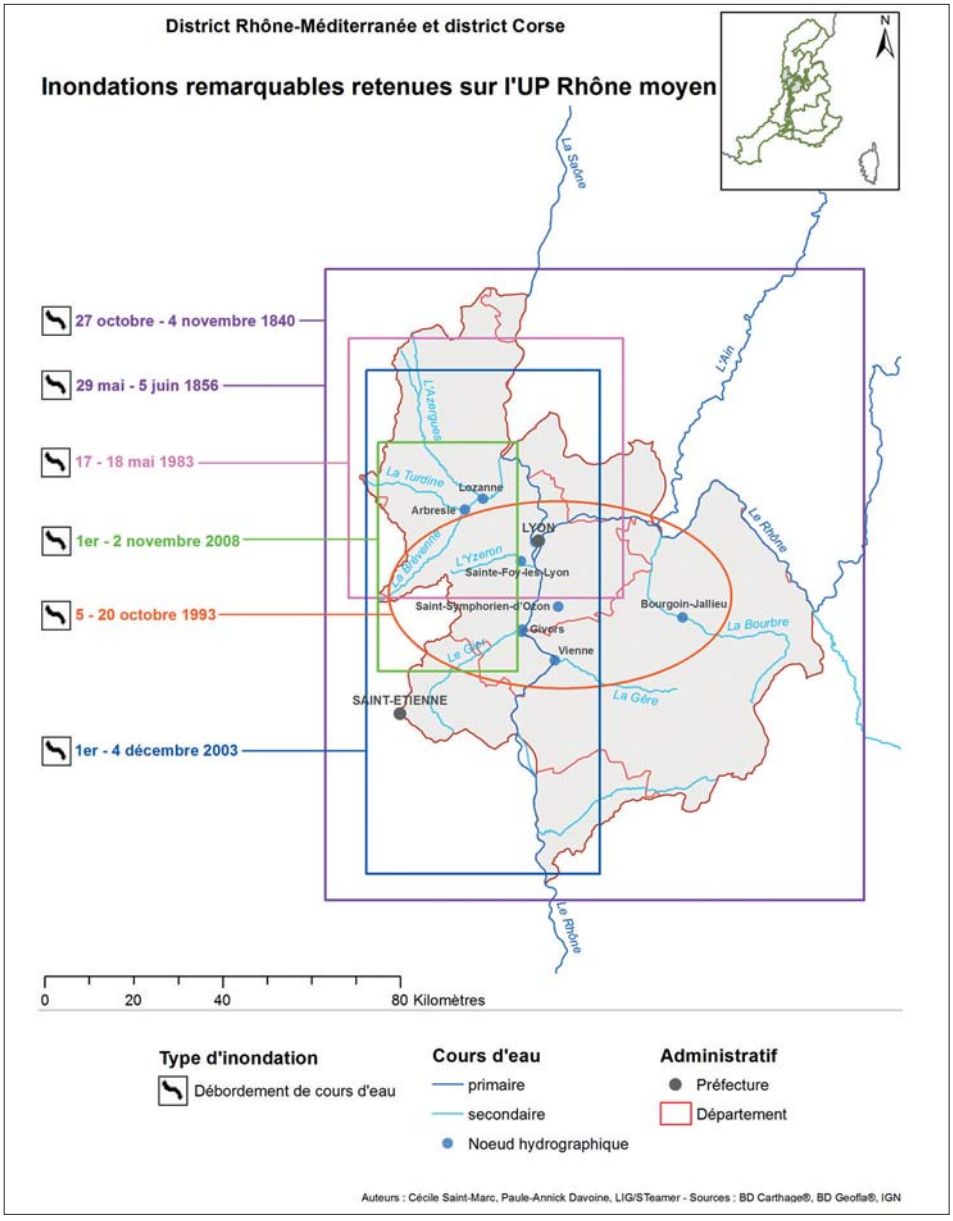


Figure 5-71. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Rhône moyen.
Source : LIG/Steamer

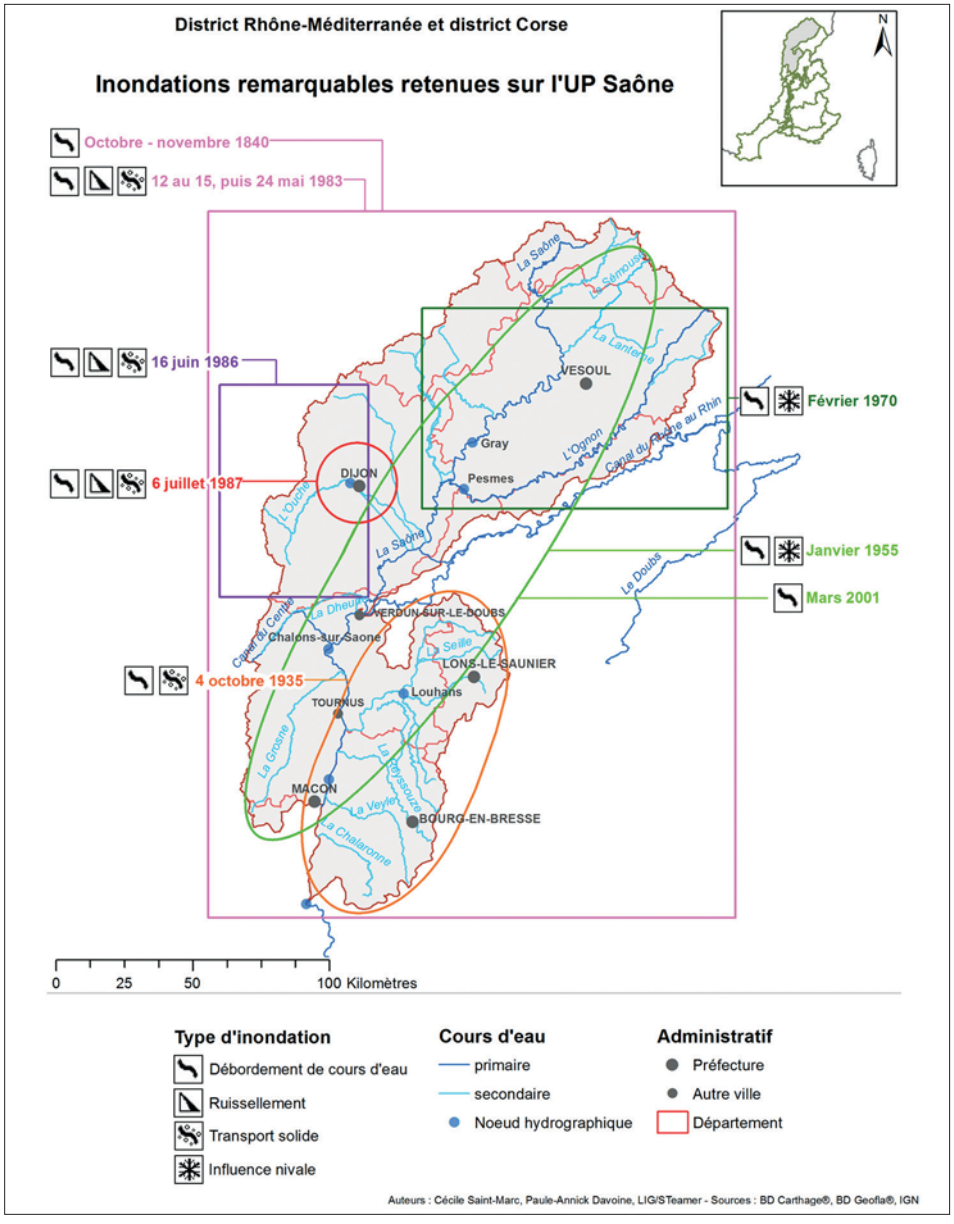


Figure 5-76. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Saône. Source : LIG/Steamer

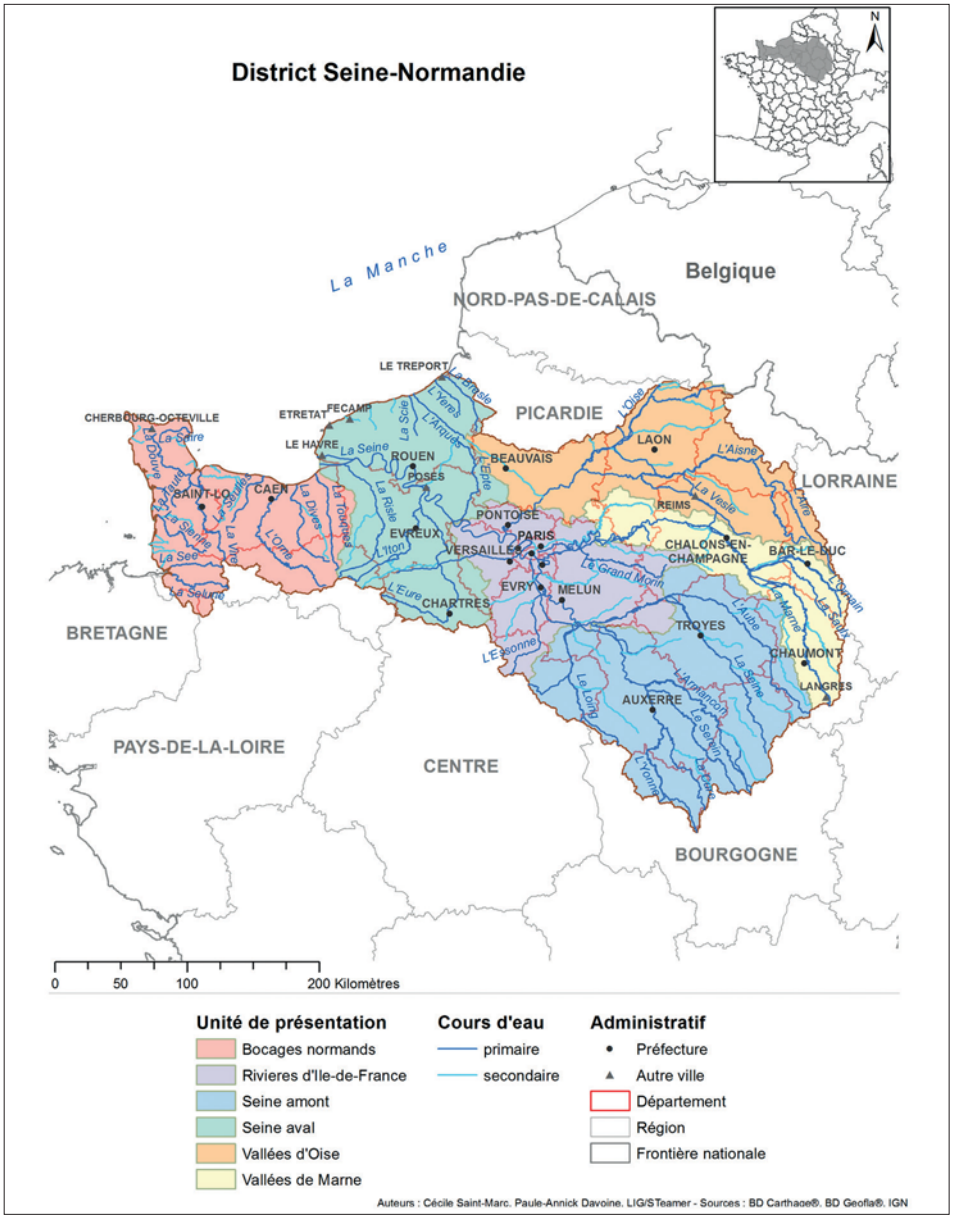


Figure 6-1. Découpage du district Seine-Normandie en six unités de présentation.
Source : LIG/Steamer

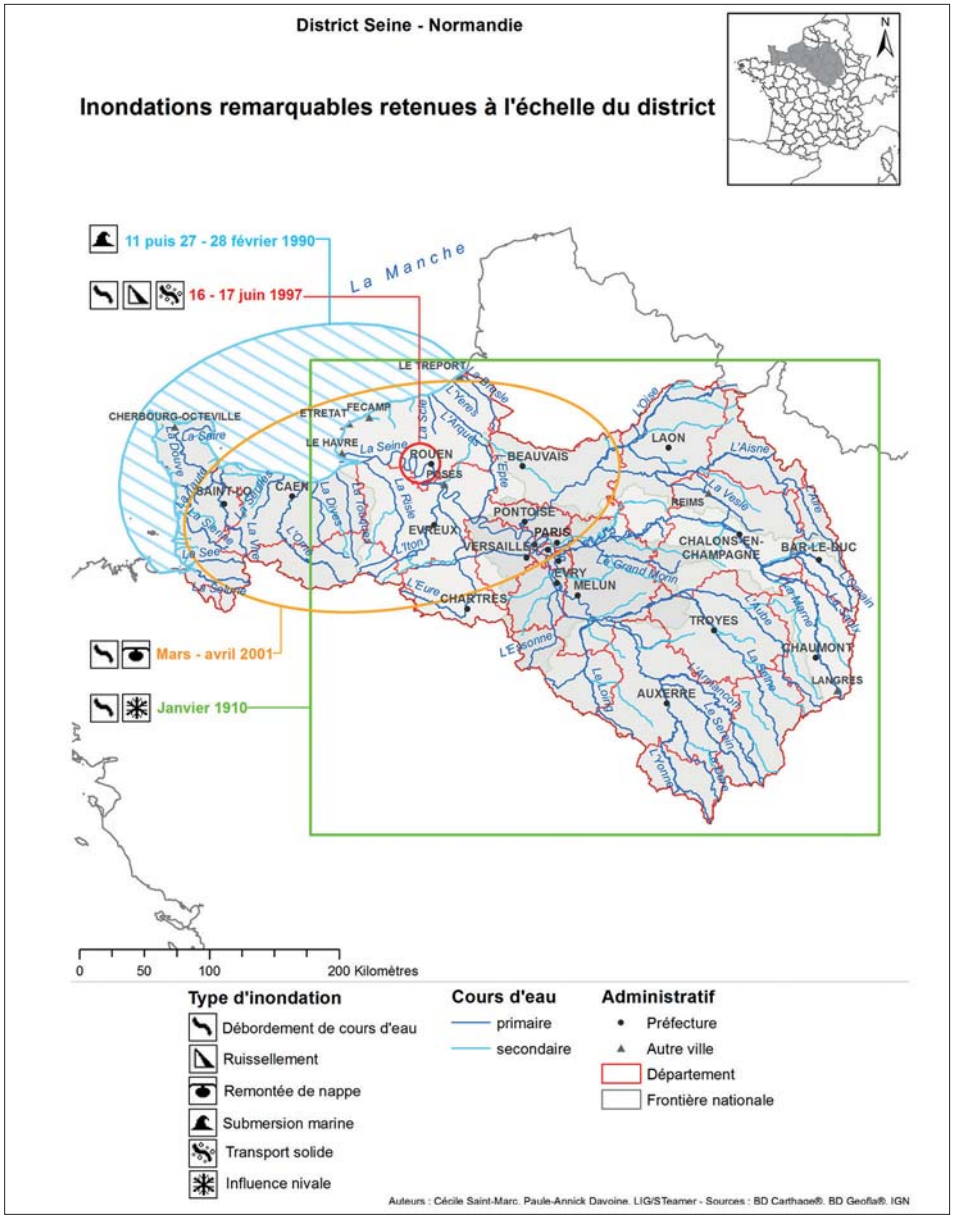


Figure 6-2. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district Seine-Normandie.
Source : LIG/Steamer

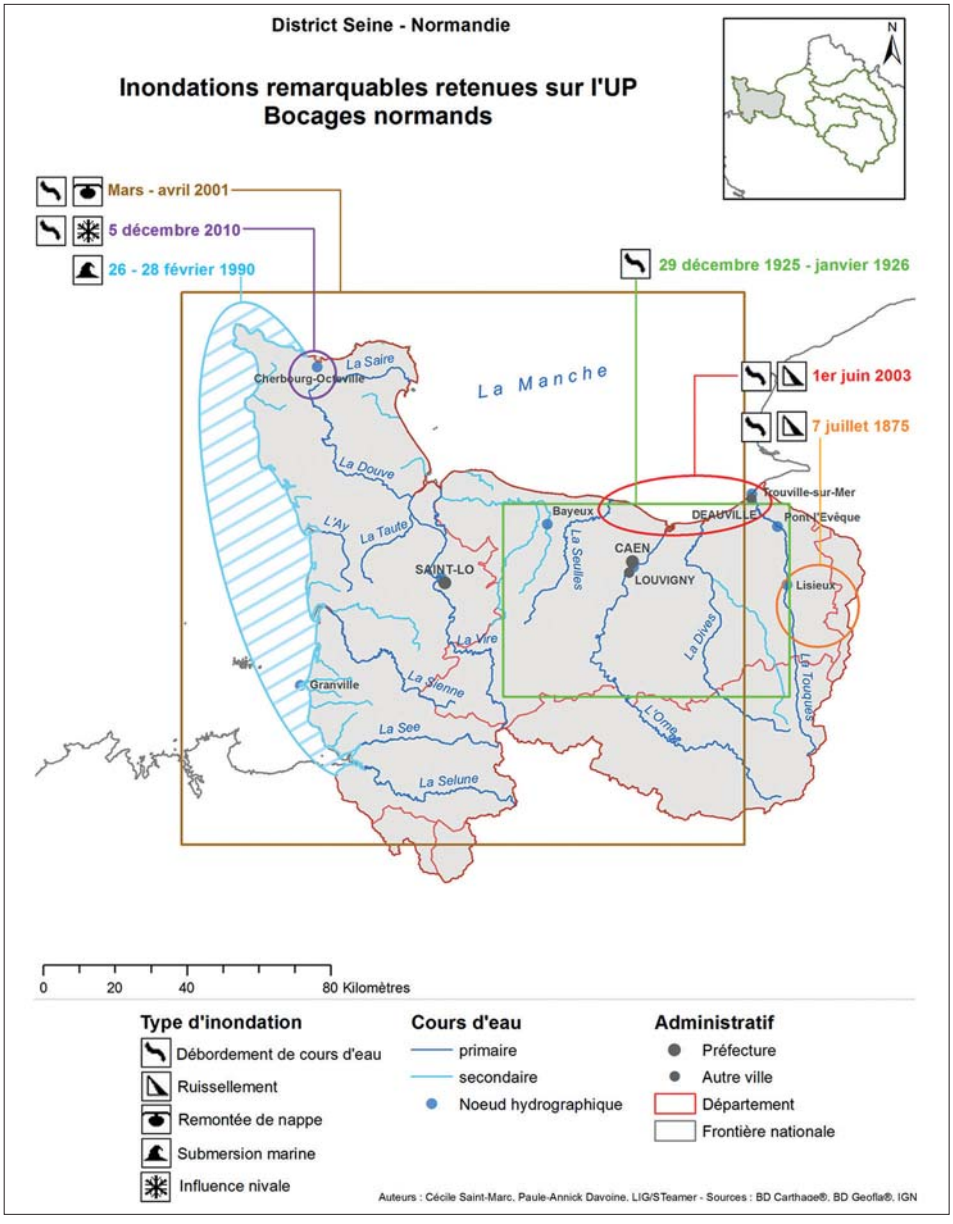


Figure 6-8. Localisation approximative des inondations remarquables pour l'UP Bocage normand.
Source : LIG/Steamer

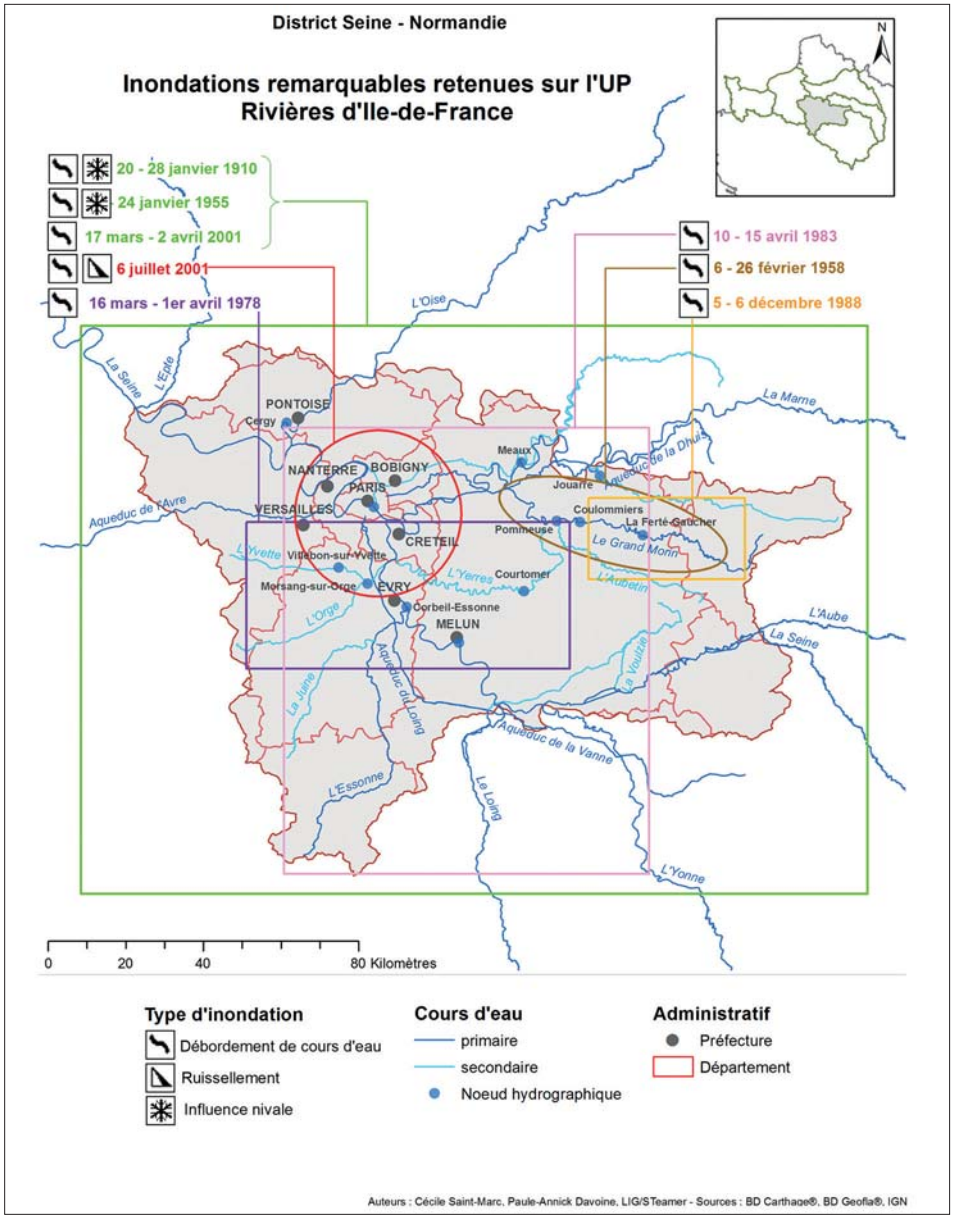


Figure 6-11. Localisation approximative des inondations remarquables pour l'UP rivières d'Île-de-France.
Source : LIG/Steamer

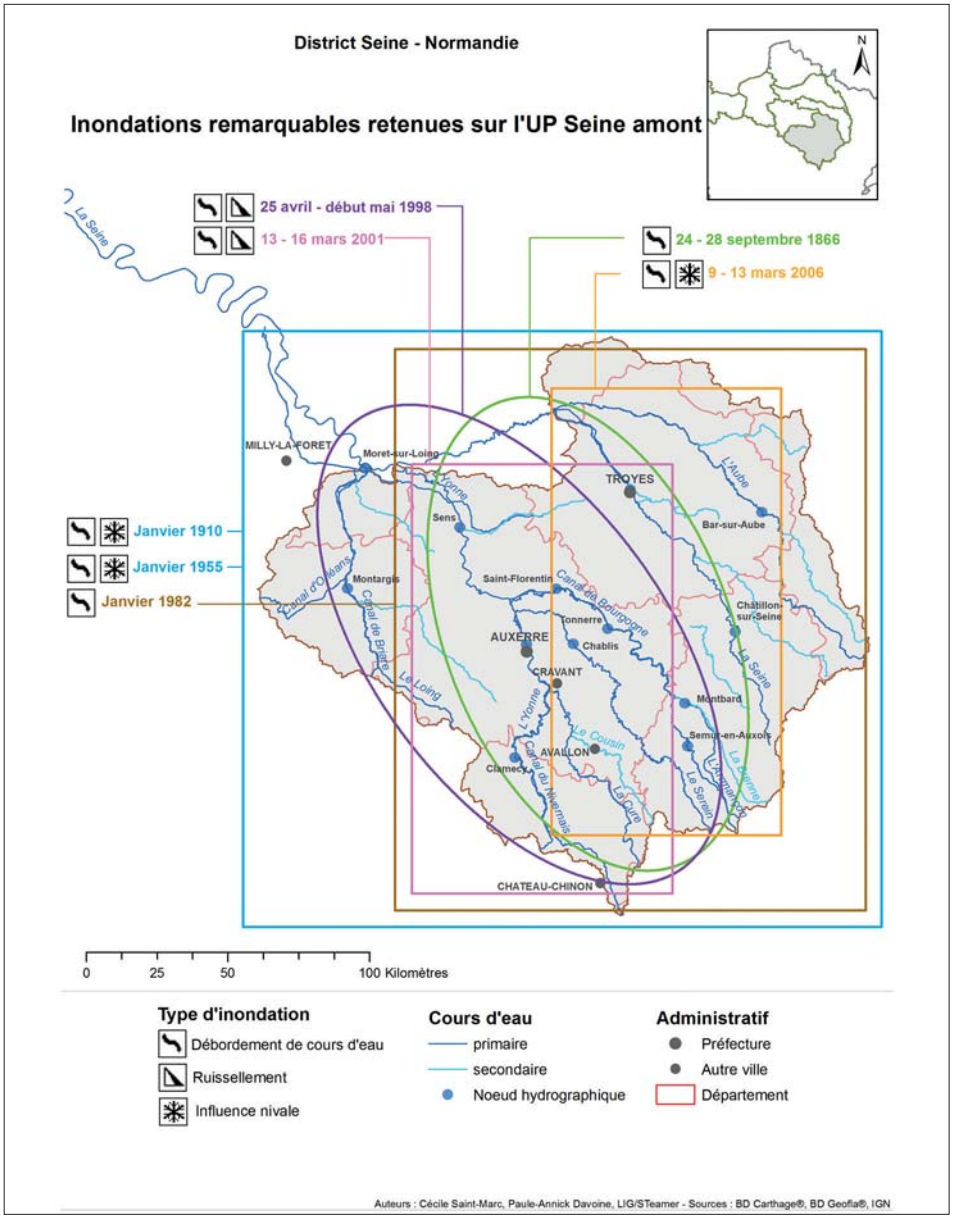


Figure 6-16. Localisation approximative des inondations remarquables pour l'UP Seine amont.
Source : LIG/Steamer

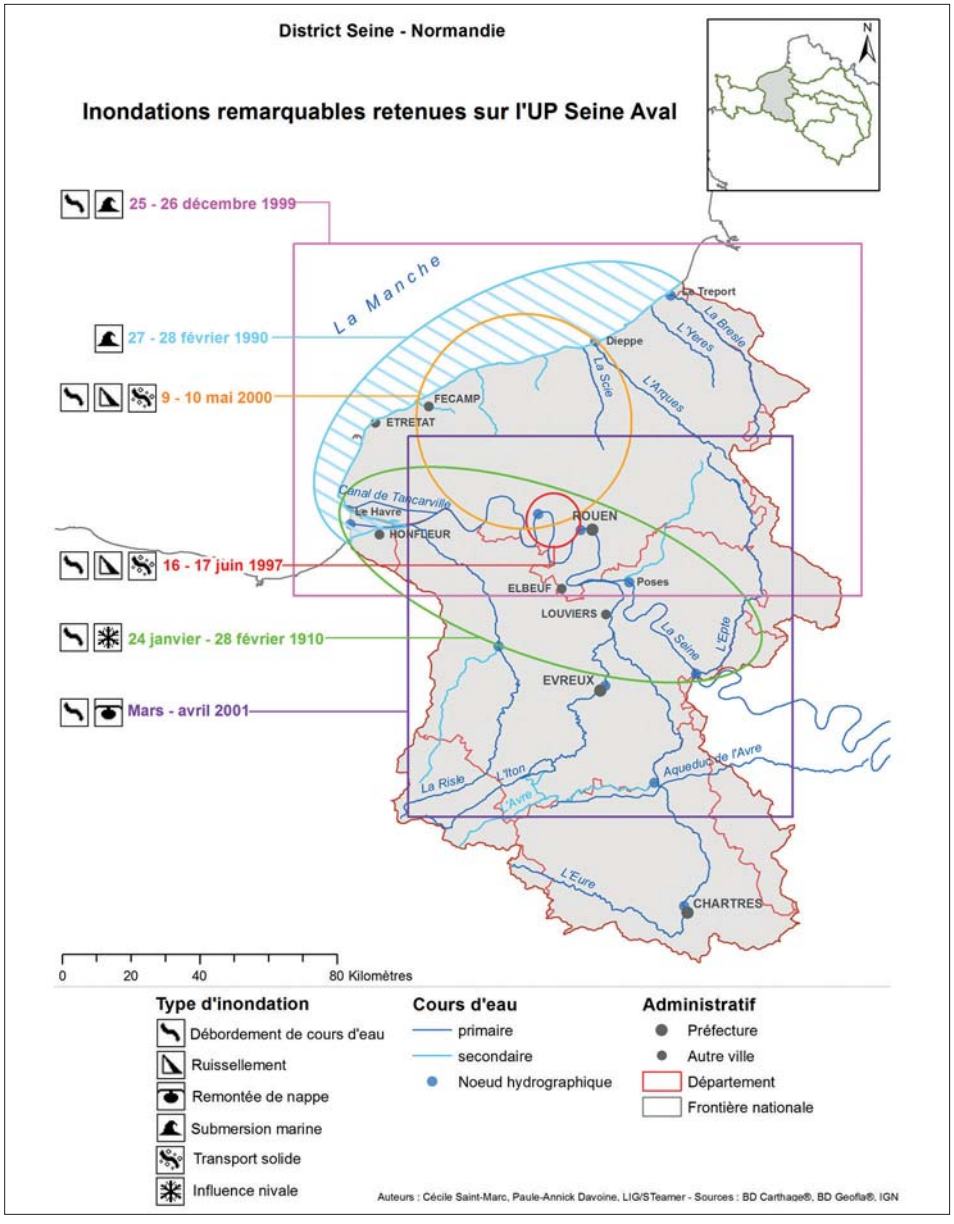


Figure 6-23. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP Seine aval.
Source : LIG/Steamer

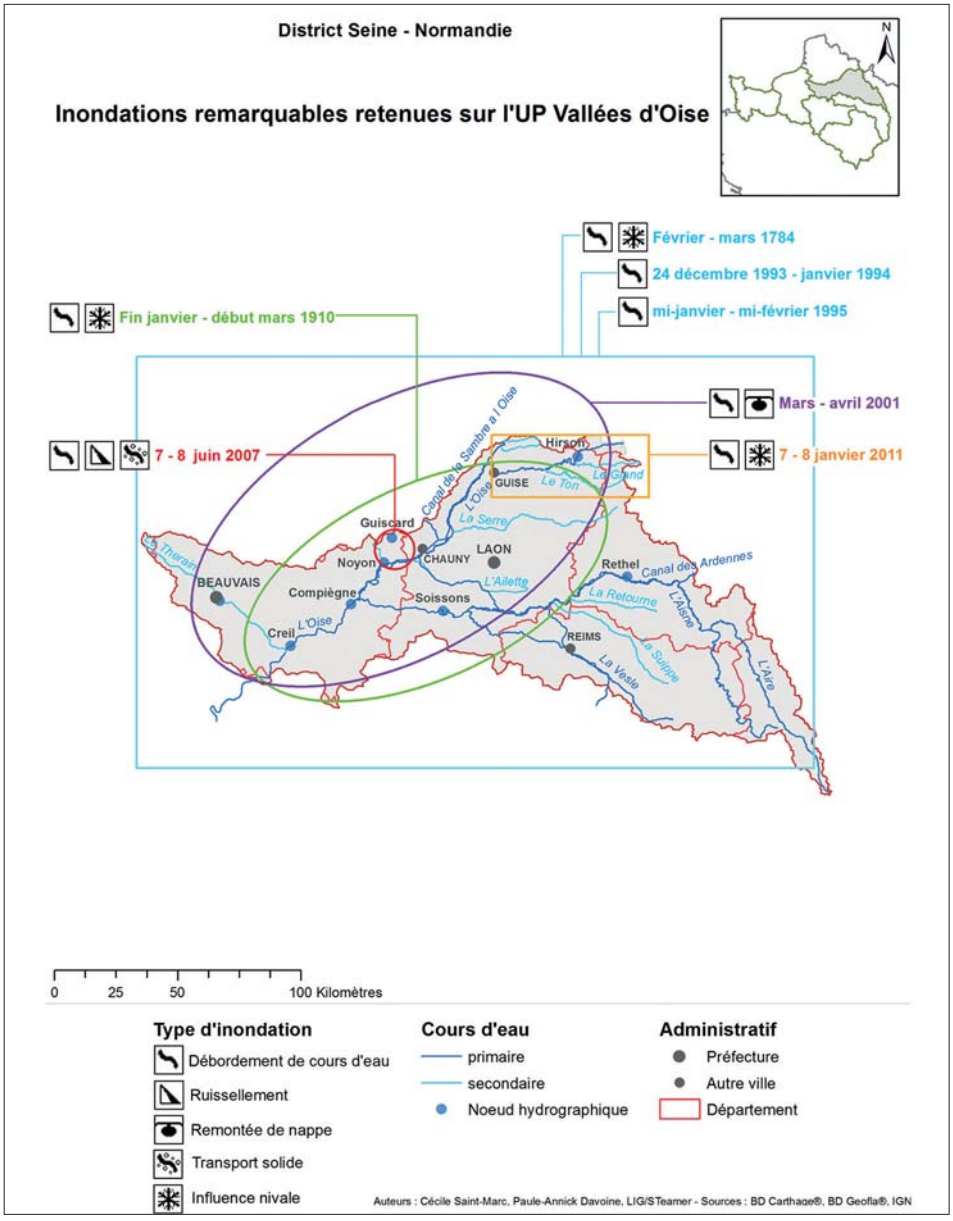


Figure 6-28. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP vallées d'Oise.
Source : LIG/Steamer

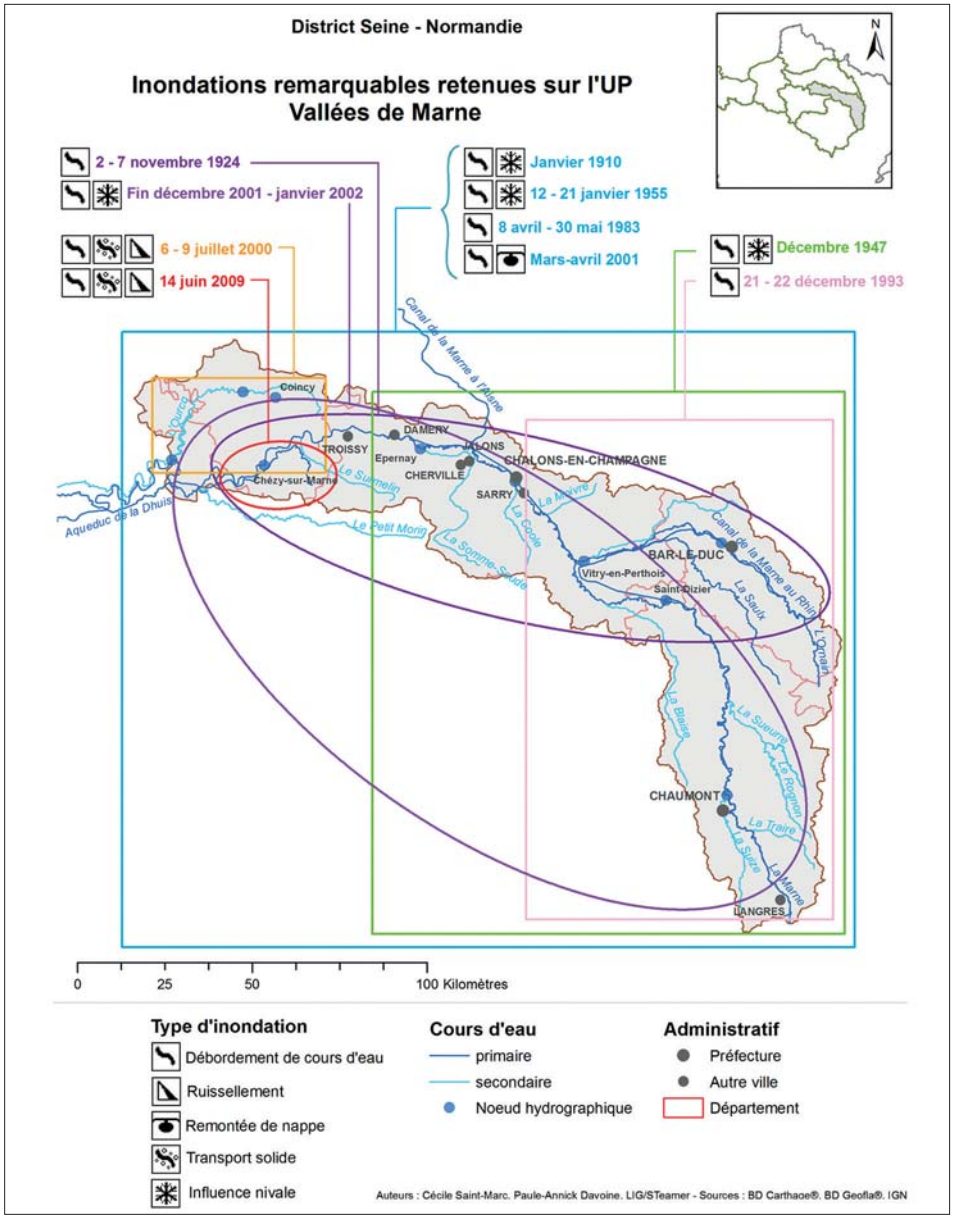


Figure 6-38. Localisation approximative des inondations remarquables sur l'UP vallées de Marne.
Source : LIG/Steamer

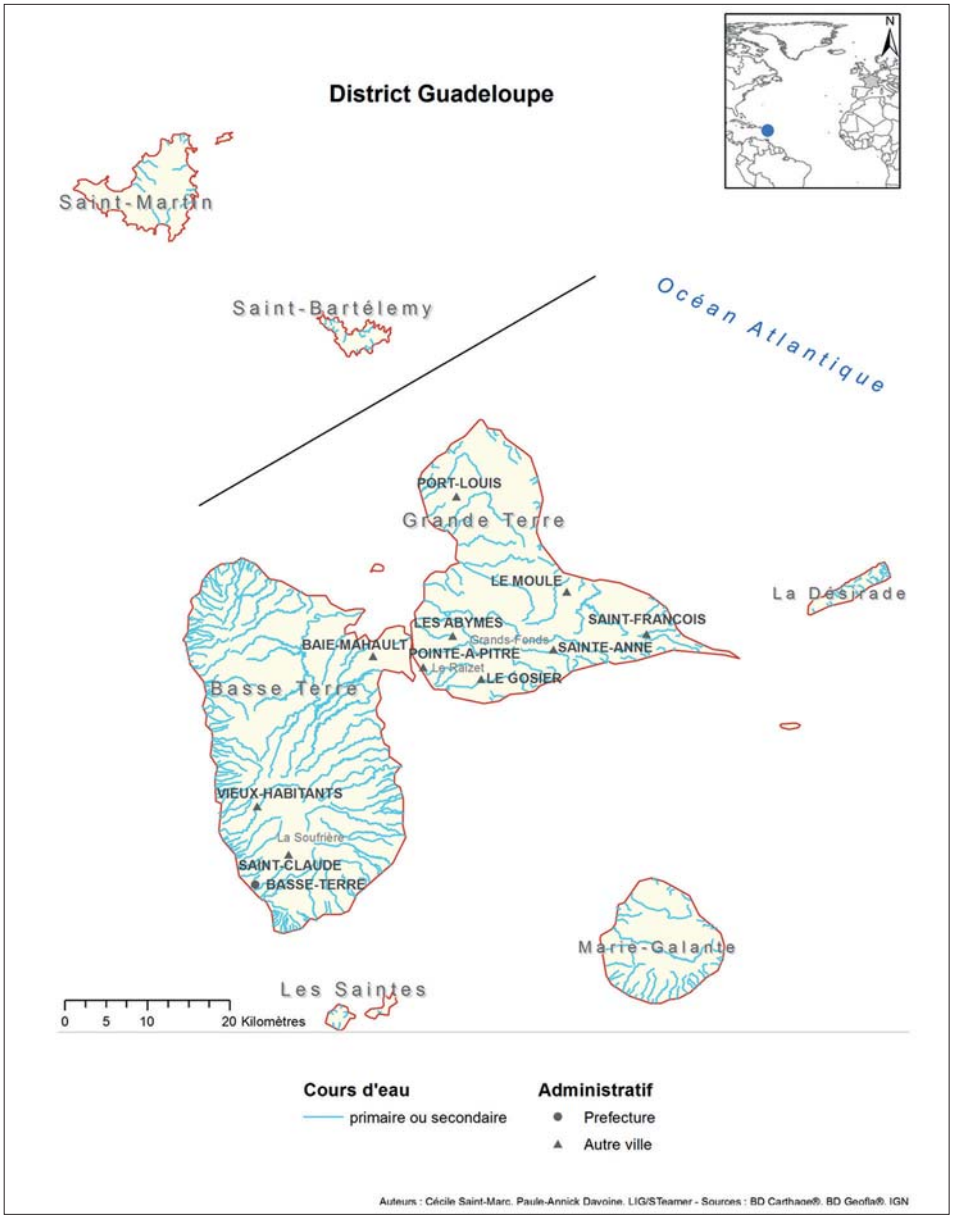


Figure 7-1. District de la Guadeloupe.
Source : LIG/Steamer

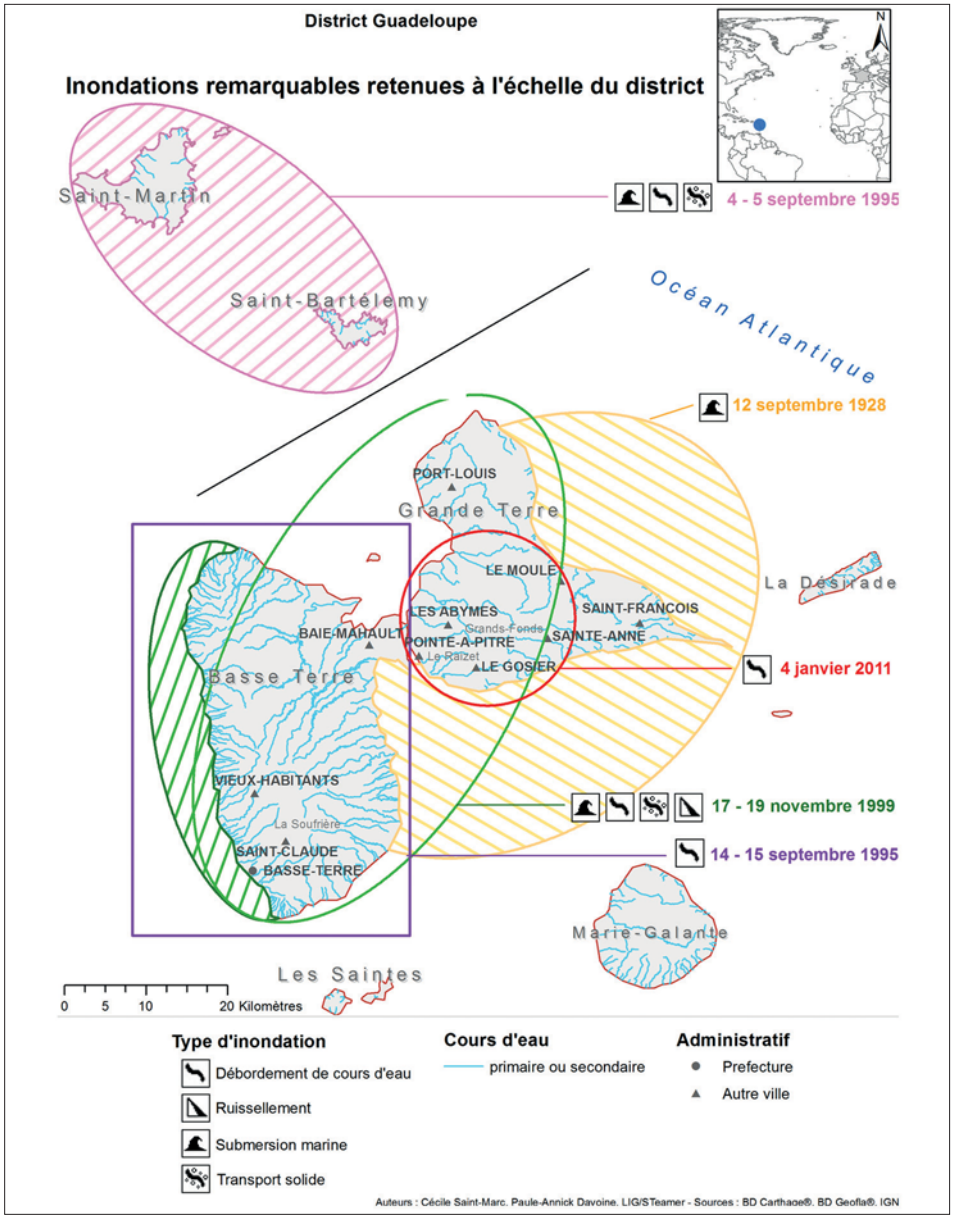


Figure 7-3. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district de la Guadeloupe.
Source : LIG/Steamer

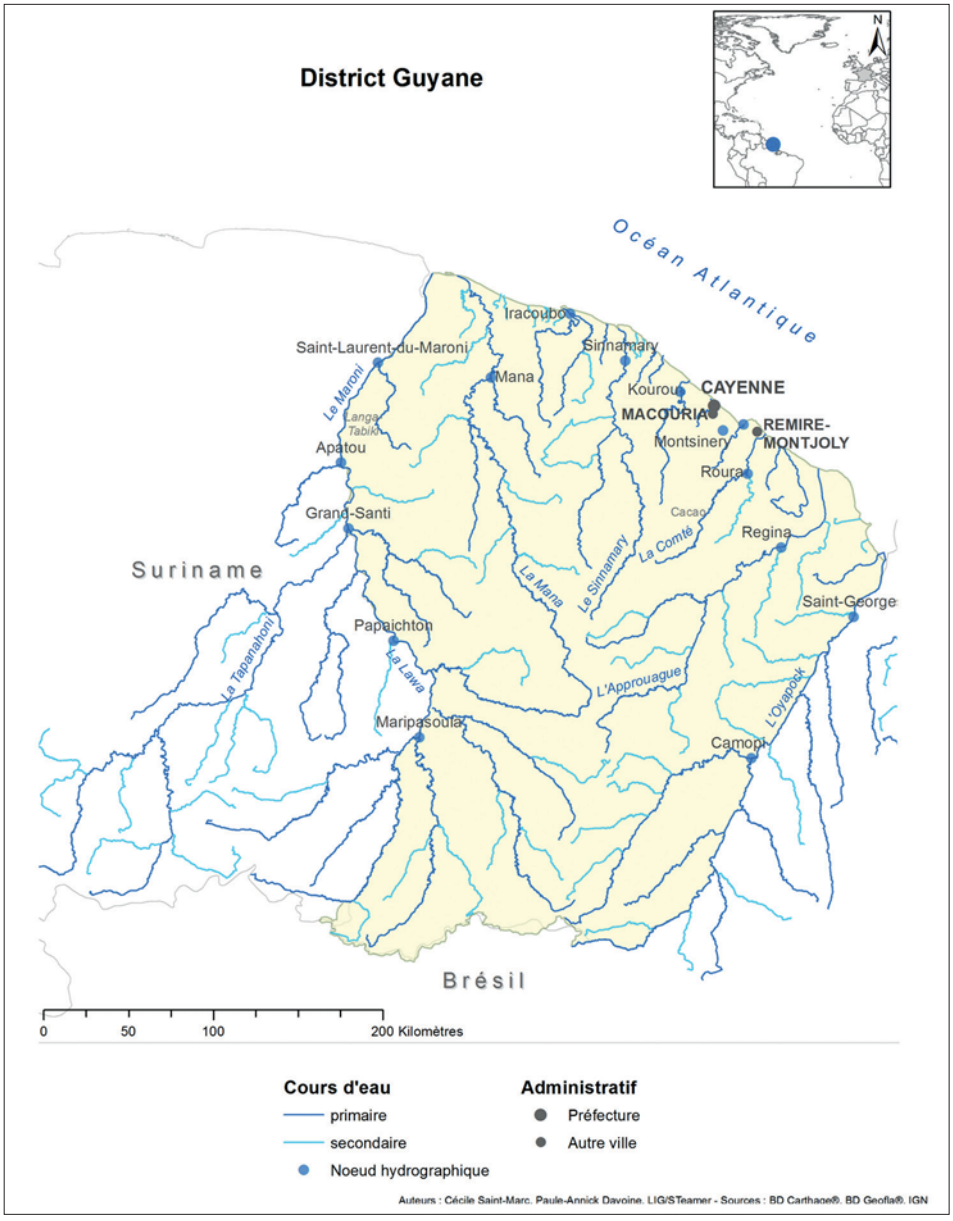


Figure 7-8. District de la Guyane.
Source : LIG/Steamer

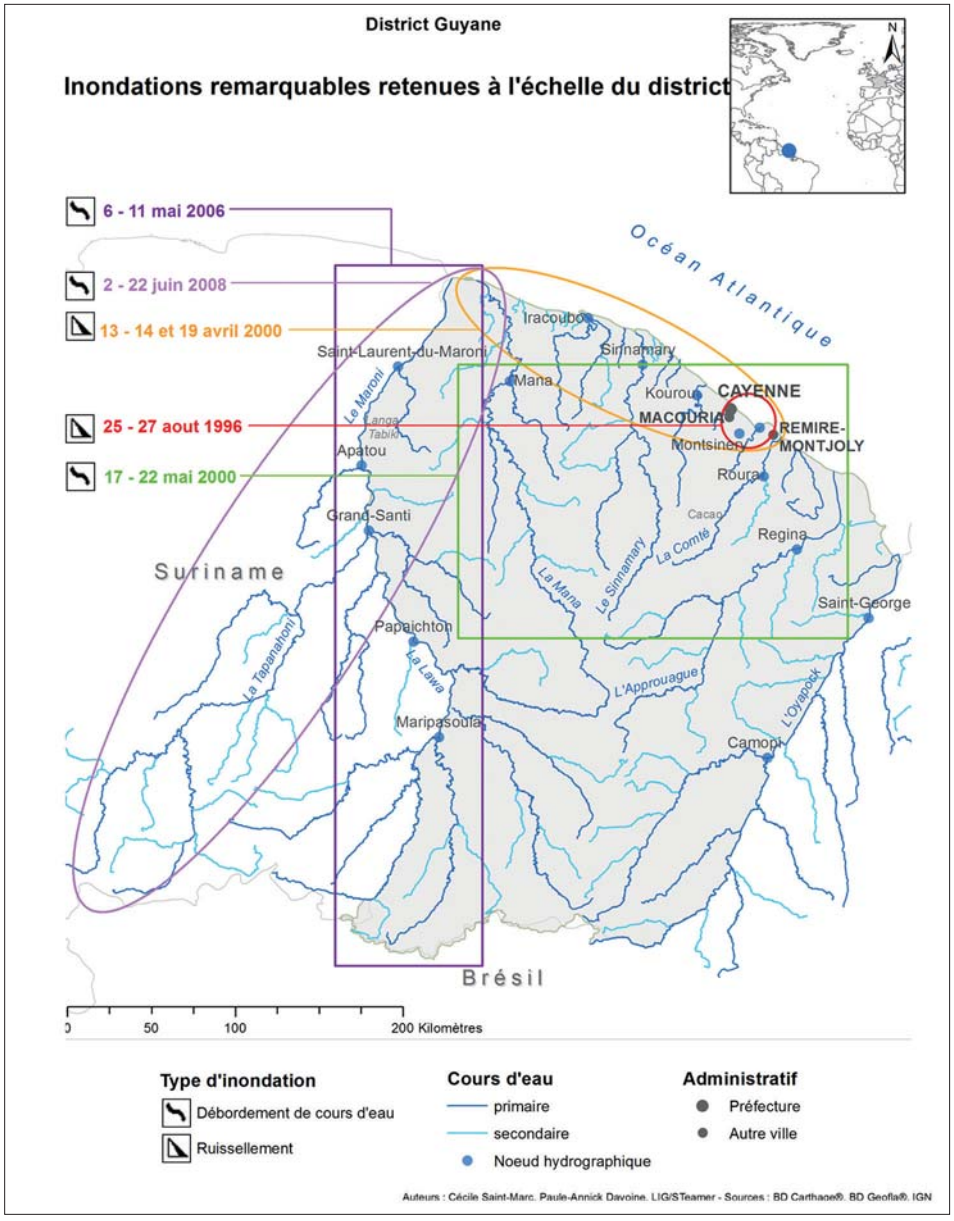


Figure 7-10. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district de la Guyane.
Source : LIG/Steamer

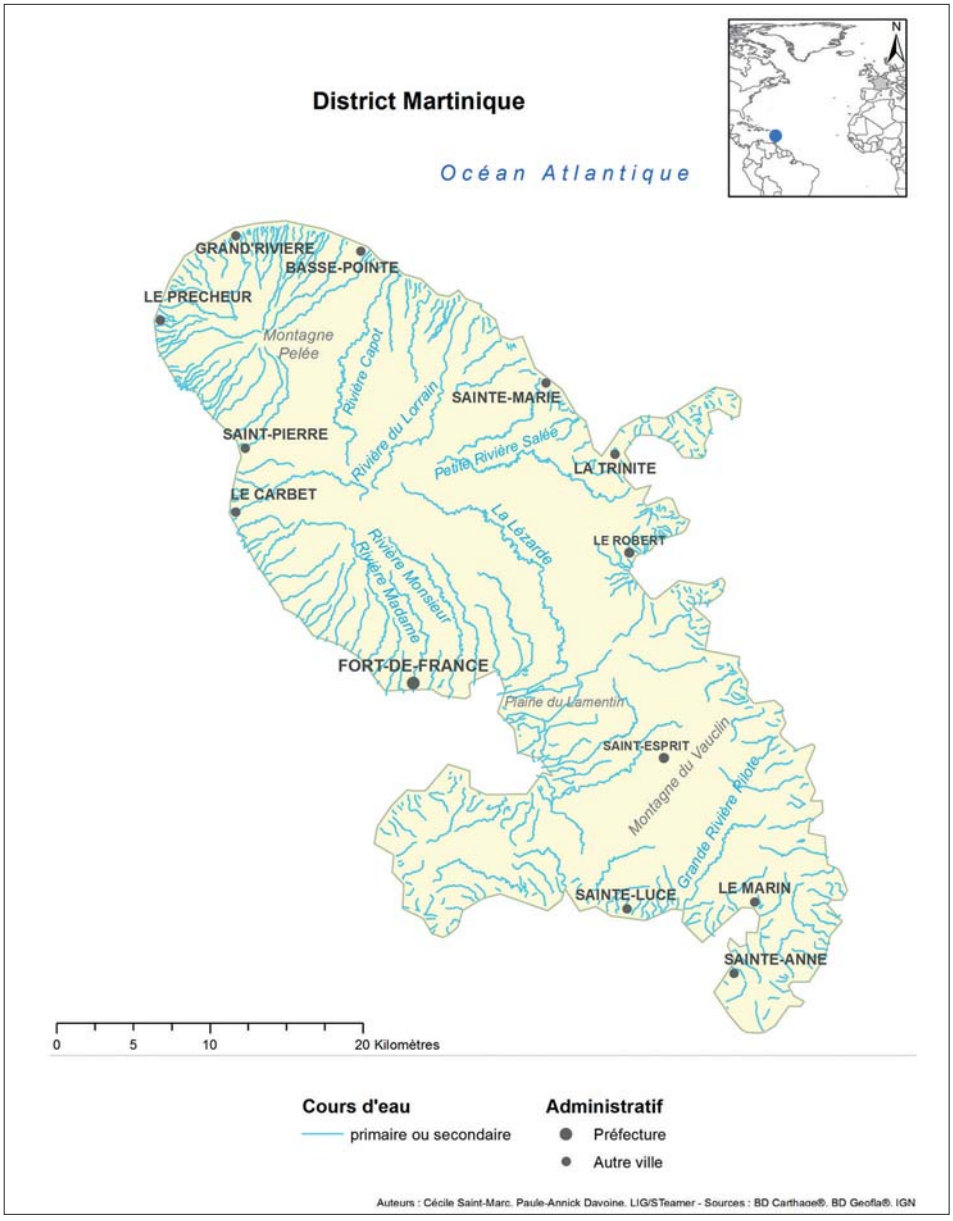


Figure 7-14. District de la Martinique.
Source : LIG/Steamer

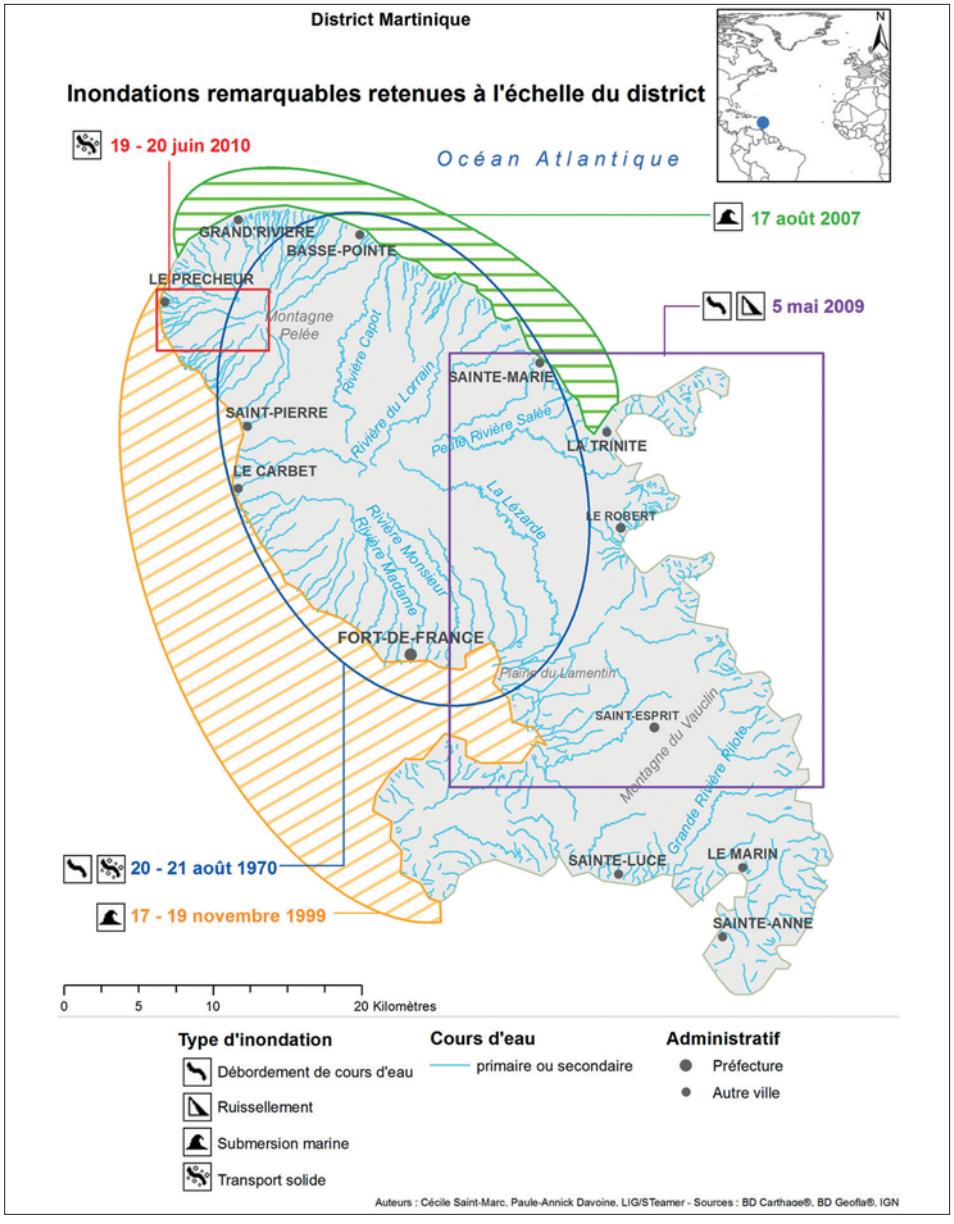


Figure 7-16. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district de la Martinique.
Source : LIG/Steamer

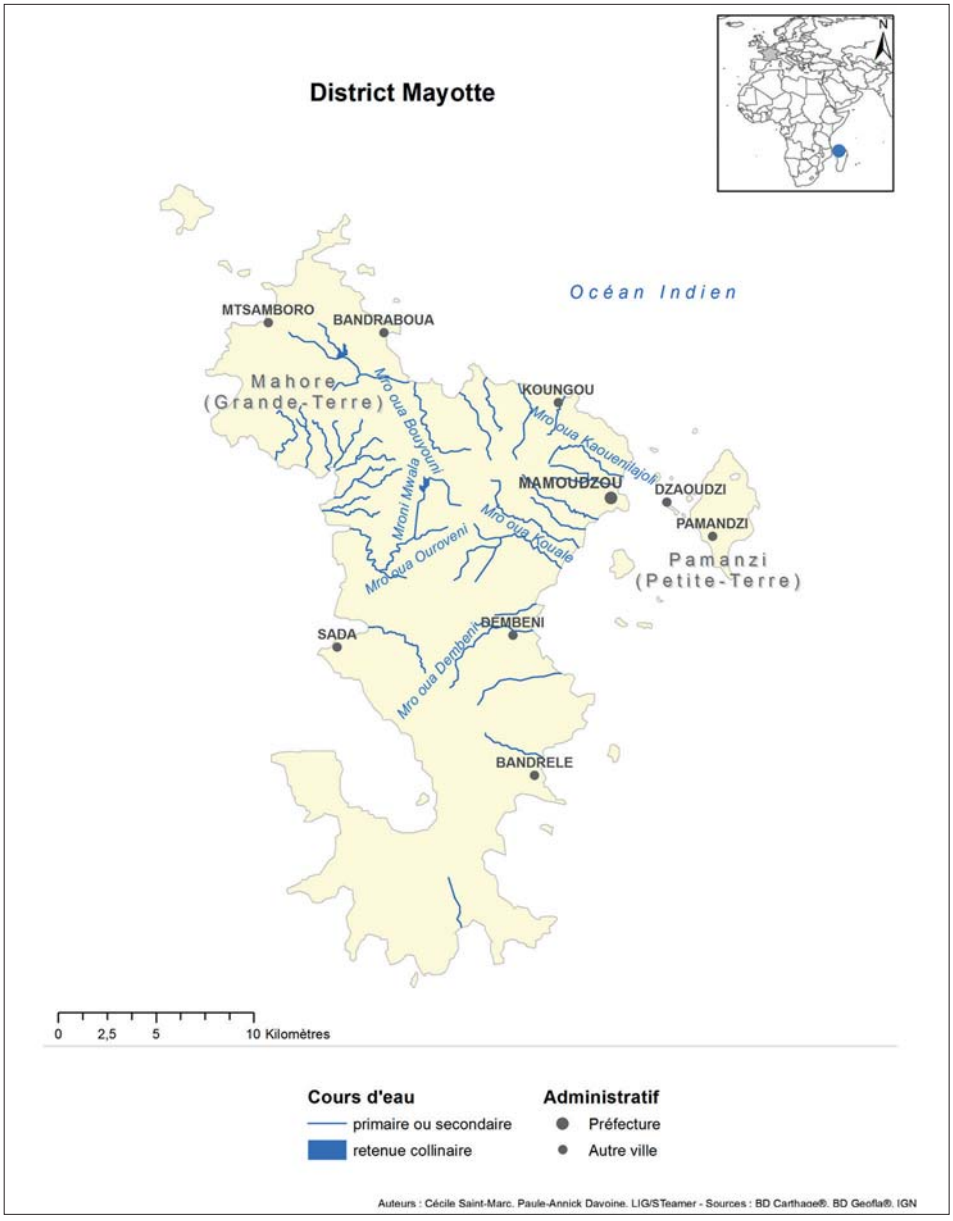


Figure 7-21. District de Mayotte.
Source : LIG/Steamer

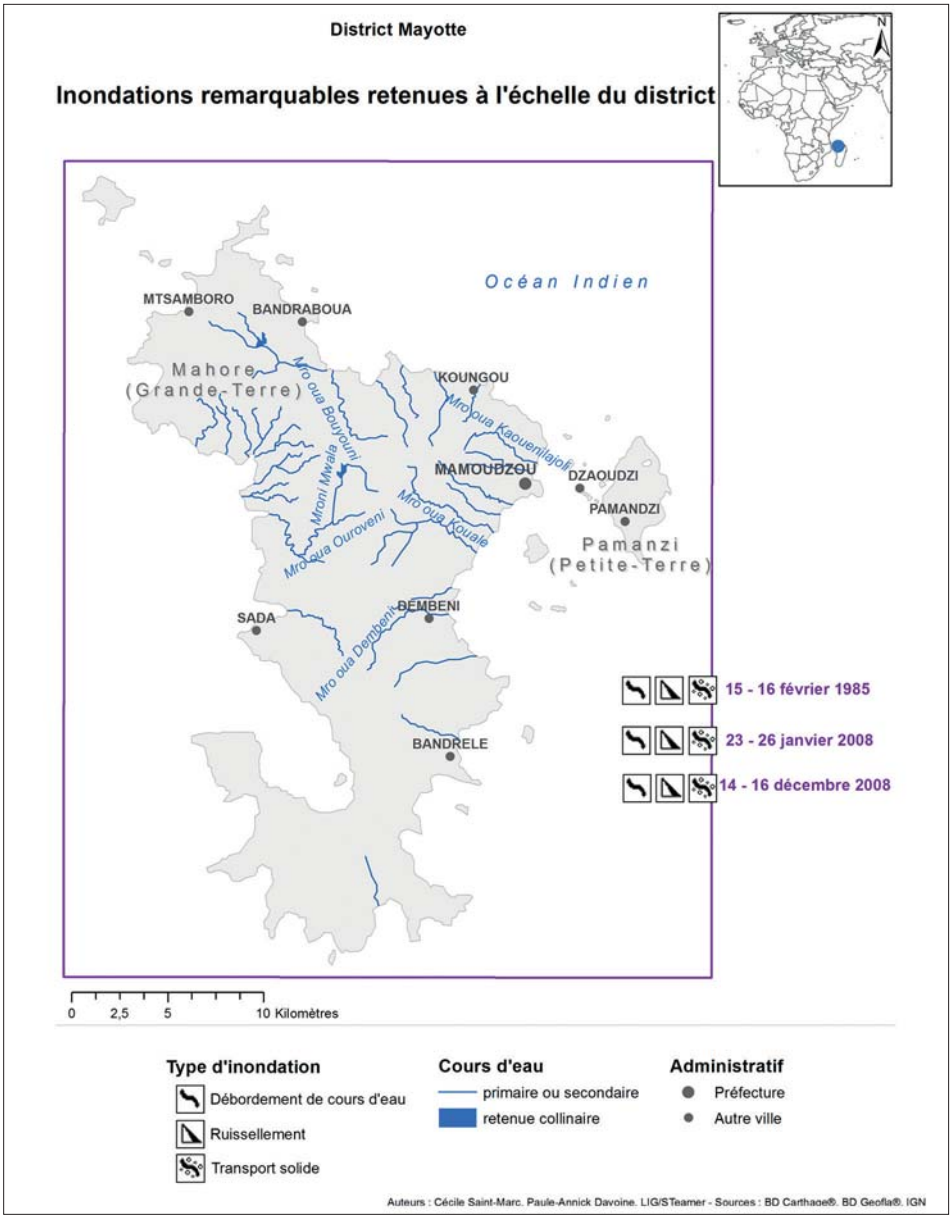


Figure 7-22. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district de Mayotte.
Source : LIG/Steamer

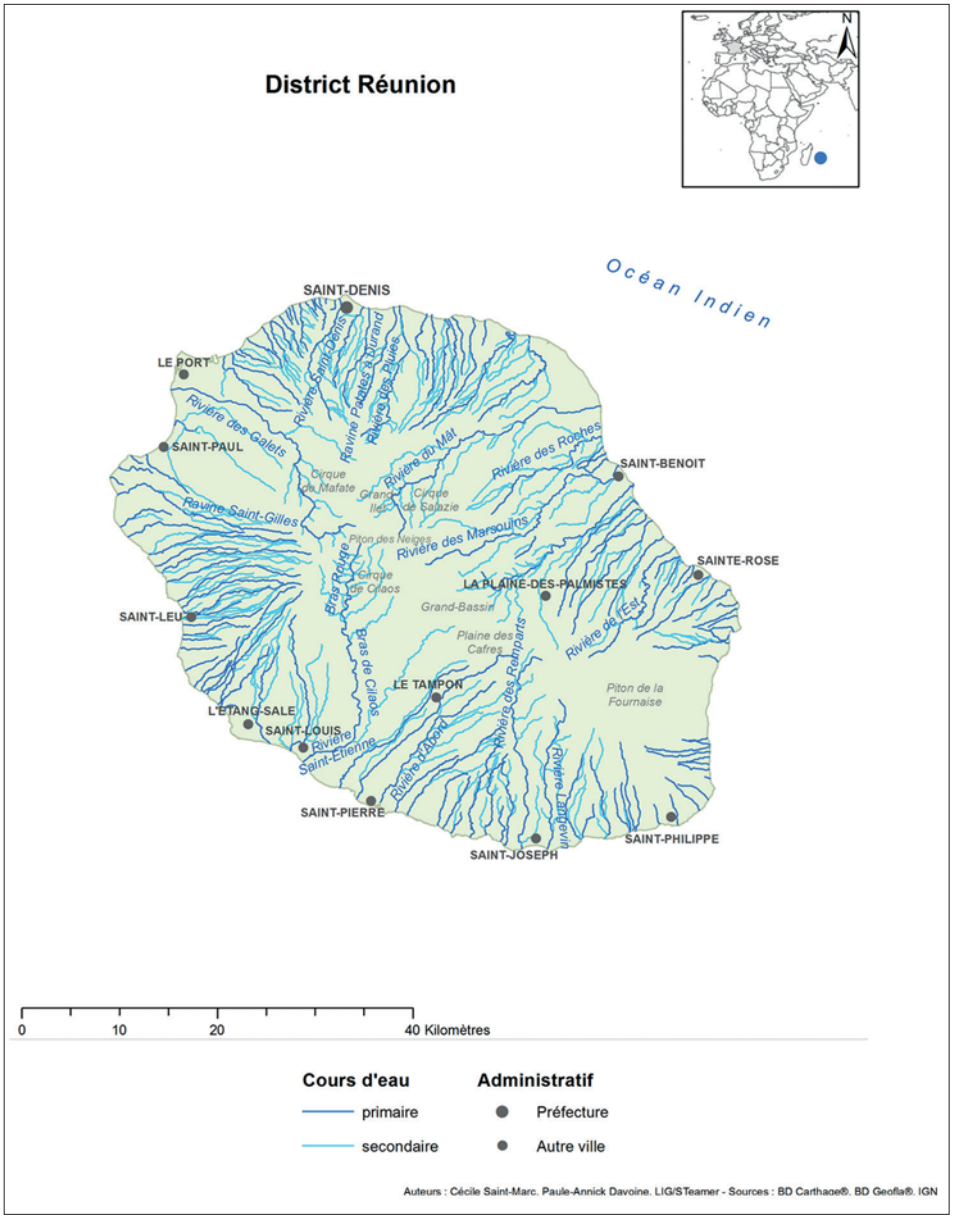


Figure 7-29. District de la Réunion.
Source : LIG/Steamer

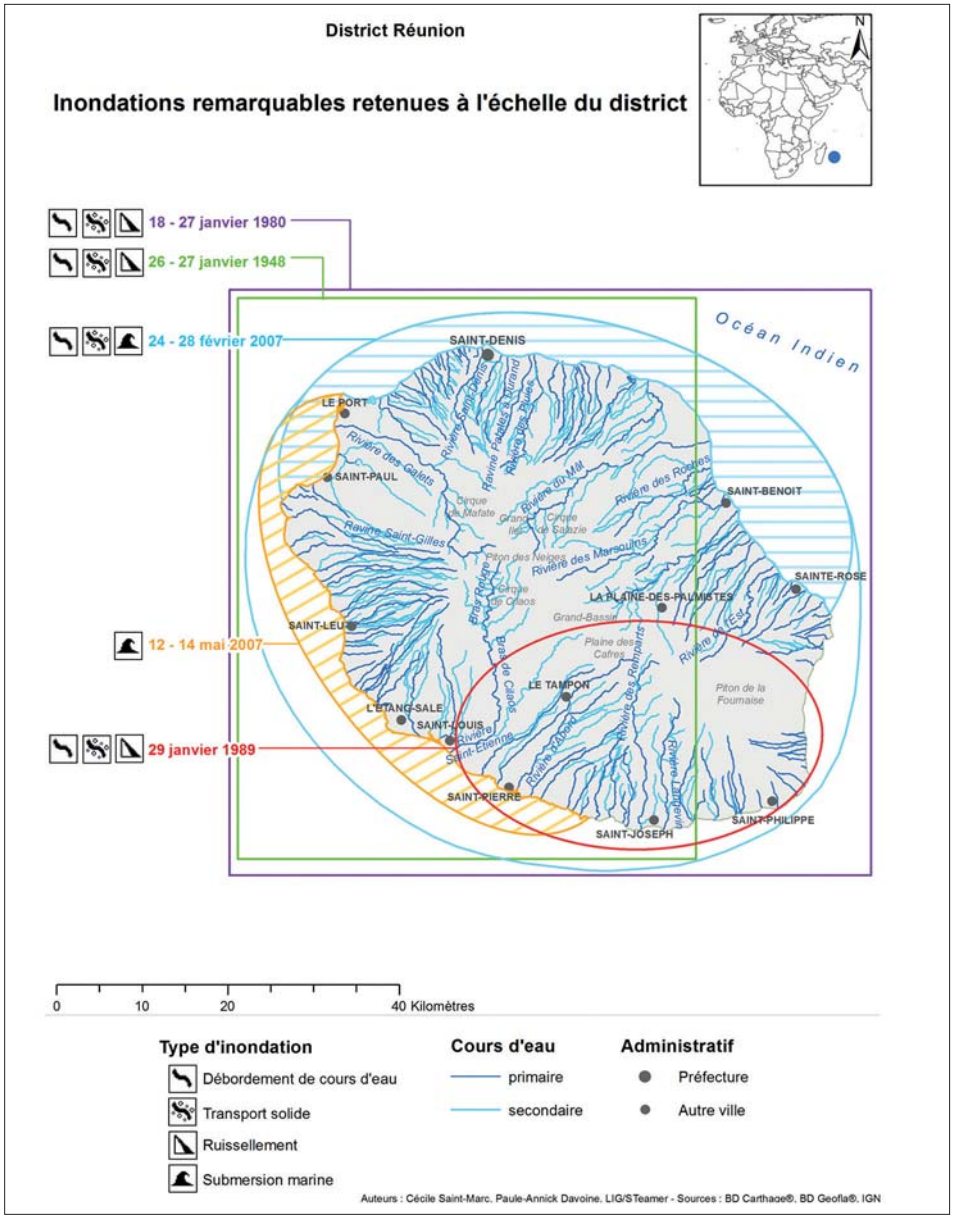


Figure 7-30. Localisation approximative des inondations remarquables sur le district de la Réunion.
Source : LIG/Steamer

Autres illustrations en couleur

- Cartes des régions hydrologiques
- Records de précipitation intense et de débit de crue en France
- 28 inondations remarquables depuis 1875
- Cartes thématiques : cumul des précipitations, vent maximal, niveau de haute mer, trajectoire de cyclone, débit de crue, zone inondée
- Graphiques temporels : précipitation, débit

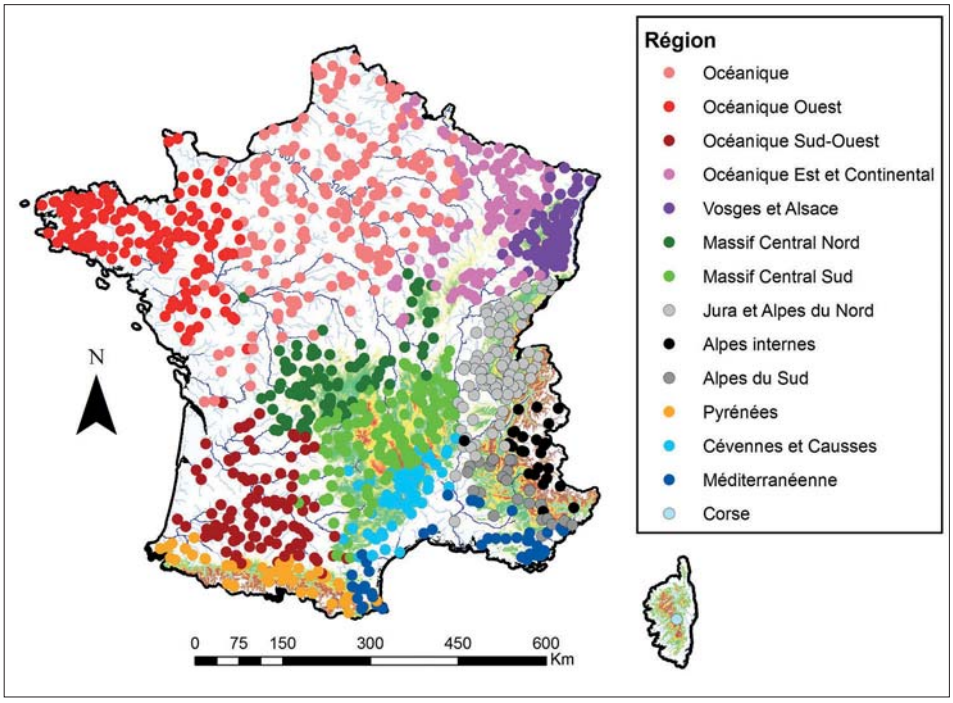
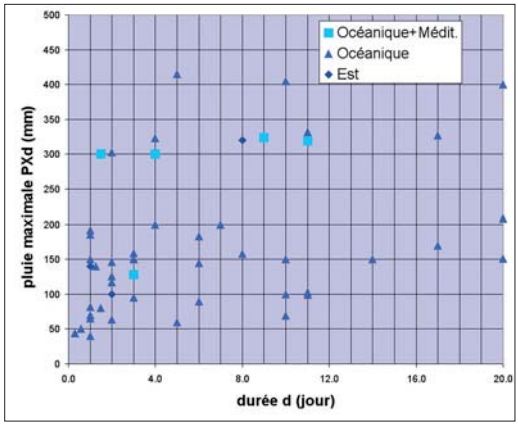
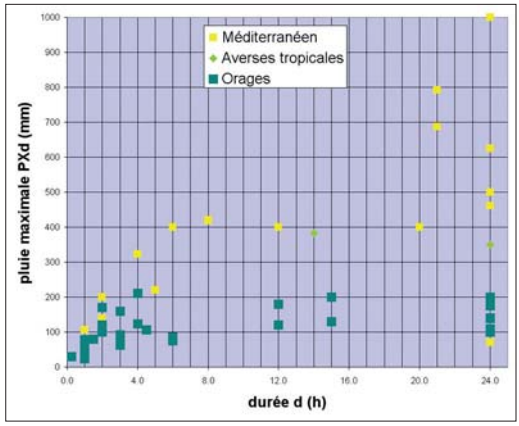


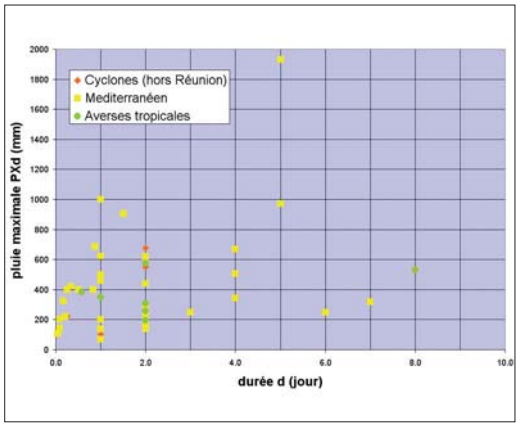
Figure Intro-2. Découpage simplifié de la métropole en 14 régions.
Adapté par B. Renard, projet Extraflo (http://extraflo.irstea.fr/)



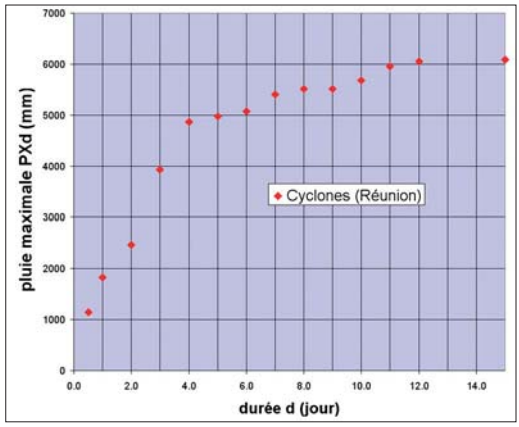
a



b

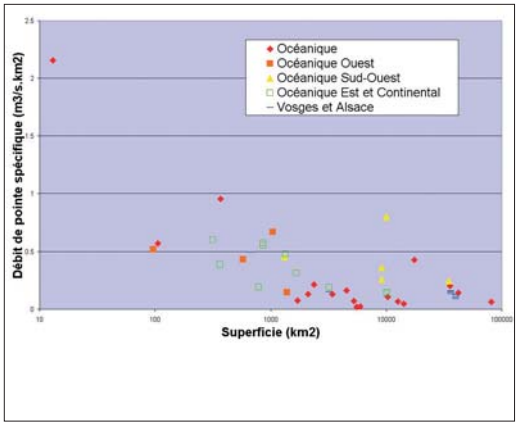


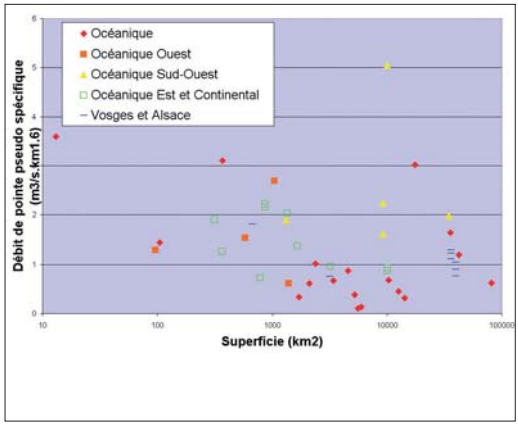
c

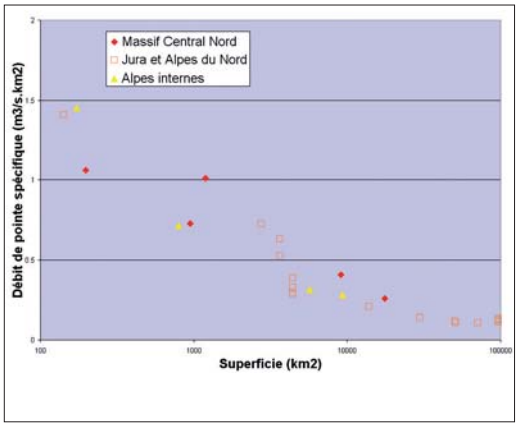


d

Figure Intro-3. Records de précipitations :
(a) événements océaniques ou d'origine continentale ;
(b) intensités infrajournalières ;
(c) événements méditerranéens et tropicaux ;
(d) cyclones à La Réunion







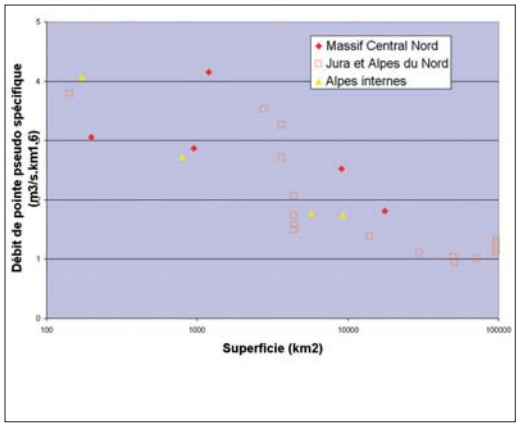
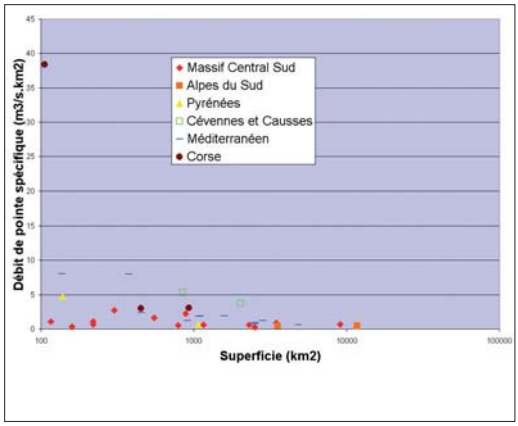
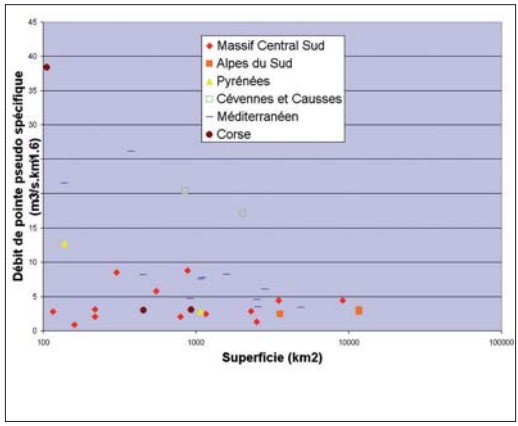
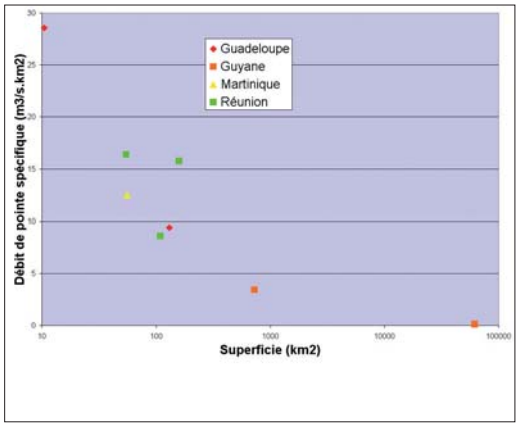


Figure Intro-4a. Records de débits de crue (à gauche en débit spécifique, à droite en débit pseudo-spécifique)







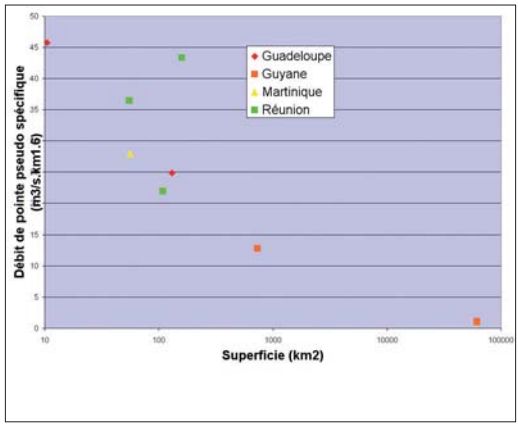


Figure Intro-4b. Records de débits de crue (à gauche en débit spécifique, à droite en débit pseudo-spécifique)

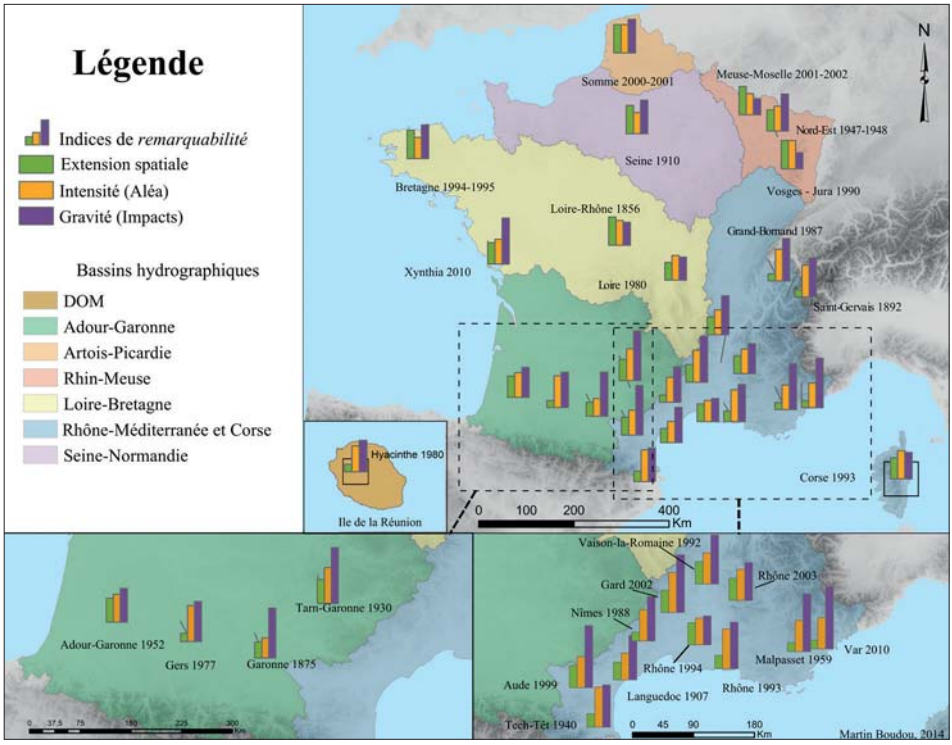


Figure Intro-5. Répartition par district des 28 épisodes d'inondation les plus remarquables depuis 1875.
Source : M. Boudou, thèse Irstea en cours, 2012-2015

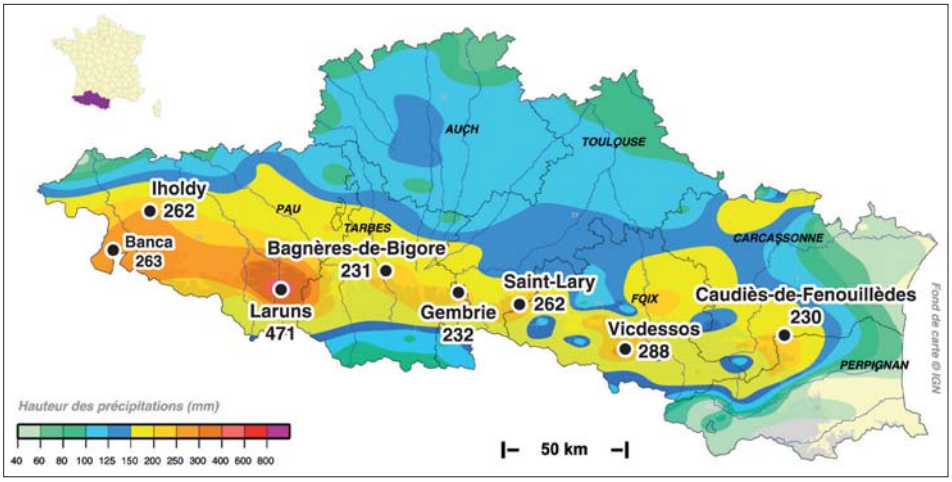


Figure 1-10. Cumul des précipitations (en mm) du 31 janvier 1952 à 6 h au 5 février 1952 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24/08/2012

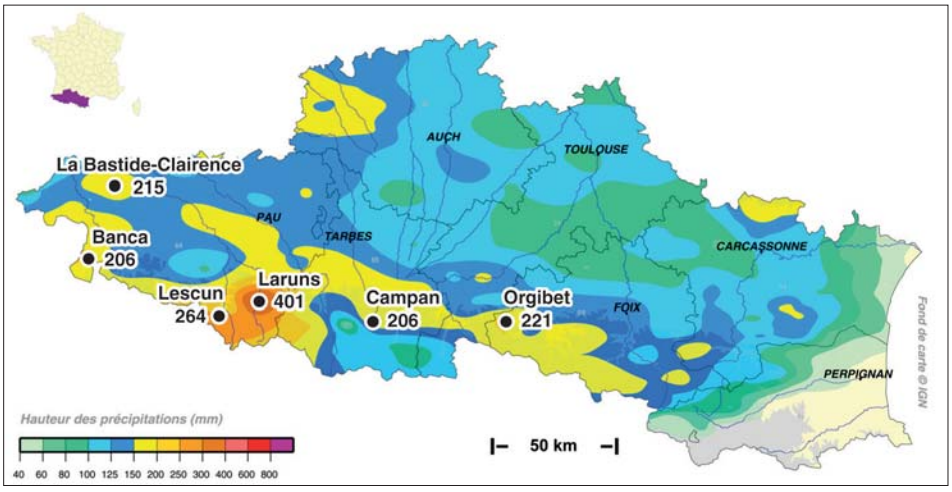


Figure 1-12. Cumul des précipitations (en mm) du 10 décembre 1981 à 6 h au 16 décembre 1981 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24/08/2012

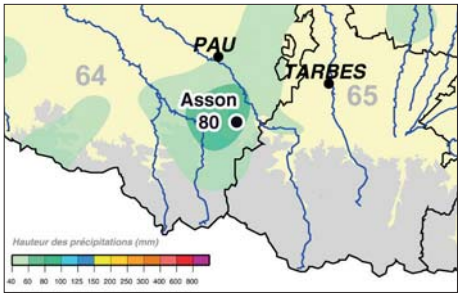


Figure 1-14. Cumul des précipitations du 25 mai 2007 à 6 h au 26 mai 2007 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24/08/2012

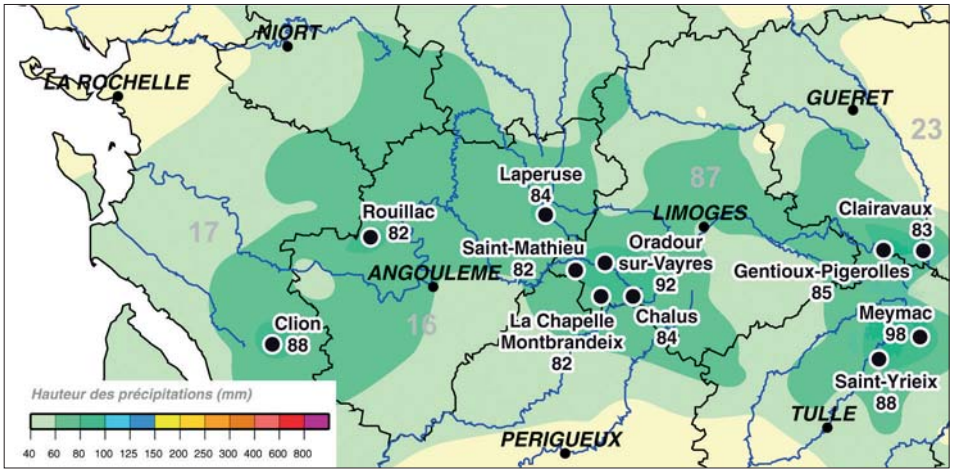


Figure 1-16. Cumul des précipitations du 29 mars 1962 à 6 h au 31 mars 1962 à 6 h sur la Charente.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24/08/2012

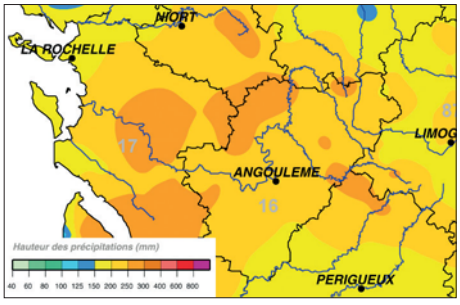


Figure 1-17. Cumul des précipitations sur la Charente du 5 décembre 1982 à 6 h, au 21 décembre 1982 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24/08/ 2012

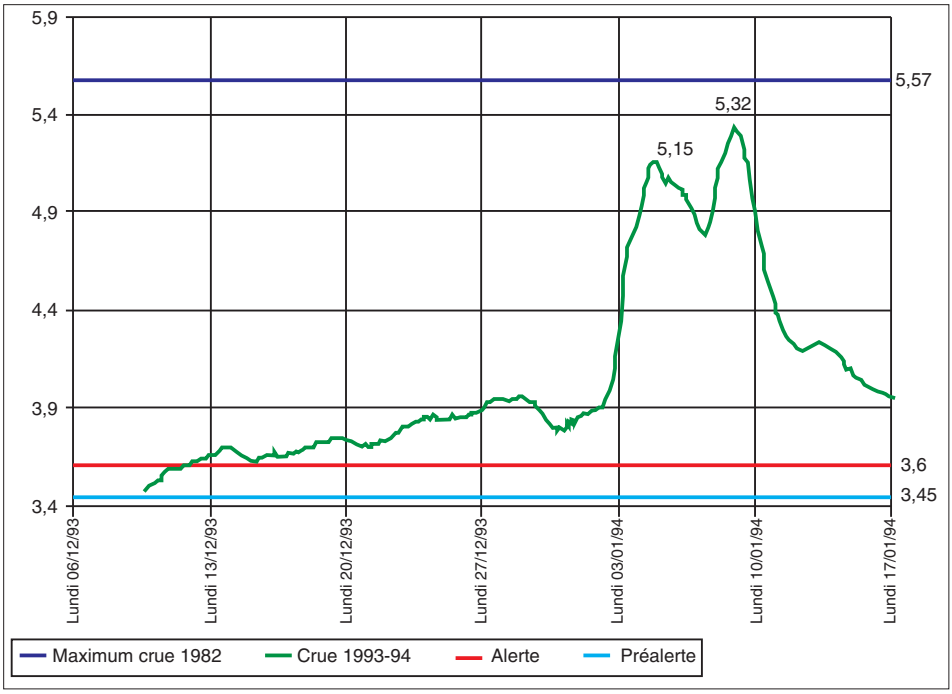


Figure 1-18. Hydrogramme de la crue de décembre 1993-janvier 1994 sur la Charente à Saintes.
Source : DDE Charente

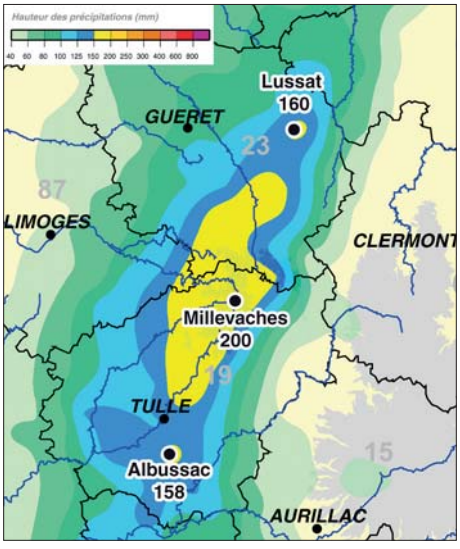


Figure 1-22. Cumul des précipitations (en mm) du 3 octobre 1960 à 6 h au 4 octobre 1960 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 03/08/2011

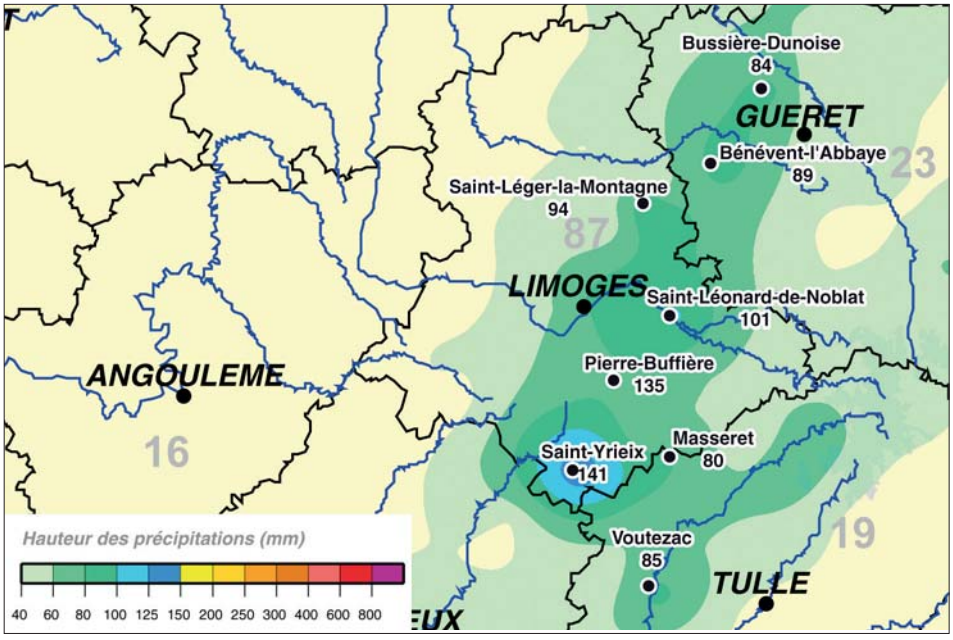


Figure 1-24. Cumul des précipitations (en mm) du 21 septembre 1993 à 6 h au 22 septembre 1993 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24/08/2012

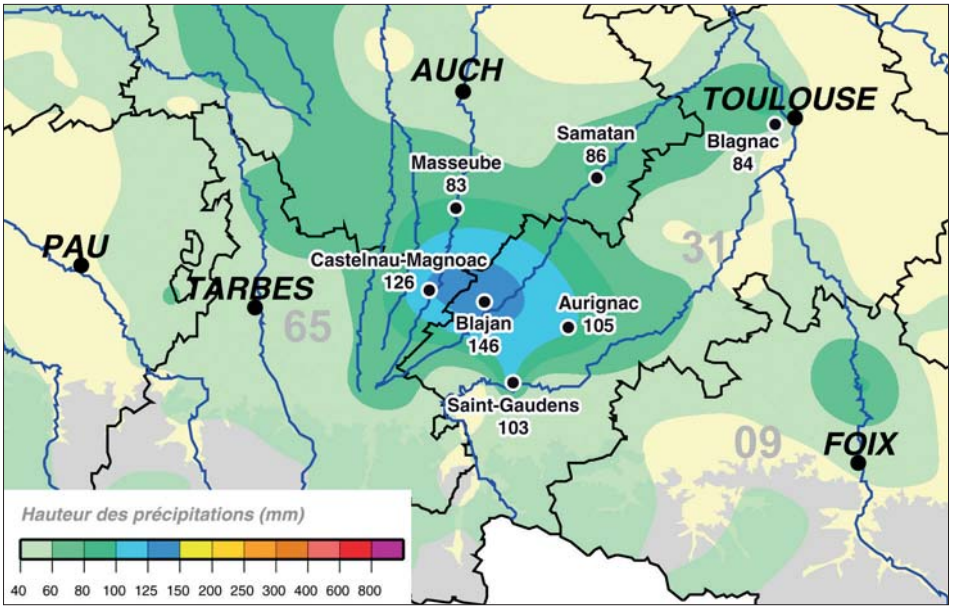


Figure 1-31. Cumul des précipitations du 6 juillet 1977 à 6 h au 8 juillet 1977 à 6 h.
Source : Météo-France, Pluies Extrêmes édité le 24/08/2012

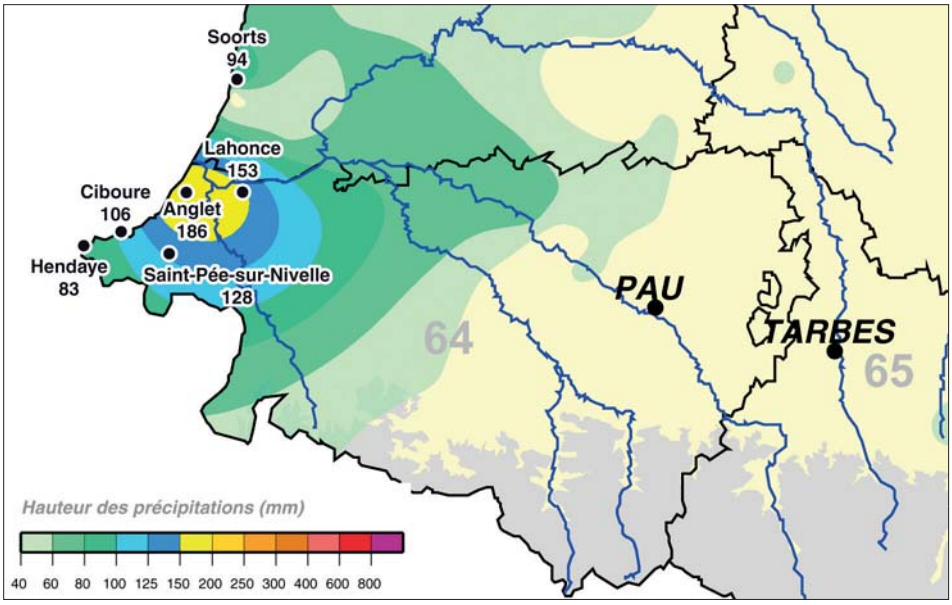


Figure 1-36. Cumul des précipitations dans le Sud-Ouest du 5 août 1963 à 6 h au 6 août 1963 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 11/08/2011

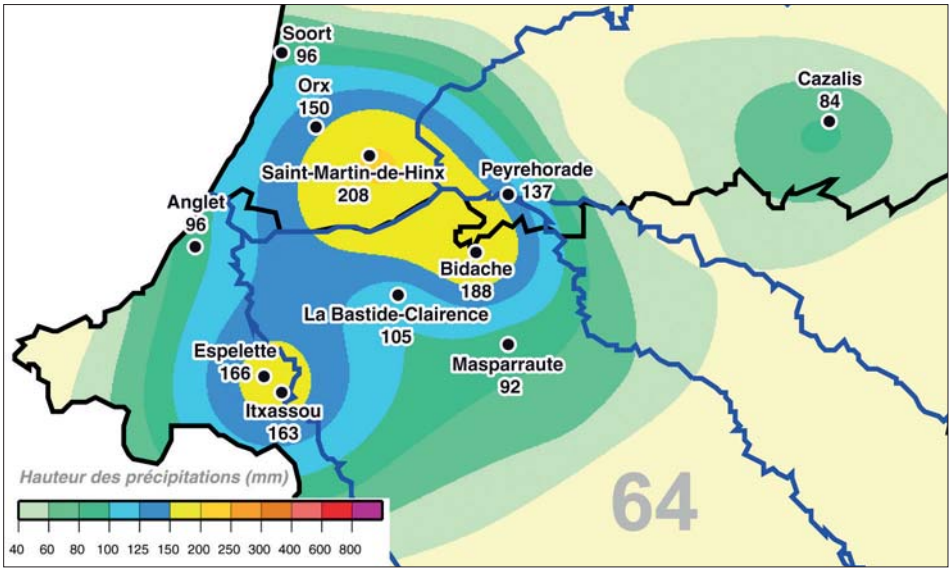


Figure 1-37. Cumul des précipitations du 26 août 1983 à 6 h au 28 août 1983 à 6 h sur l'ouest des Pyrénées-Atlantiques.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24/08/2012

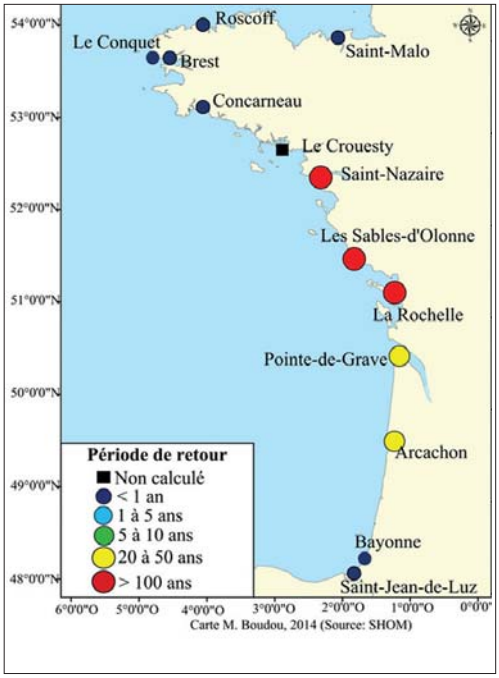


Figure 1-39. Estimation des périodes de retour des hauteurs de pleine mer observées lors du passage de la tempête Xynthia en février 2010.
Source : SHOM

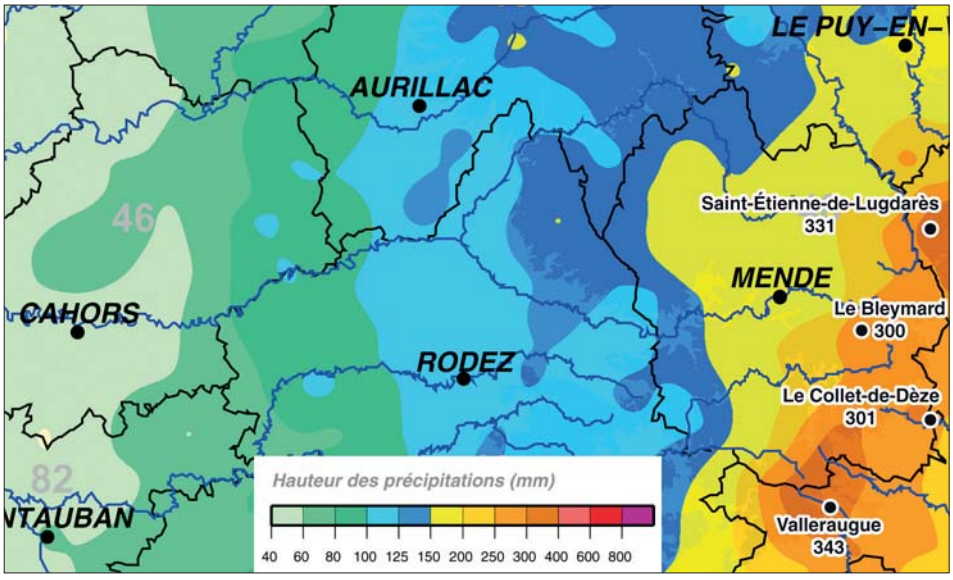


Figure1-44. Cumul des précipitations du 30 novembre 2003 à 6 h au 4 décembre 2003 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24/08/2012

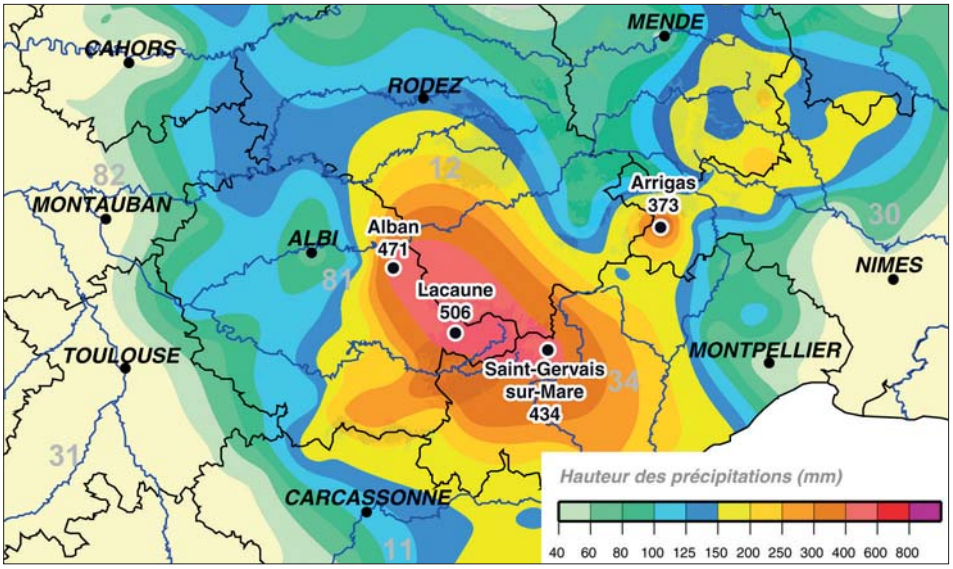


Figure1-48. Cumul des précipitations du 28 février 1930 à 6 h au 4 mars 1930 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 24 août 2012

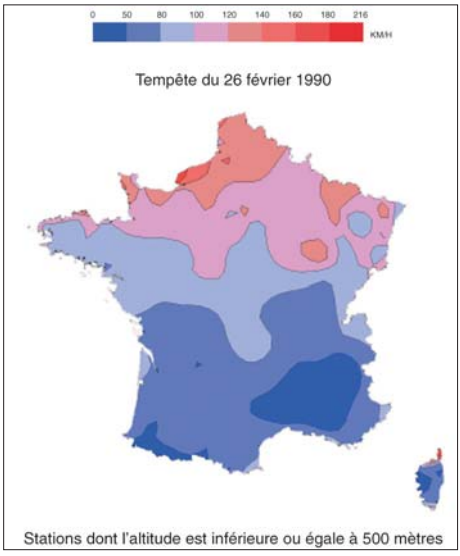


Figure 2-3. Cartographie des maximums atteints par les vents lors de la tempête du 26 février 1990.
Source : www.meteo.fr

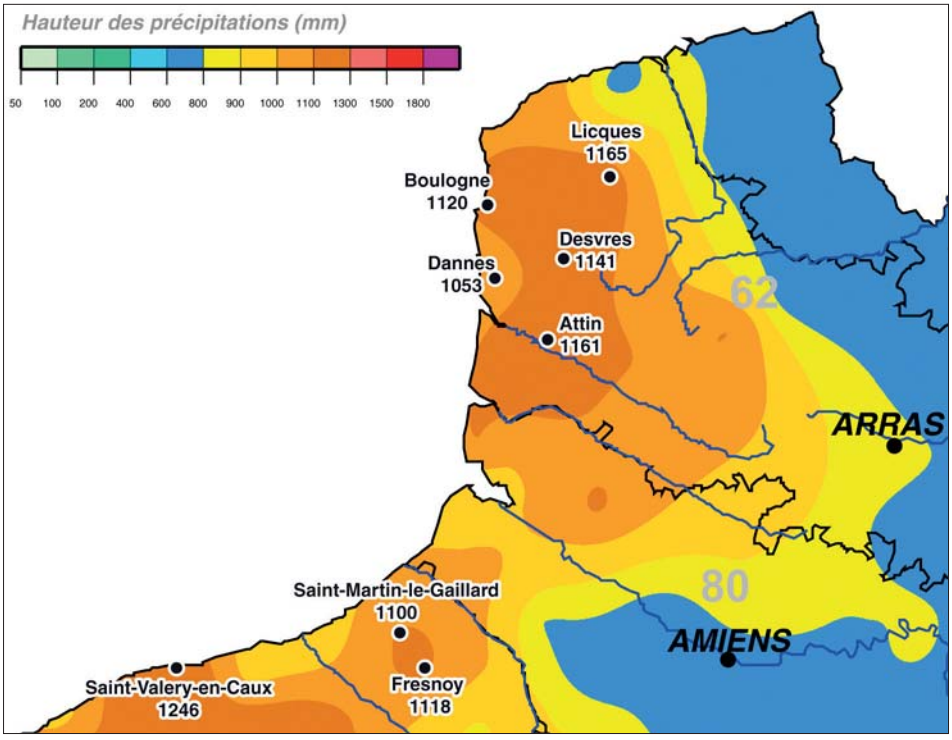


Figure 2-5. Cumul des précipitations d'octobre 2000 à avril 2001.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 29/08/2012

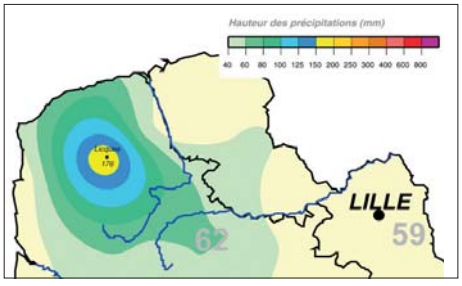


Figure 2-7. Cumul des précipitations du 12 août 2006 à 6 h au 14 août 2006 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 09/08/2011

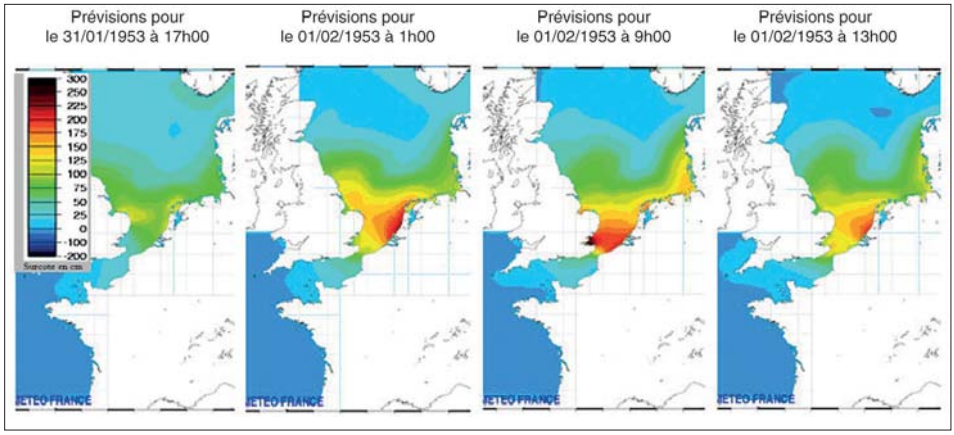


Figure 2-9. Reconstitution de la genèse et de la progression de l'onde de tempête du 31 janvier au 2 février 1953.
Source : Météo-France

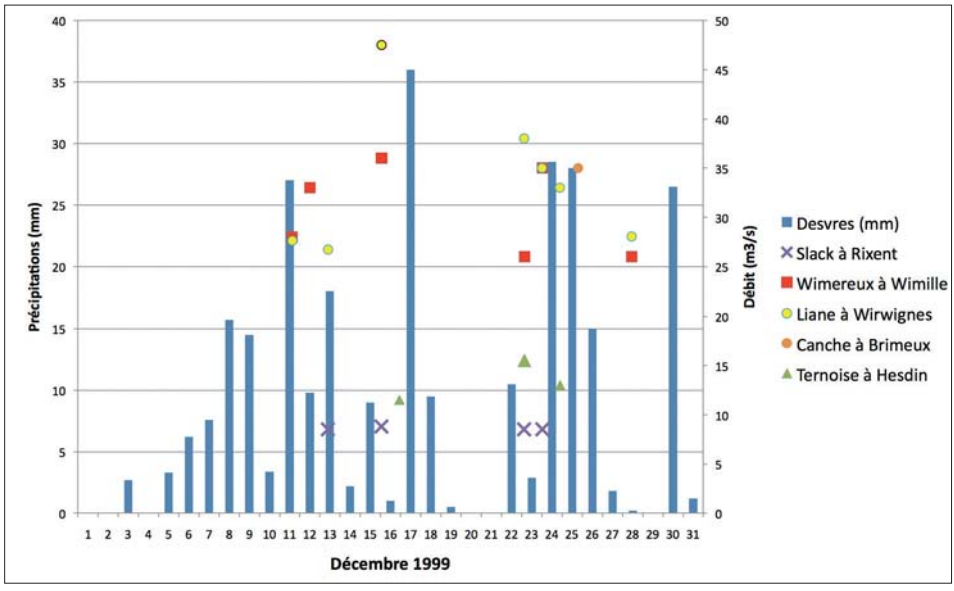


Figure 2-19. Précipitations relevées à Desvres et débits maxima instantanés des pics de crues lors de l'inondation de décembre 1999.
Source : Diren NPC

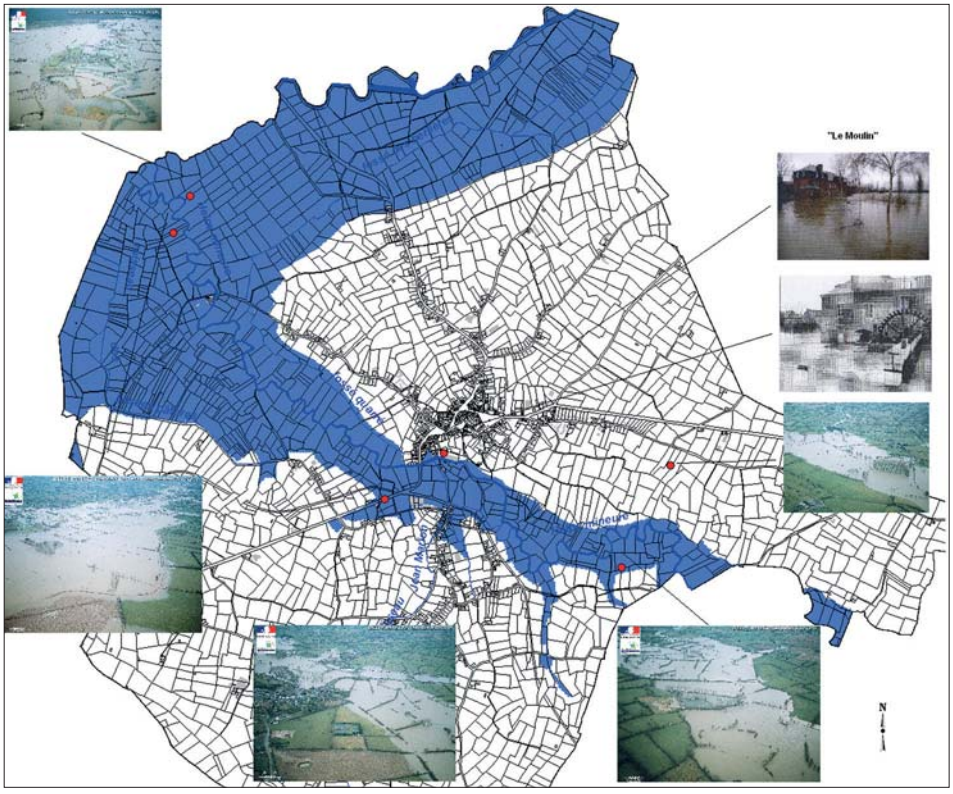


Figure 2-29. Emprise de la crue de l'Helpe Mineure sur la commune de Maroilles.
Source : PPRI vallée de l'Helpe Mineure, DDTM 59

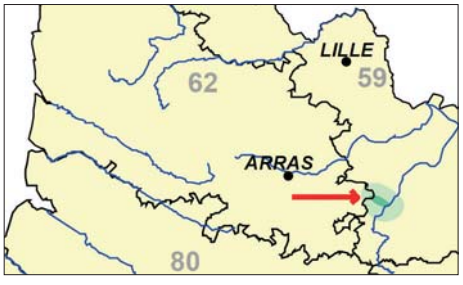
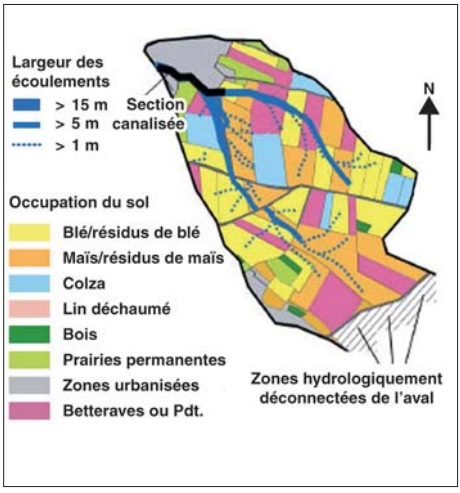


Figure 2-33. Cumul des précipitations lors de l'épisode orageux du 11 juillet 1995.
En vert clair : 40 à 60 mm, en vert moyen : 60 à 80 mm.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 04/03/2011

a



b

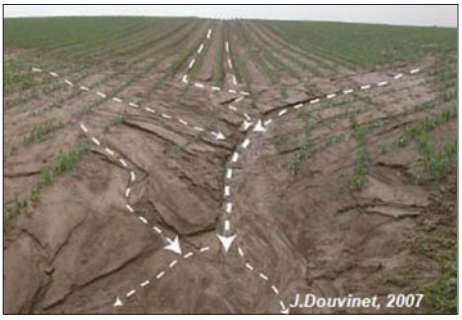


Figure 2-35. Ruissellements de juin 2007 à Estreux :
(a) occupation des sols et écoulements (en grisé, le bourg d'Estreux) ;
(b) érosion dans une parcelle de maïs ;
source : J. Douvinet, 2007

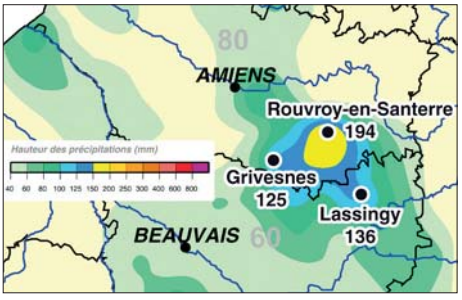


Figure 2-39. Cumul des précipitations (en mm) du 6 juillet 2001 à 6 h au 8 juillet 2001 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 29/08/2012

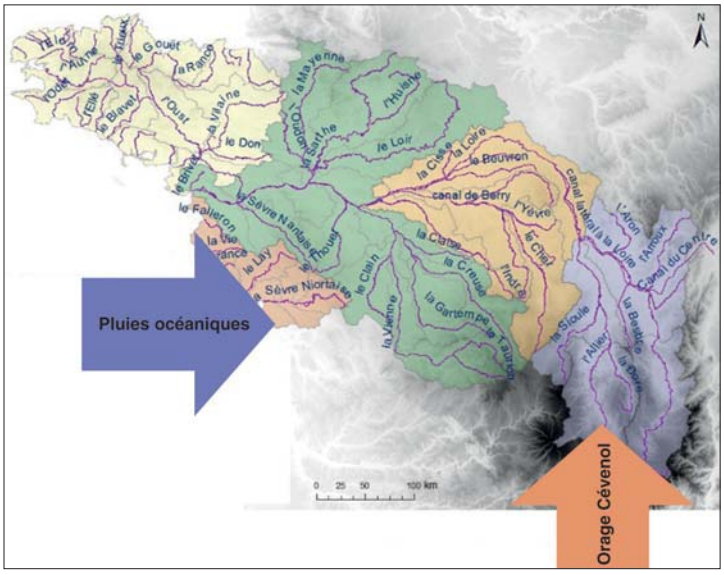


Figure 3-2. Influence des perturbations océaniques et des orages cévenols sur le district Loire-Bretagne

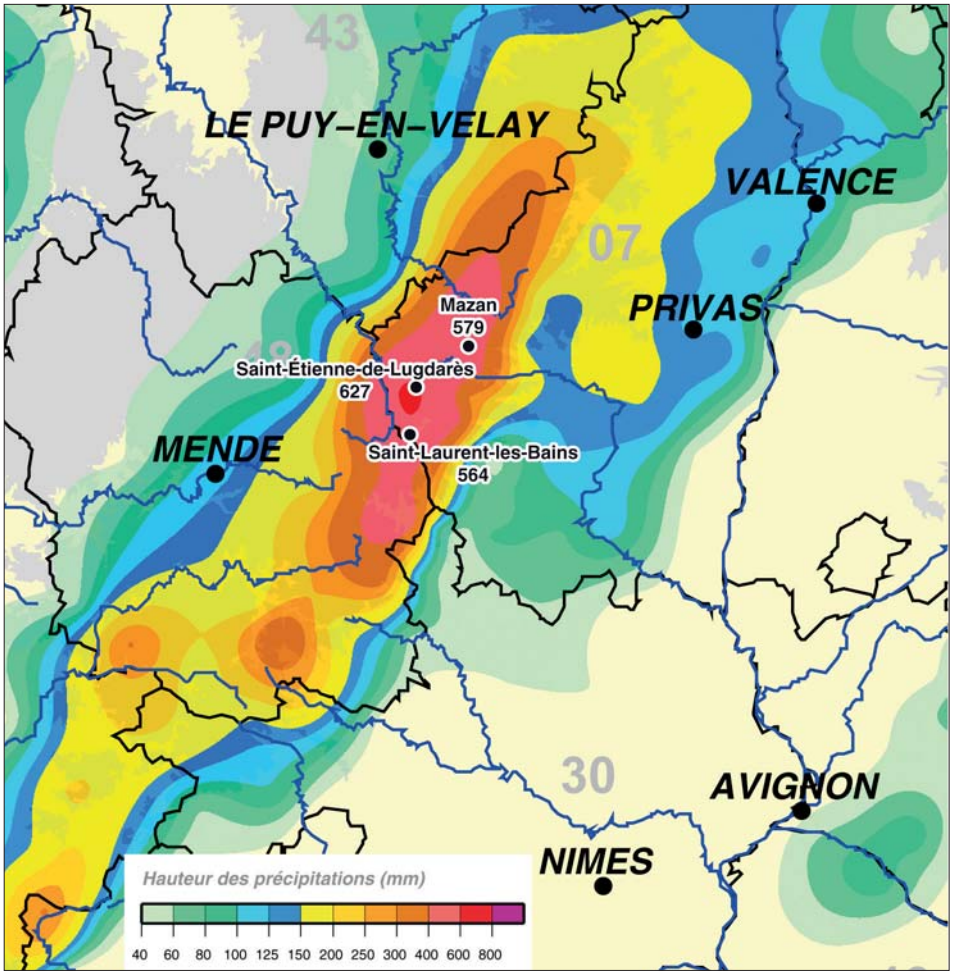


Figure 3-5. Cumul pluviométrique (en mm) du 20 septembre 1980 à 6 h au 22 septembre 1980 à 6 h sur le haut bassin de la Loire.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 20/01/2013

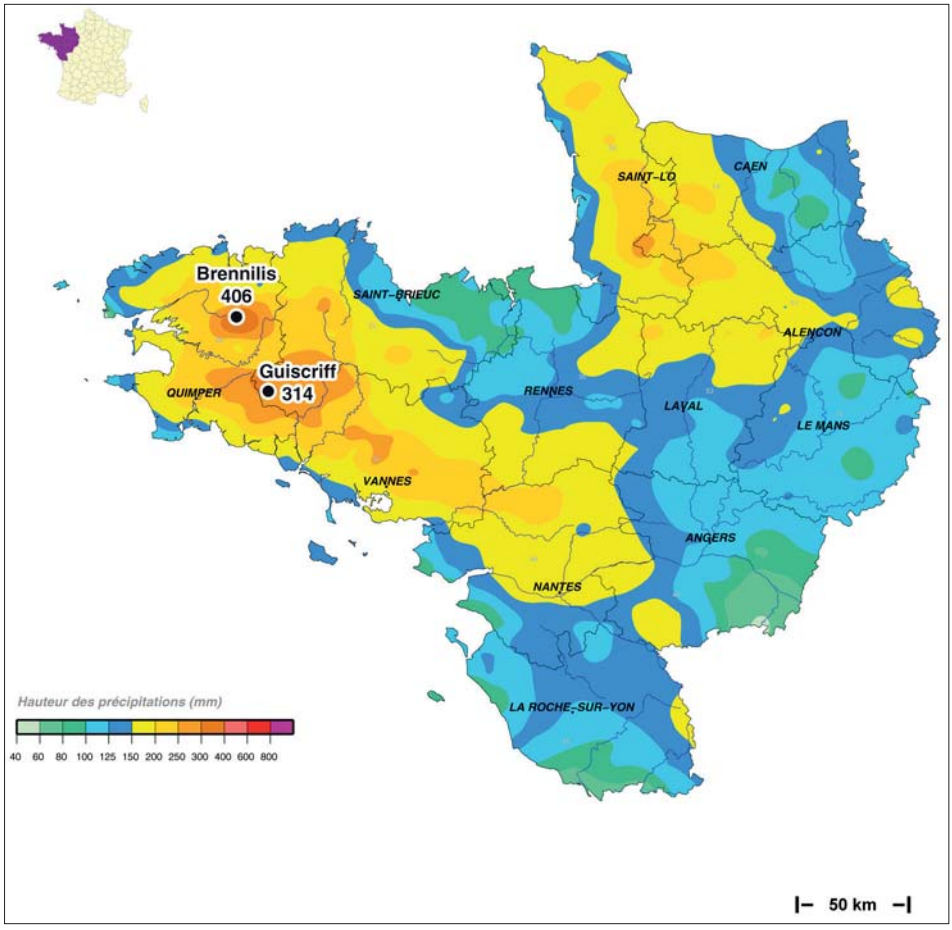


Figure 3-6. Cumul pluviométrique (en mm) du 19 janvier 1995 à 6 h au 30 janvier 1995 à 6 h. Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 02/02/2011

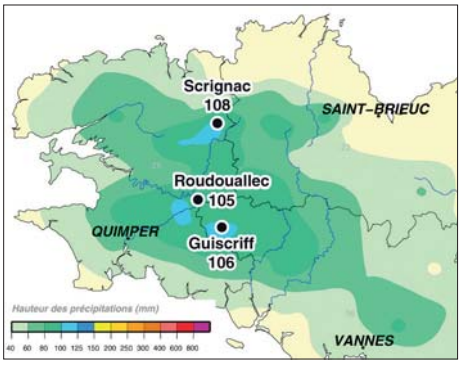


Figure 3-7. Cumul pluviométrique (en mm) du 11 décembre 2000 à 6 h au 13 décembre 2000 à 6 h. Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 02/02/2011

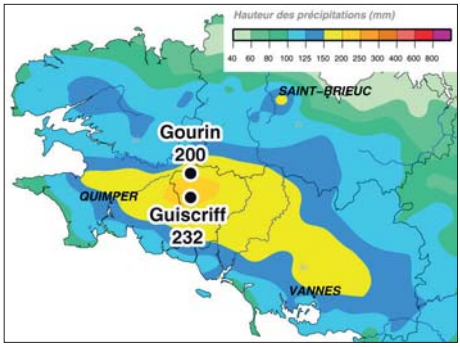


Figure 3-8. Cumul pluviométrique (en mm) du 31 décembre 2000 à 6 h au 6 janvier 2001 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 02/02/2011

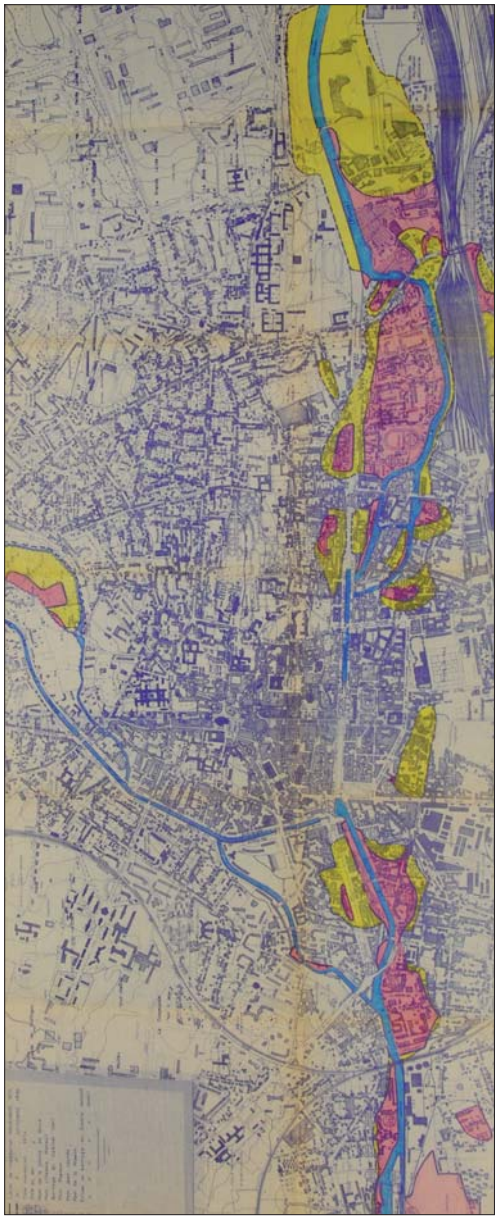


Figure 3-13. Carte des zones inondées en centre-ville de Rennes (en jaune la crue d'octobre 1966 et en rouge la crue de novembre 1974).
Source : DDTM Ille-et-Vilaine

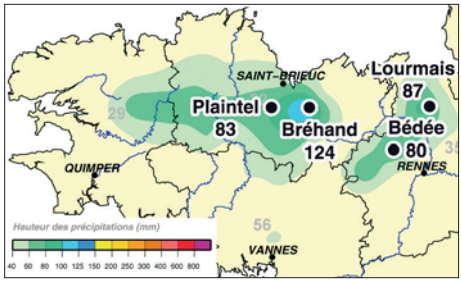


Figure 3-14. Cumul pluviométrique (en mm) du 4 juillet 1973 à 6 h au 5 juillet 1973 à 6 h. Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 03/03/2011

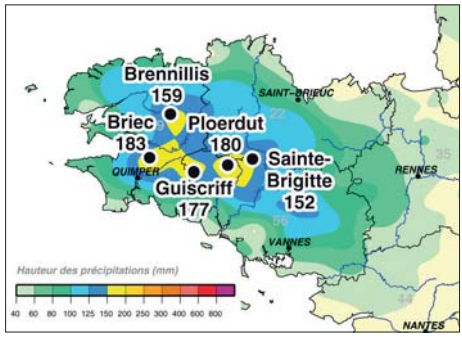


Figure 3-15. Cumul pluviométrique (en mm) sur la région Bretagne du 10 février 1974 à 6 h au 16 février 1974 à 6 h. Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 03/03/2011

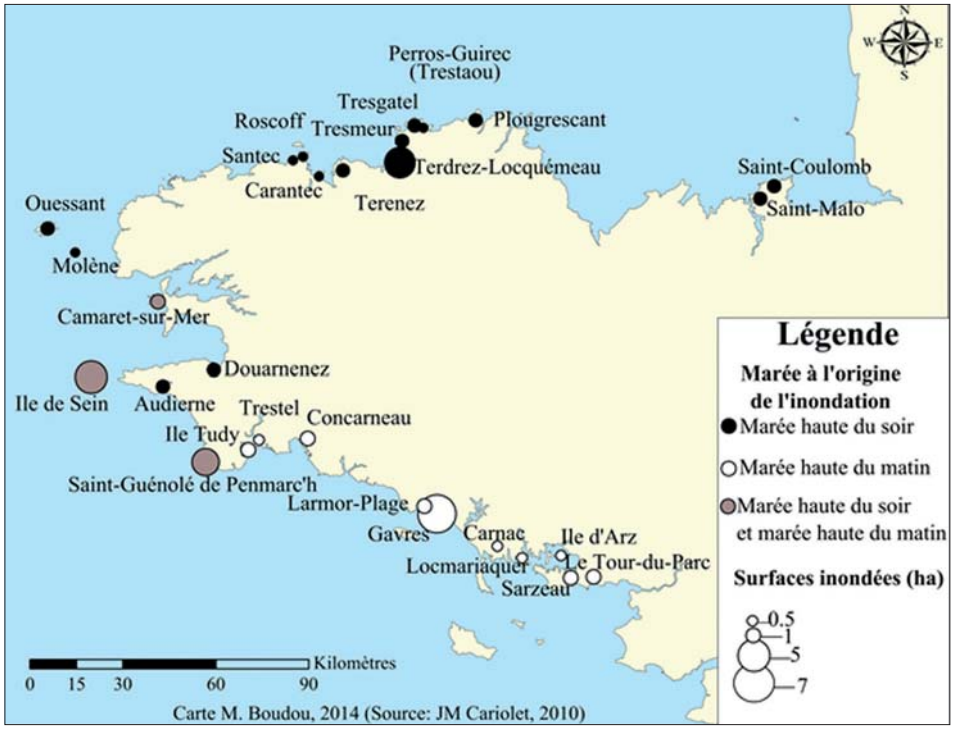


Figure 3-16. Localisation des sites inondés par la mer le 10 mars 2008 en Bretagne. Source : J.-M. Cariolet, 2010

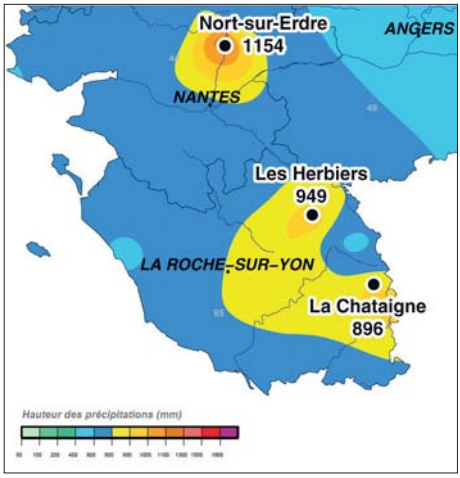


Figure 3-19. Cumul des précipitations (en mm) d'octobre 1935 à mars 1936 en Vendée.
Source : Météo-France
Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

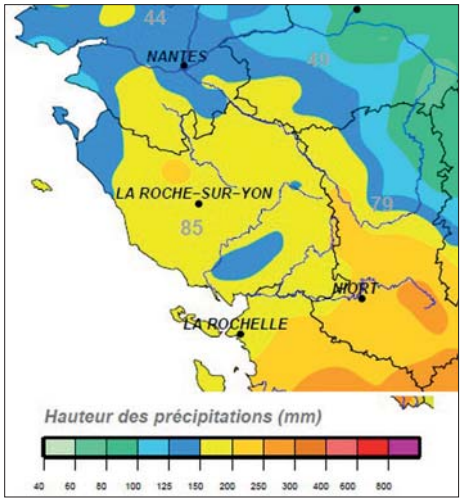


Figure 3-20. Cumul pluviométrique (en mm) du 5 décembre 1982 à 6 h au 20 décembre 1982 à 6 h.
Source : Météo-France, édité le 11/08/2011

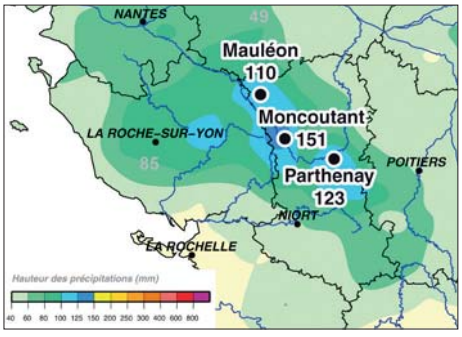


Figure 3-21. Cumul pluviométrique (en mm) du 7 avril 1983 à 6 h au 10 avril 1983 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 02/03/2011

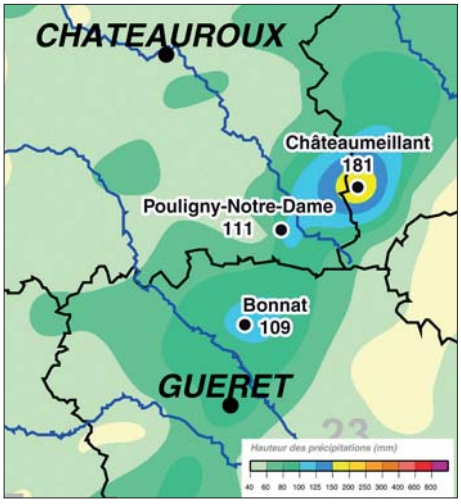


Figure 3-26. Cumul pluviométrique (en mm) du 14 juillet 1958 à 6 h au 16 juillet 1958 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

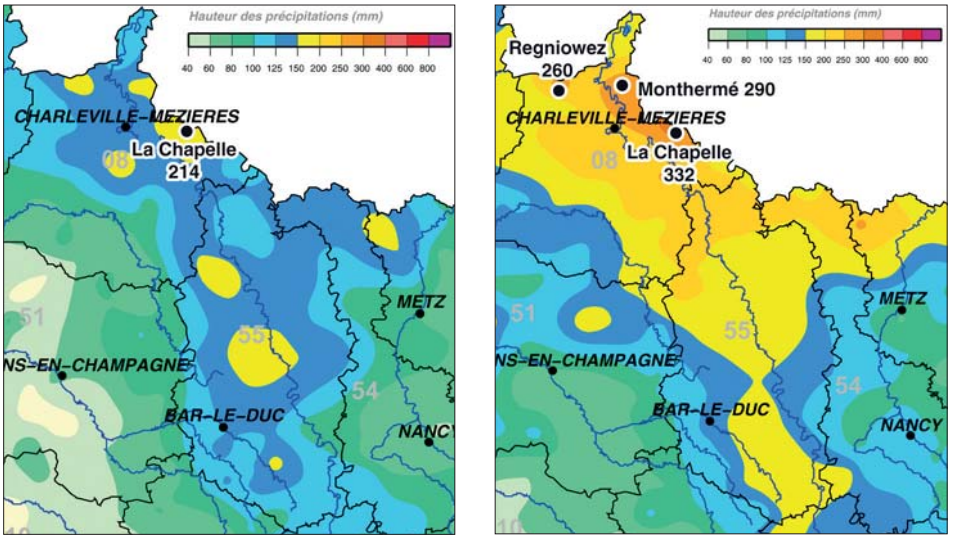


Figure 4-5. Cumul pluviométrique :
(a) sur 7 jours, du 17 décembre 1993 à 6 h au 24 décembre 1993 à 6 h ;
(b) sur 11 jours, du 19 janvier 1995 à 6 h au 30 janvier 1995 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

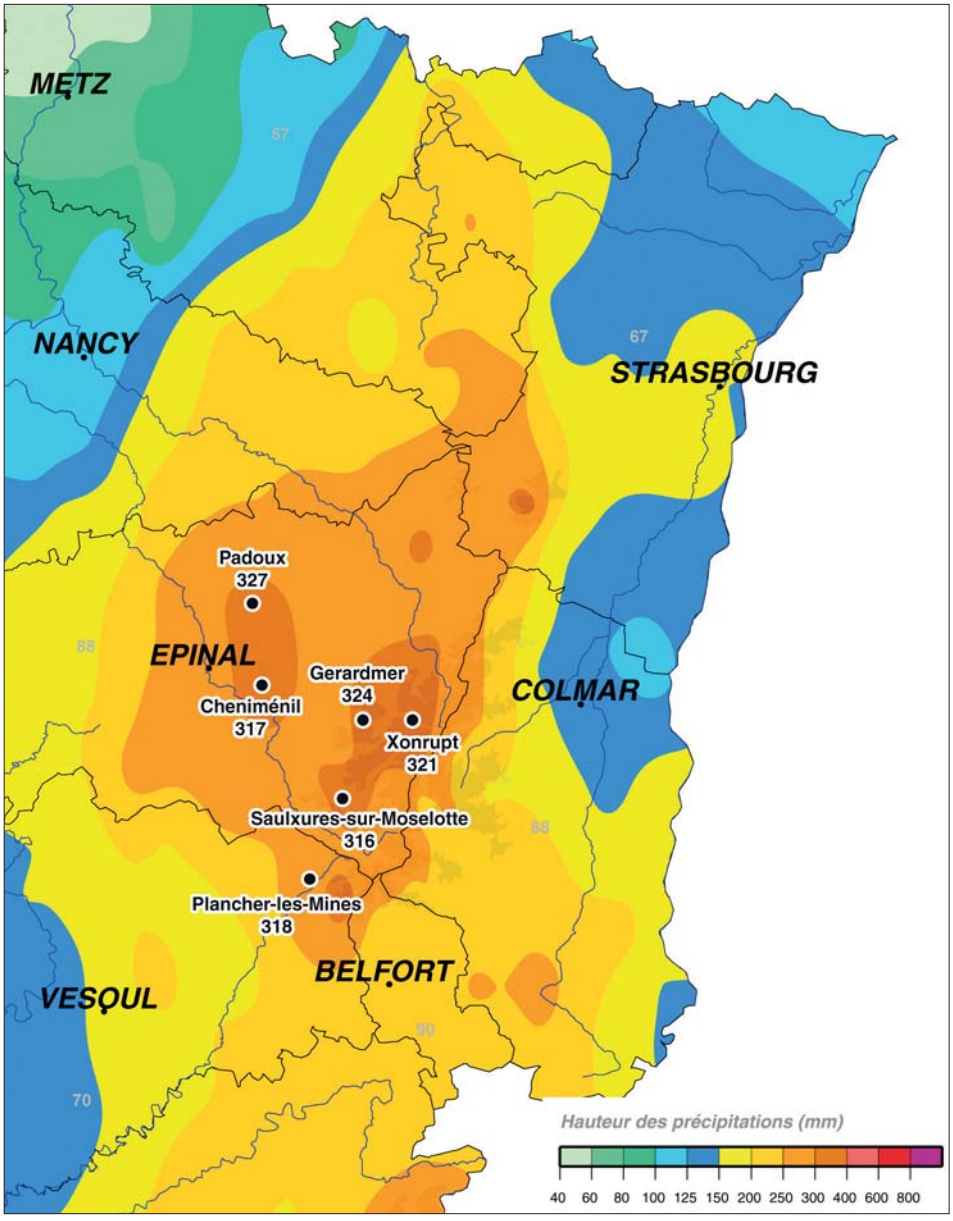


Figure 4-6. Cumul pluviométrique (en mm) sur 17 jours, du 17 septembre 2006 à 6 h au 4 octobre 2006 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

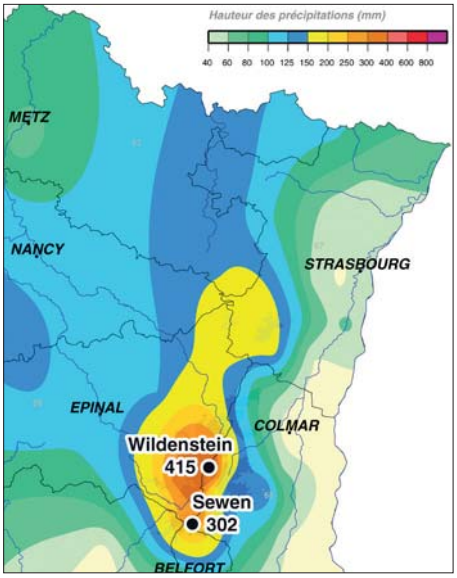


Figure 4-8. Cumul pluviométrique (en mm) sur 5 jours, du 26 décembre 1947 à 6 h au 31 décembre 1947 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 03/03/2011

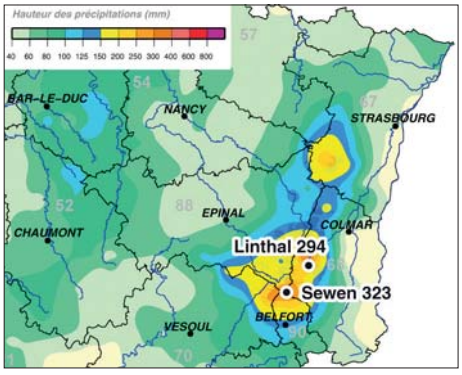


Figure 4-12. Cumul pluviométrique (en mm) sur 4 jours du 12 février 1990 à 6 h au 16 février 1990 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

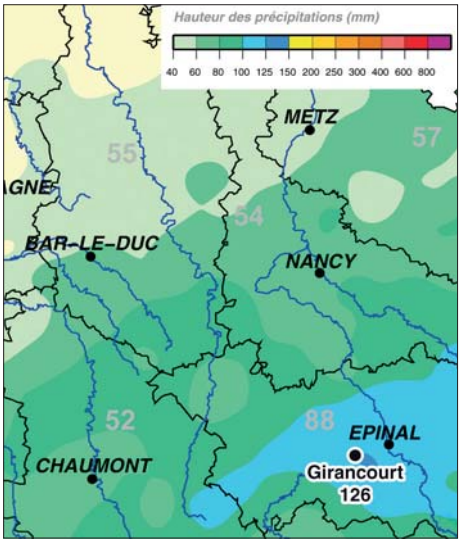


Figure 4-20. Cumul pluviométrique (en mm) sur 2 jours, du 2 octobre 2006 à 6 h au 4 octobre 2006 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 09/08/2011

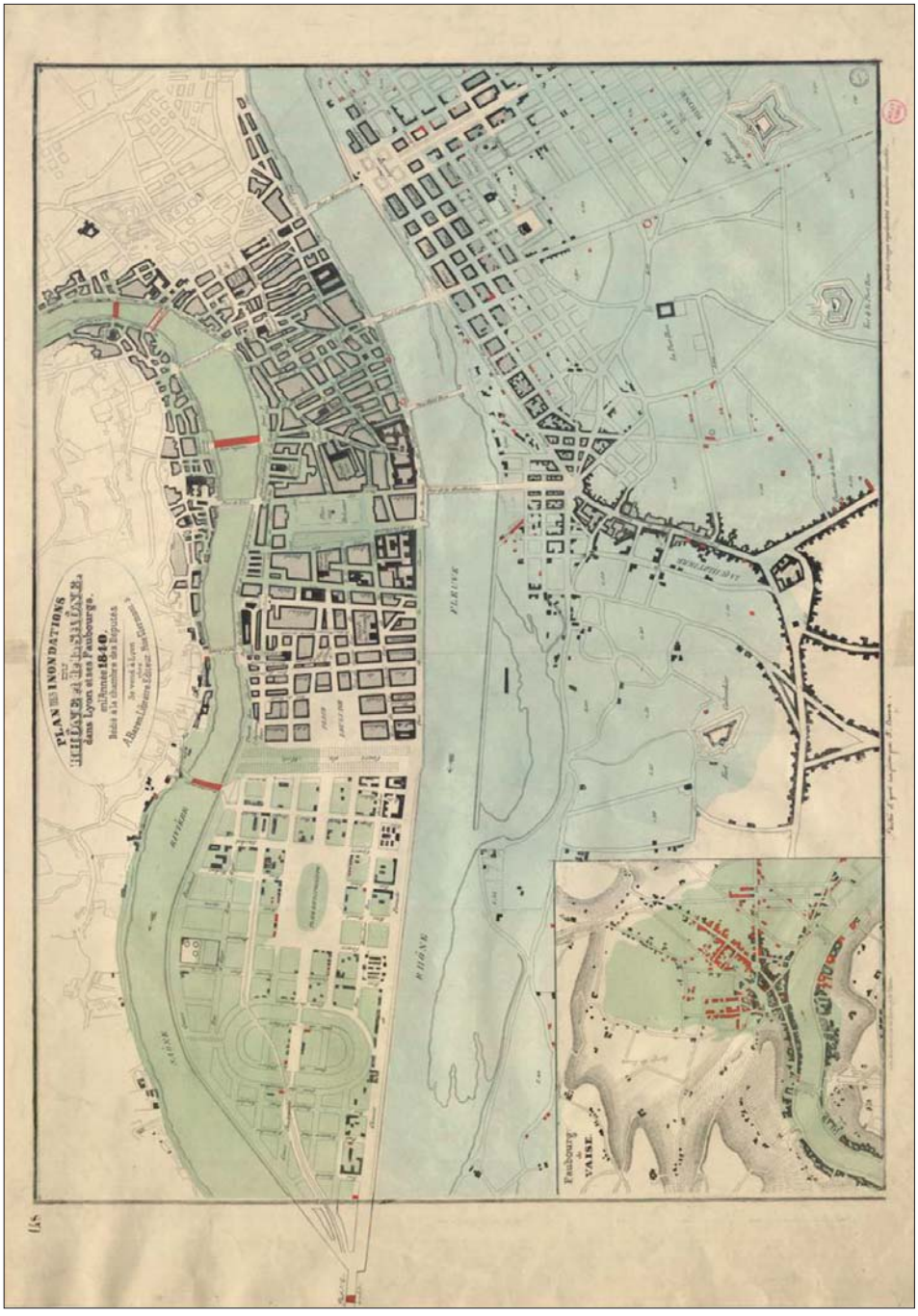


Figure 5-3. Plan des inondations de 1840 à Lyon : Saône en vert, Rhône en bleu.
Source : archives municipales de Lyon, 4PH 69

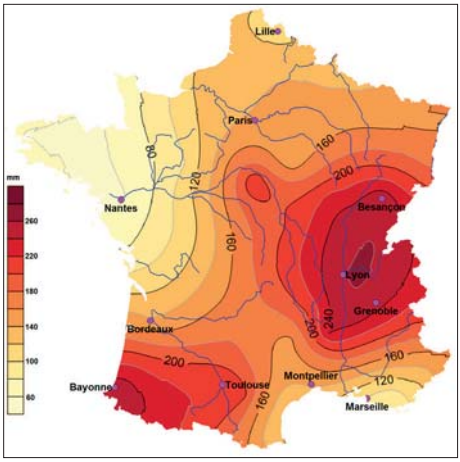


Figure 5-4. Reconstitution du cumul mensuel des pluies de mai 1856. Source : D. Cœur et A. Djerboua, SHF, 2006

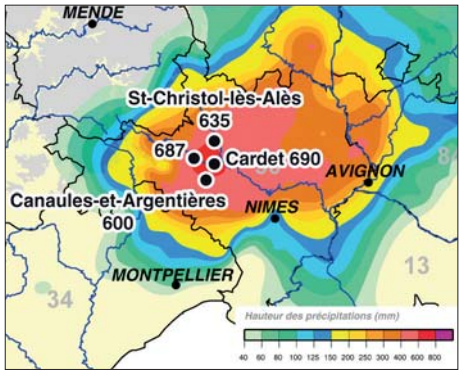


Figure 5-10. Cumul pluviométrique (en mm) sur le Gard du 8 septembre 2002 à 6 h au 9 septembre 2002 à 6 h. Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 09/08/2011

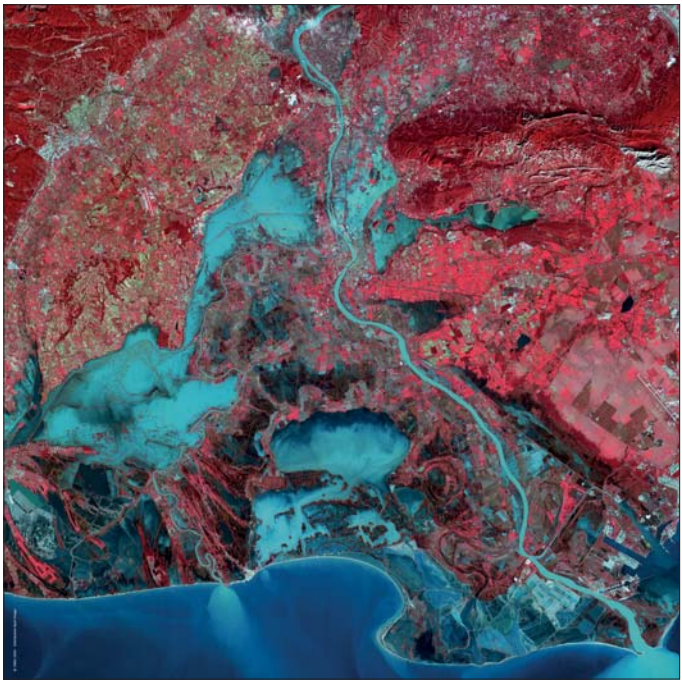
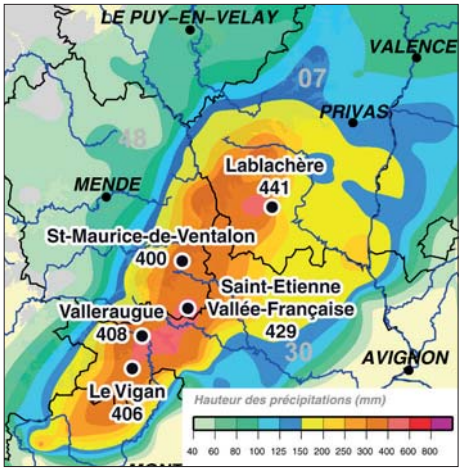
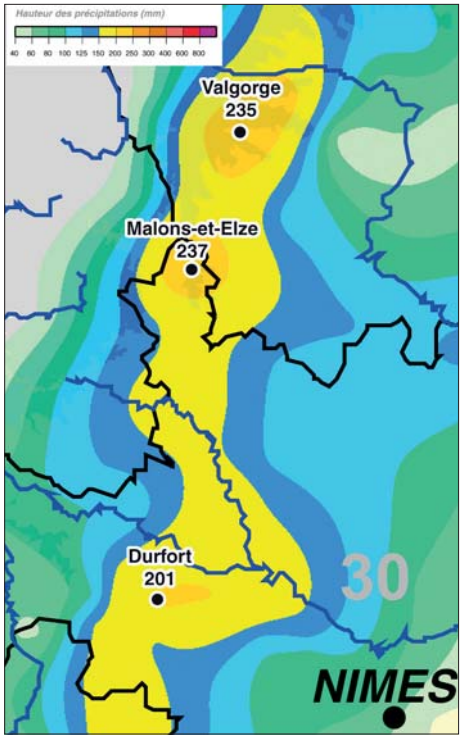


Figure 5-11. Inondation de décembre 2003 sur le Rhône aval. Source : CNES 2003 – Distribution Astrium Espace Services/ Spot Images



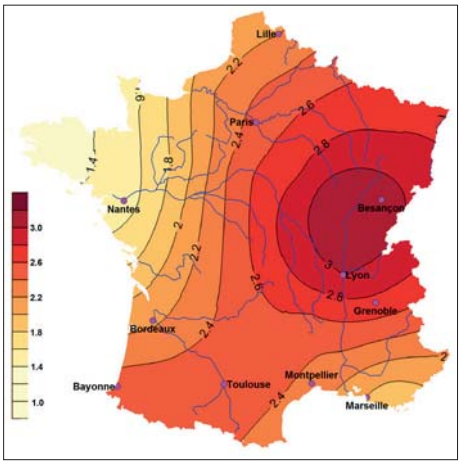
a



b

Figure 5-15. Cumul pluviométrique (en mm) : (a) du 29 septembre 1958 à 6 h au 1er octobre 1958 à 6 h ; (b) du 3 octobre 1958 à 6 h au 5 octobre 1958 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 08/08/2011

Figure 5-18. Rapport des pluies du mois de mai 1856 par la moyenne mensuelle de ce mois.
Source : D. Cœur et A. Djerboua, SHF, 2006



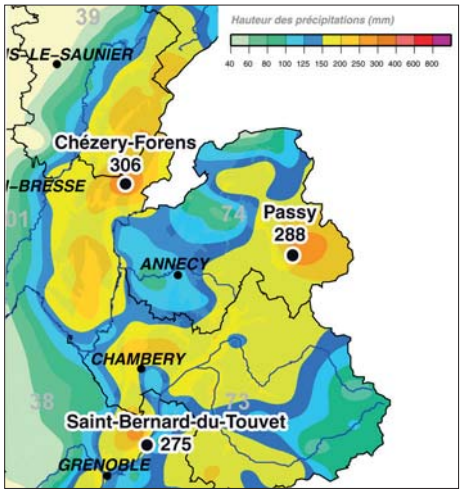


Figure 5-21. Cumul pluviométrique (en mm) sur le bassin du Rhône du 13 février 1990 à 6 h au 14 février 1990 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 08/08/2011

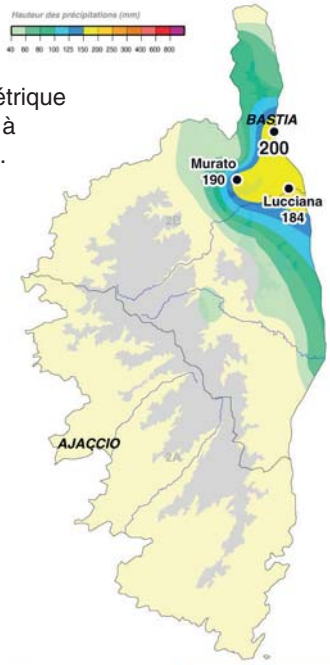


Figure 5-24. Cumul pluviométrique (en mm) du 28 octobre 1985 à 6 h au 29 octobre 1985 à 6 h. Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 04/07/2013

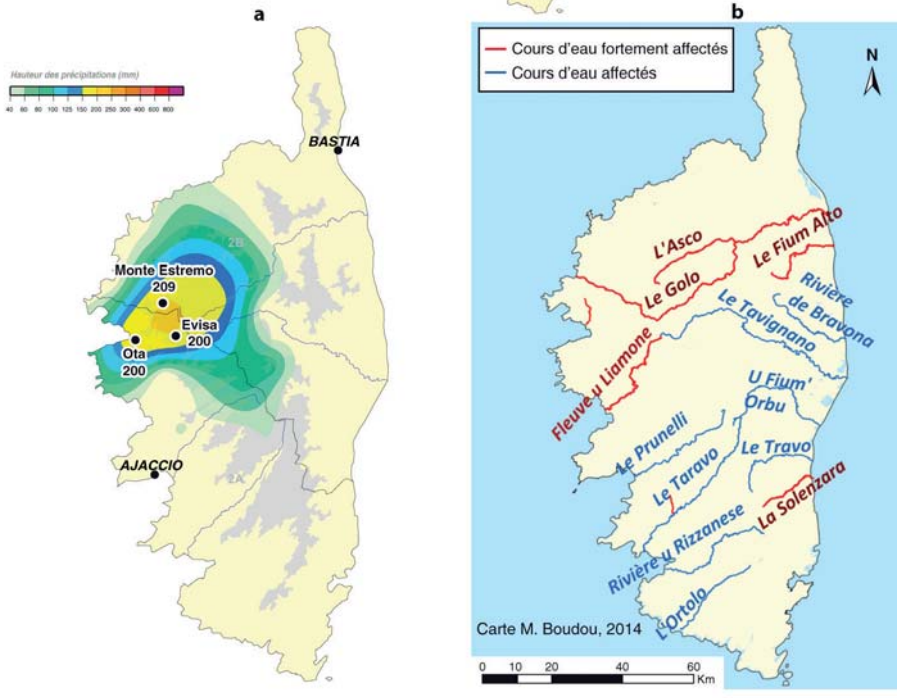


Figure 5-25. (a) Cumul pluviométrique (en mm) du 20 octobre 1992 à 6 h au 21 octobre 1992 à 6 h ; source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011 ; (b) principaux cours d'eau concernés © T. Becker/Acthys

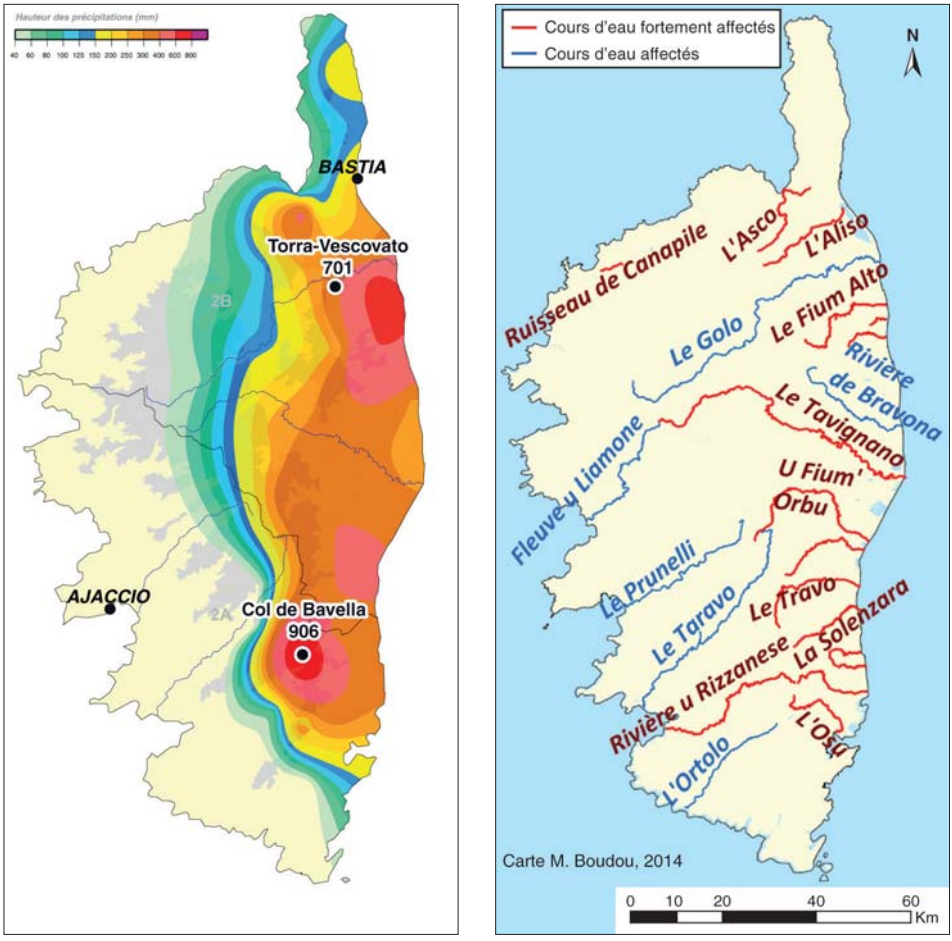


Figure 5-26. (a) Cumul pluviométrique (en mm) du 31 octobre 1993 à 6 h au 2 novembre 1993 à 6 h ; source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 18/04/2012 ; (b) principaux cours d'eau concernés © T. Becker/Acthys

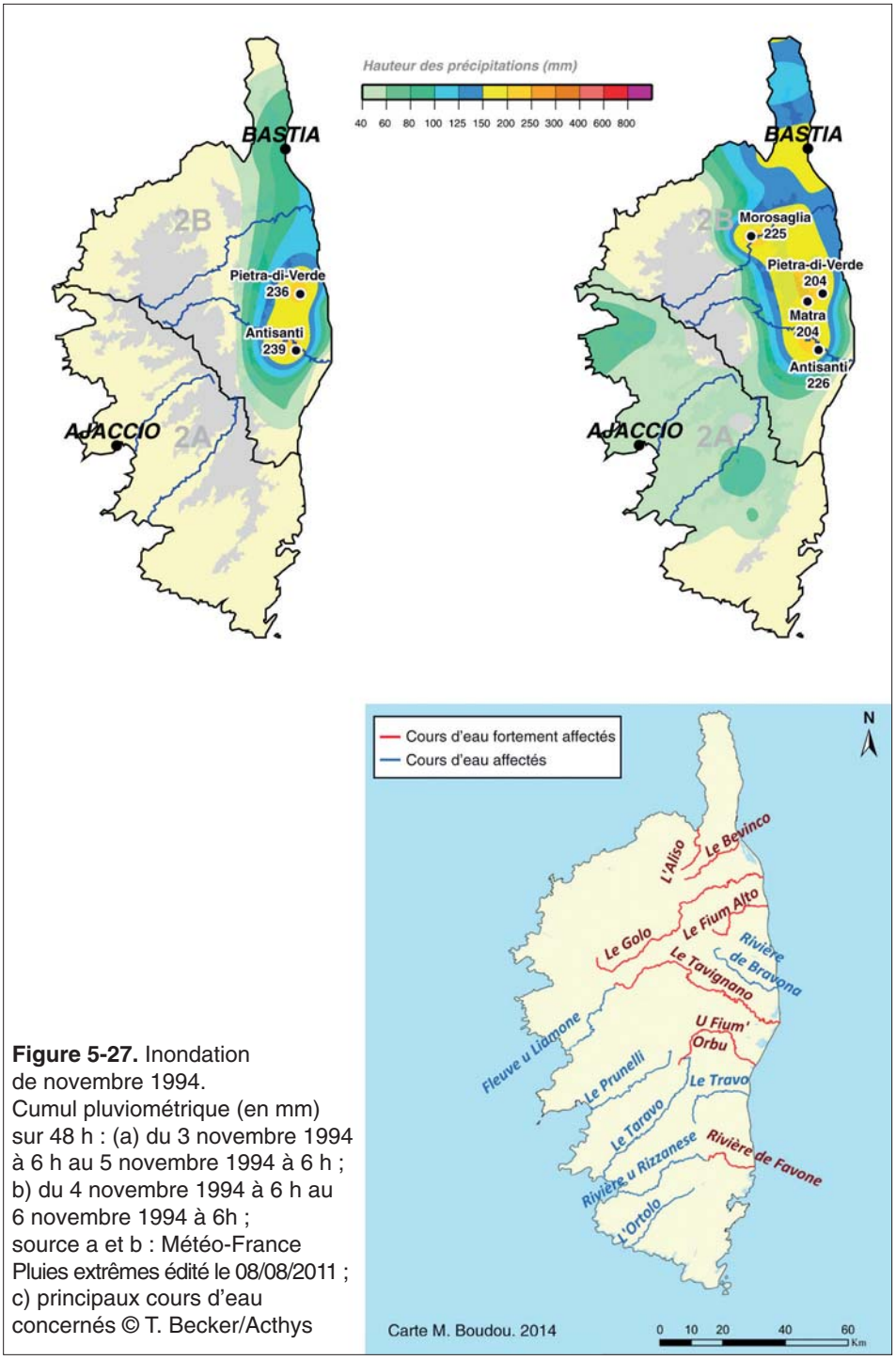


Figure 5-27. Inondation de novembre 1994. Cumul pluviométrique (en mm) sur 48 h : (a) du 3 novembre 1994 à 6 h au 5 novembre 1994 à 6 h ; b) du 4 novembre 1994 à 6 h au 6 novembre 1994 à 6h ; source a et b : Météo-France Pluies extrêmes édité le 08/08/2011 ; c) principaux cours d'eau concernés © T. Becker/Acthys

Figure 5-28. Cumul pluviométrique (en mm) du 29 mai 2008 à 6 h au 30 mai 2008 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies Extrêmes édité le 01/08/2011

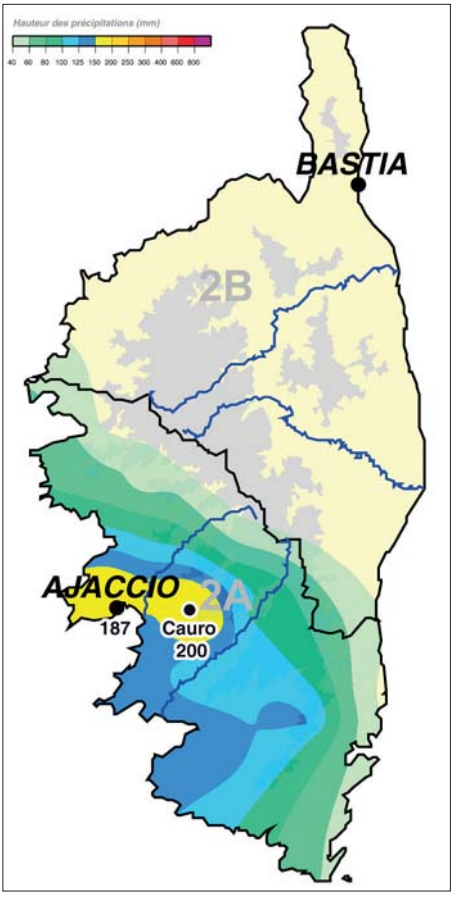
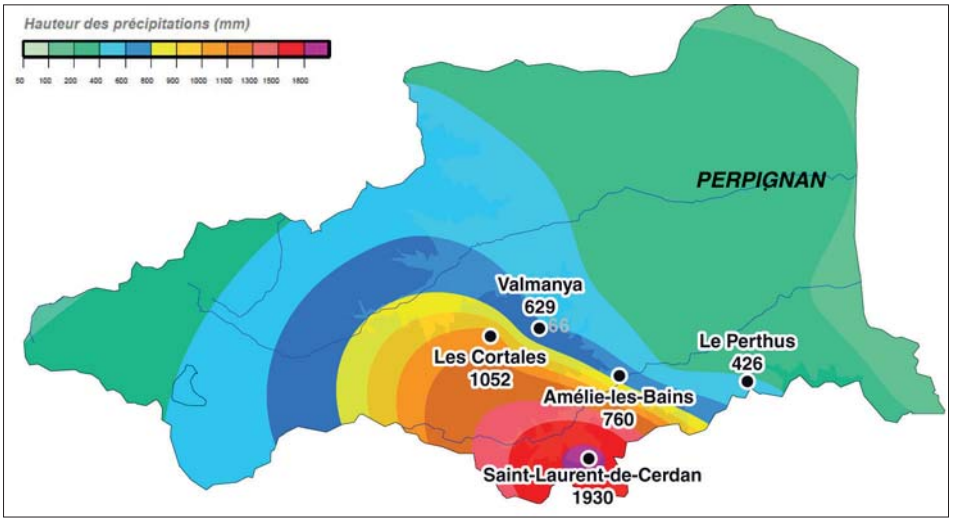


Figure 5-31. Cumul pluviométrique (en mm) dans les Pyrénées orientales du 16 octobre 1940 à 6 h au 21 octobre 1940 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011



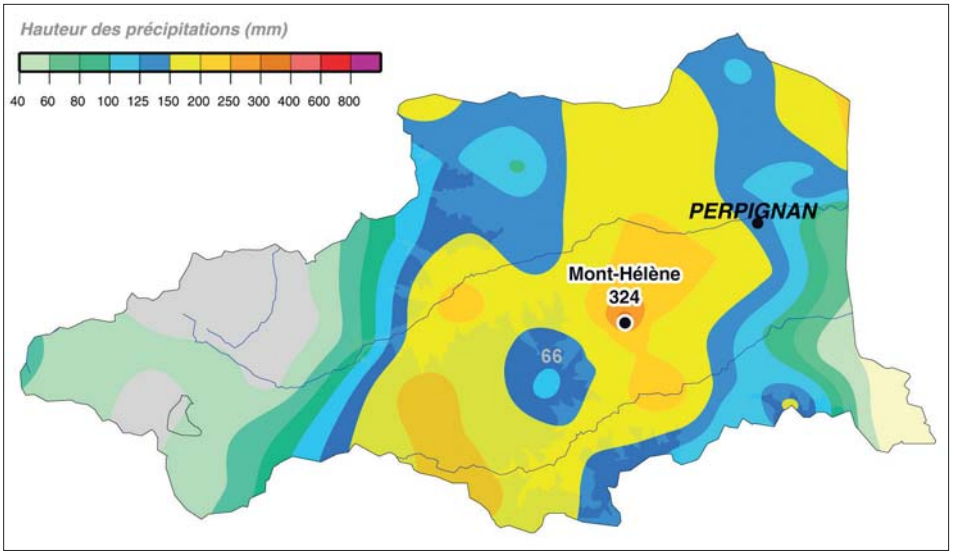
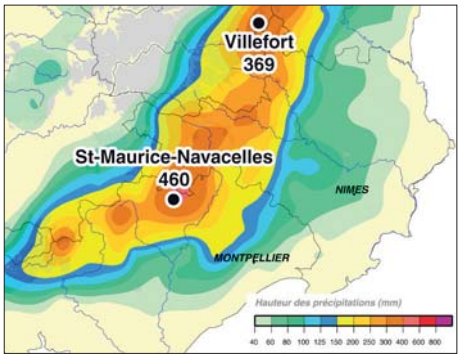


Figure 5-32. Cumul des précipitations (en mm) sur le département des Pyrénées-Orientales du 26 septembre 1992 à 6 h au 27 septembre 1992 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

Figure 5-33. Cumul pluviométrique (en mm) sur les Cévennes du 17 décembre 1997 à 6 h au 19 décembre 1997 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011



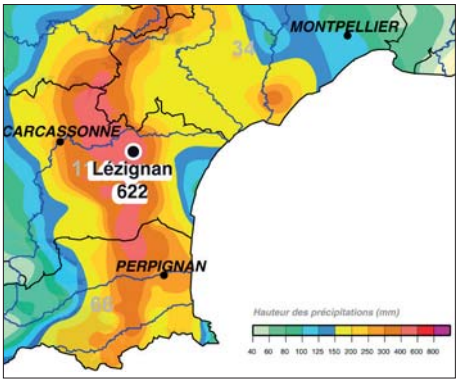


Figure 5-35. Cumul des précipitations (en mm) sur le bassin de l'Aude du 12 novembre 1999 à 6 h au 14 novembre 1999 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 09/08/2011

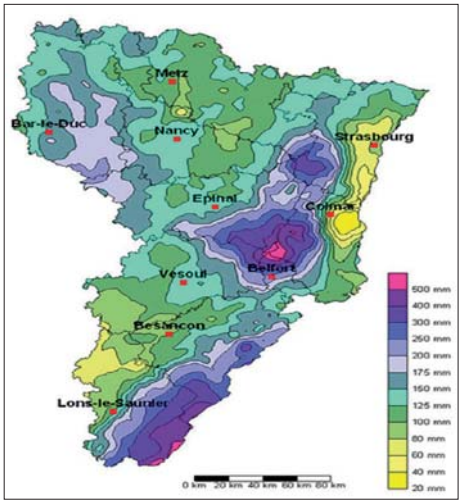


Figure 5-43. Cumul des précipitations du mois de février 1990 sur l'est de la France. Source : Météo-France

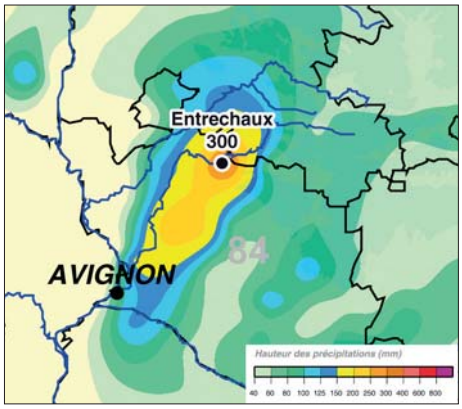


Figure 5-49. Cumul pluviométrique (en mm) du 22 septembre 1992 à 6 h au 23 septembre 1992 à 6 h. Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 02/08/2011

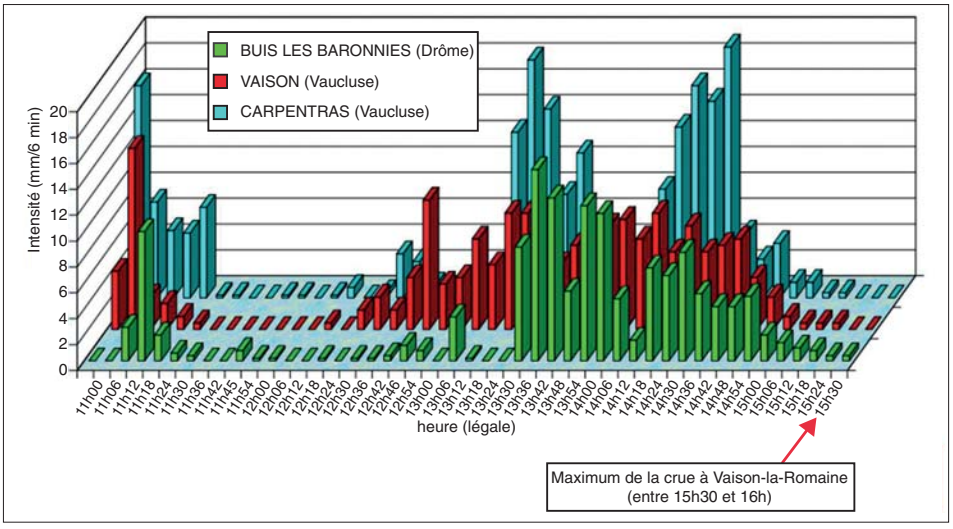


Figure 5-50. Hyétogramme au pas de temps 6 min du 22 septembre 1992 sur les stations de Buis-les-Baronnies, Vaison-la-Romaine et Carpentras. Source : Météo-France édité le 19/07/2010

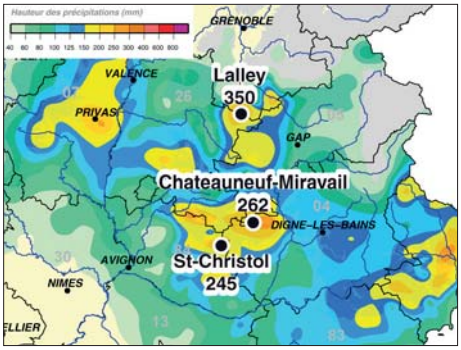


Figure 5-52. Cumul pluviométrique (en mm) du 6 janvier 1994 à 6 h au 8 janvier 1994 à 6 h.
Source Météo-France Pluies Extrêmes édité le 08/08/2011

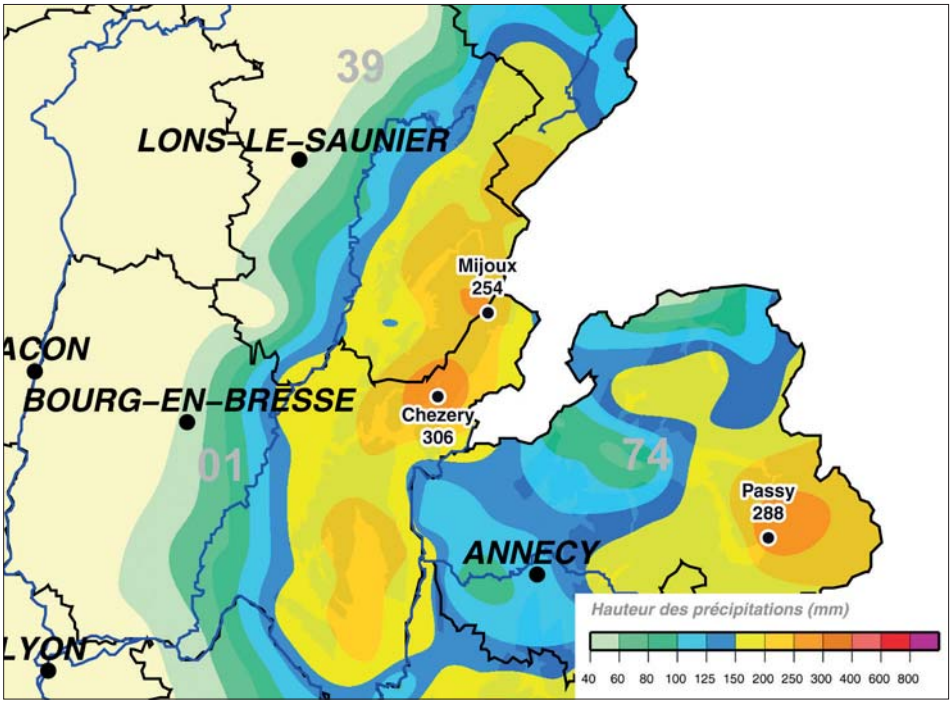


Figure 5-57. Cumul pluviométrique (en mm) sur le haut-bassin du Rhône du 13 févier 1990 à 6 h au 14 février 1990 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 08/08/2011

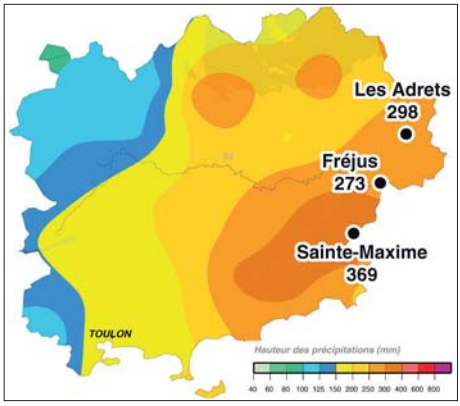


Figure 5-65. Cumul pluviométrique (en mm) sur le département du Var du 27 novembre 1959 à 6 h au 3 décembre 1959 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

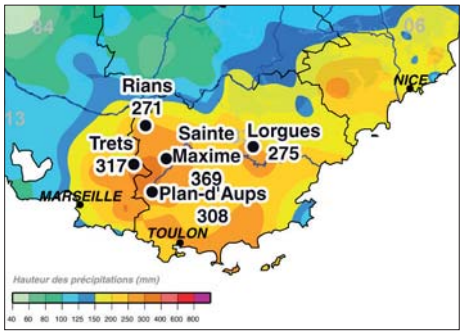


Figure 5-66. Cumul pluviométrique (en mm) sur la région PACA du 11 janvier 1978 à 6 h au 17 janvier 1978 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

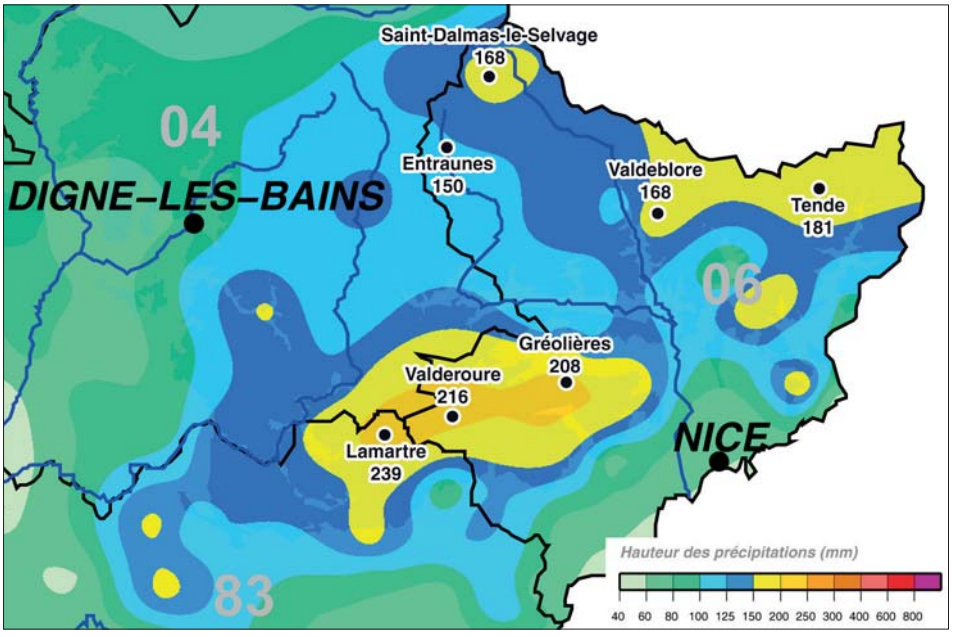


Figure 5-67. Cumul pluviométrique (en mm) sur le bassin du Var du 4 novembre 1994 à 6 h au 6 novembre 1994 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 08/08/2011

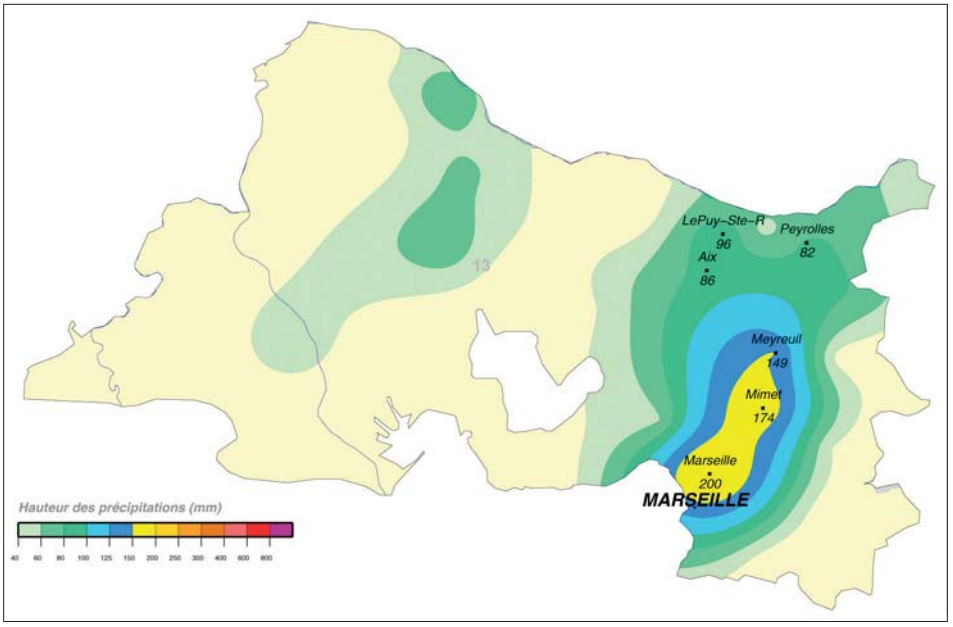


Figure 5-68. Cumul pluviométrique (en mm) sur les Bouches-du-Rhône du 19 septembre 2000 à 6 h au 20 septembre 2000 à 6 h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

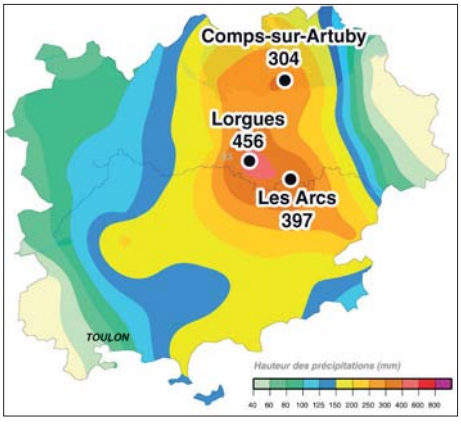


Figure 5-69. Cumul pluviométrique (en mm) sur le département du Var du 15 juin 2010 à 6h au 16 juin 2010 à 6h.
Source : Météo-France Pluies extrêmes édité le 11/08/2011

Planche N.° 17.
D É P.t
D E
D E P.t
D U
Calonne
Montmerle
Taponas
BELLEVILLE
Port de Belleville
Ile de Montmerle
Château de Lurcy
Crue de 1840
Crue de 1840
Crue de 1840
Crue de 1840
Crue de 1840
Route
La Croisée
Chemin
Station
Station
Les Pontoux
Les Sables
Narailles
Landras
Linadat
le Verdet
Quinet
Beyle
Les Pieds
les Terres
les Prairies
les Ilons
Port Chassy
Port de Gueyroux
Port de Belleville
Ch.e de fer de Beaujeu à Belleville
Route dep.le N.° 3 de la Loire à la Saône
Ch.e de fer de Belleville à Châtillon
Ch.e de fer de St Trivier à Montmerle
Ch.e de fer de St Trivier à Mâcon
Ch.e de fer de Mâcon à Bourg
Ch.e de fer de Lyon à Mâcon
Ch.e de fer de Mâcon à Bourg
Ch.e de fer de Lyon à Mâcon
Ch.e de fer de Lyon à Mâcon
Ch.e de fer de Lyon à Mâcon

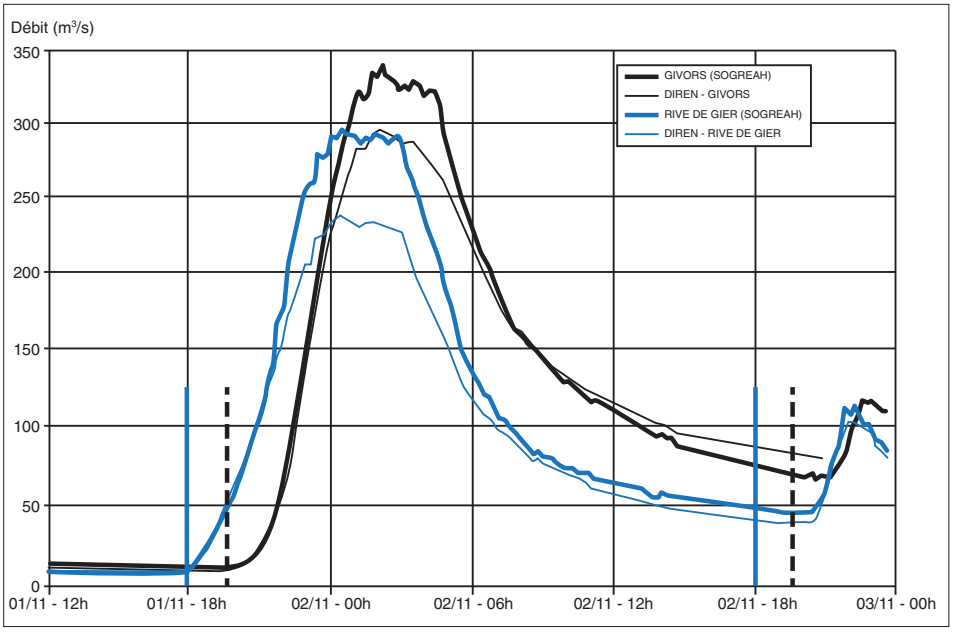


Figure 5-75. Hydrogrammes de la crue du Gier à Givors et à Rive-de-Gier en novembre 2008.
Source : DDE Loire, 2009

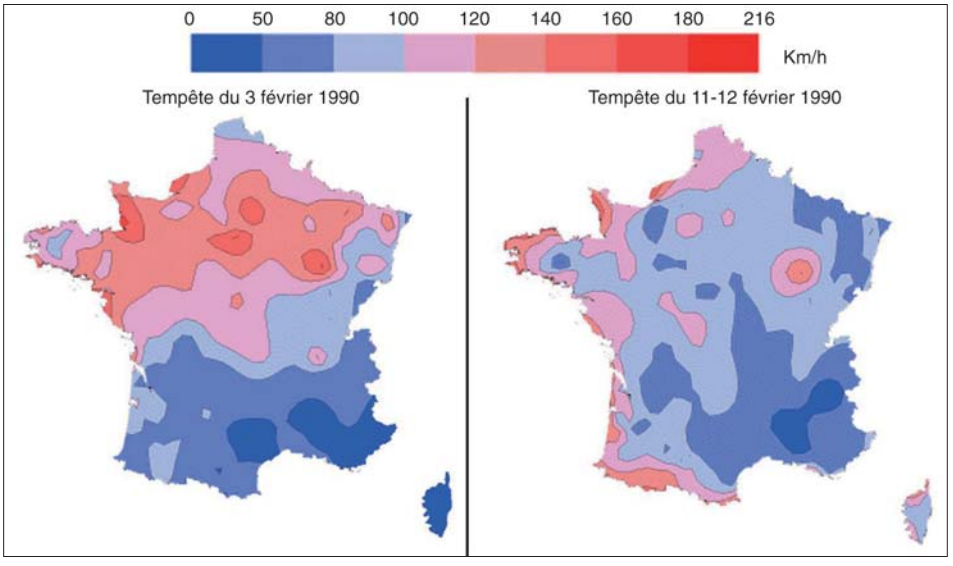


Figure 6-4. Vent maximal instantané lors des tempêtes du 3 et du 11-12 février 1990.
Source : Météo-France

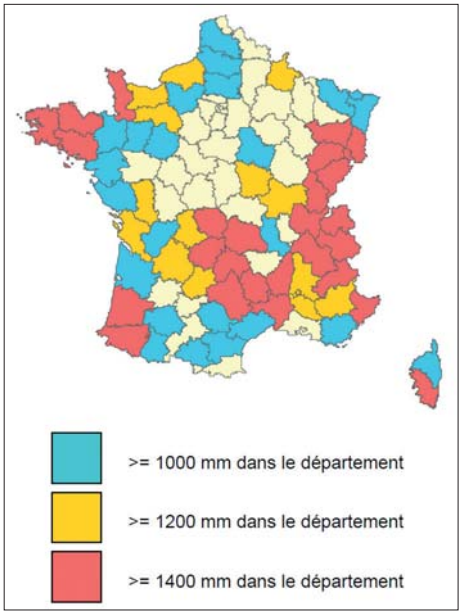


Figure 6-6. Cumul des précipitations d'octobre 2000 à avril 2001 sur la France. Source : Météo-France, carte éditée le 02/03/2011

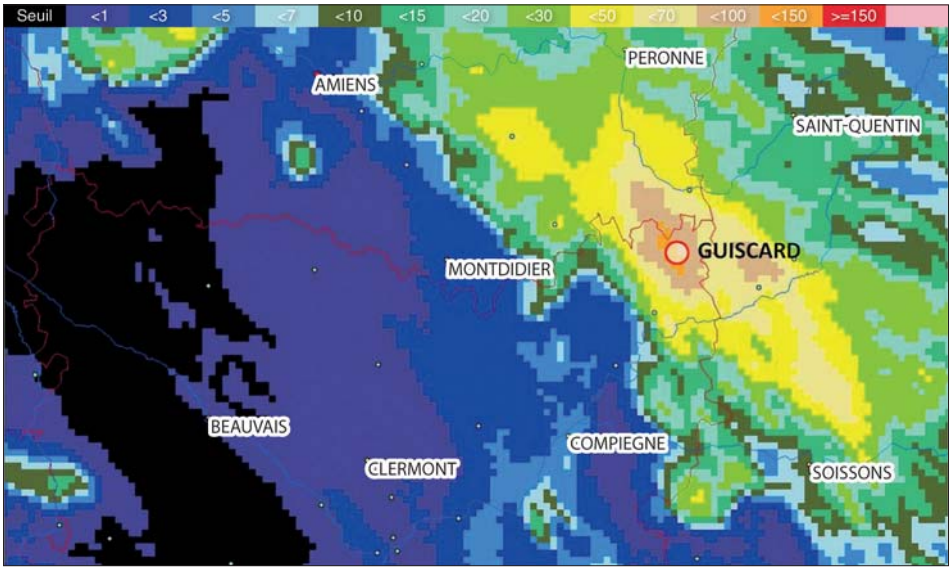


Figure 6-35. Cumul des pluies sur deux heures lors de l'orage du 7 au 8 juin 2007. Source : Météo-France

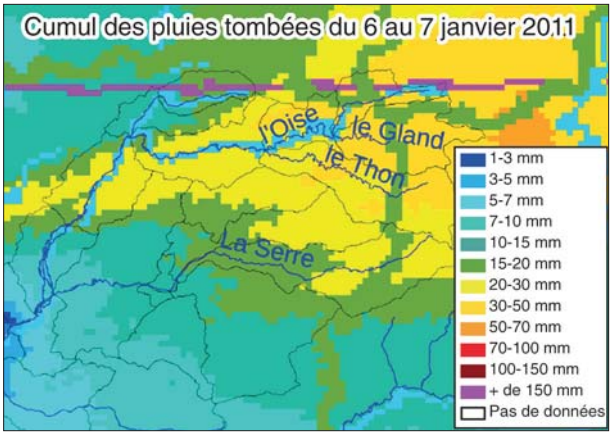


Figure 6-37. Lame d'eau en 24 h sur le bassin versant de l'Oise, du 6 au 7 janvier 2011.
Source : Service de prévision des crues de l'Oise et de l'Aisne

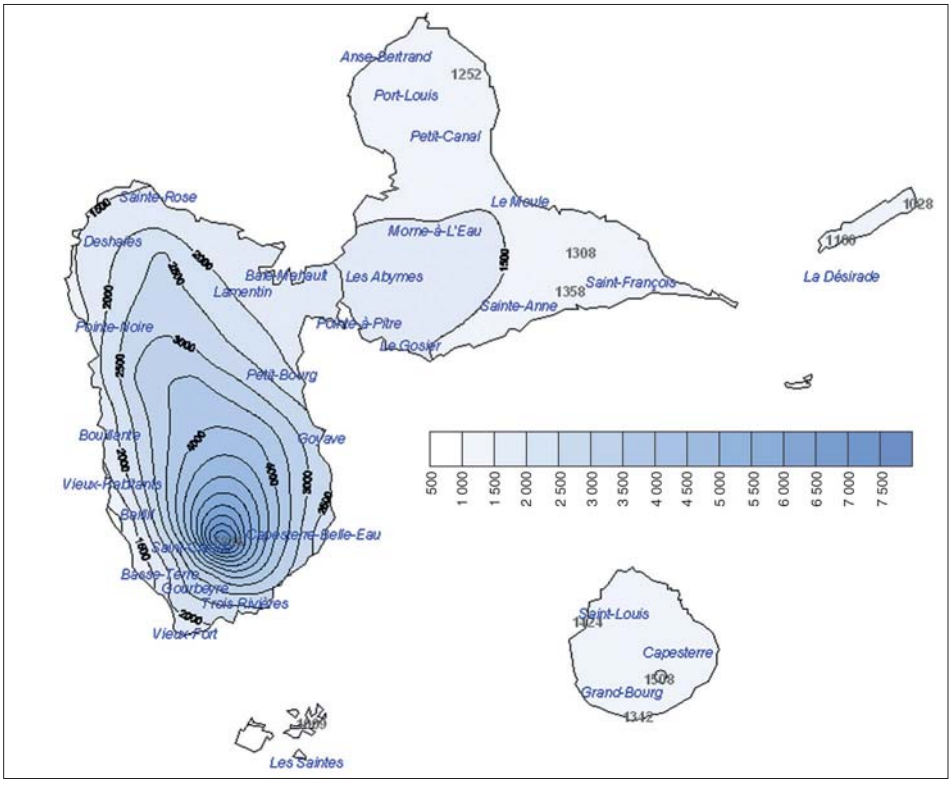


Figure 7-2. Pluviométrie annuelle moyenne en Guadeloupe (période 1975-2004).
Source : Météo-France

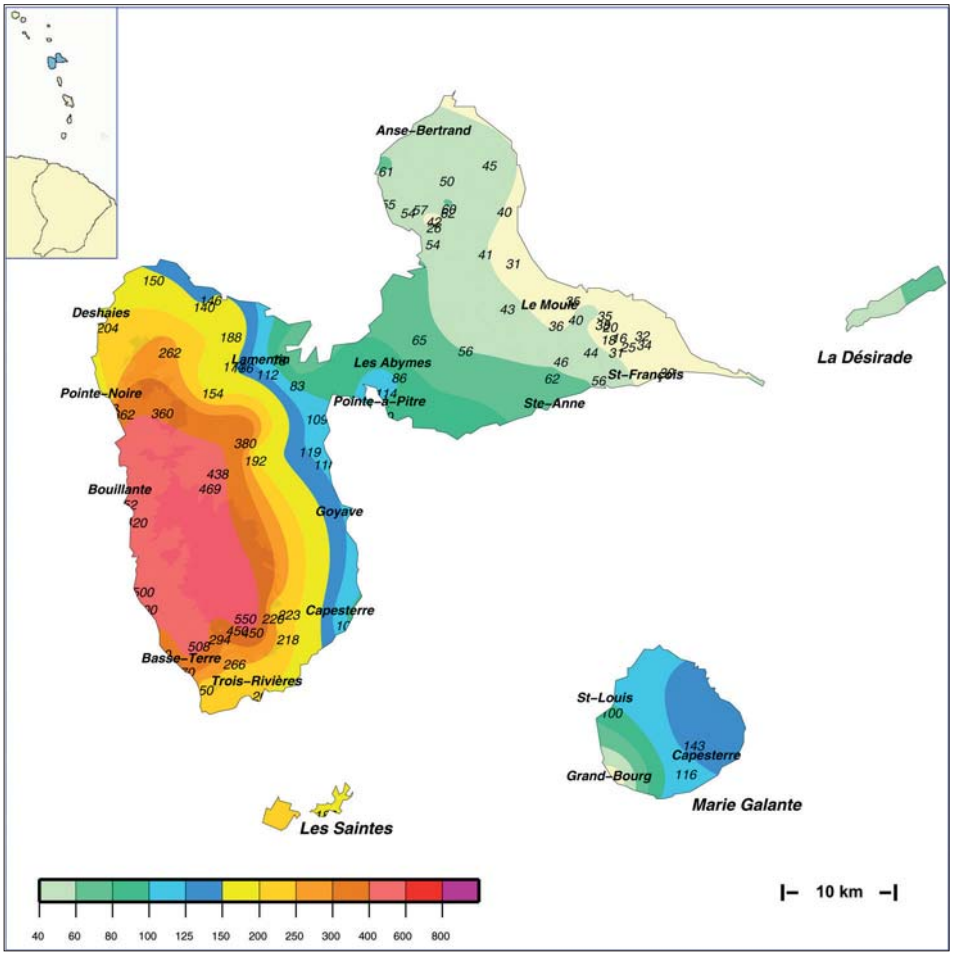


Figure 7-4. Cumul pluviométrique sur la Guadeloupe lors du passage du cyclone Marilyn, du 14 septembre 1995 à 8 h au 15 septembre 1995 à 8 h.
Source : Météo-France

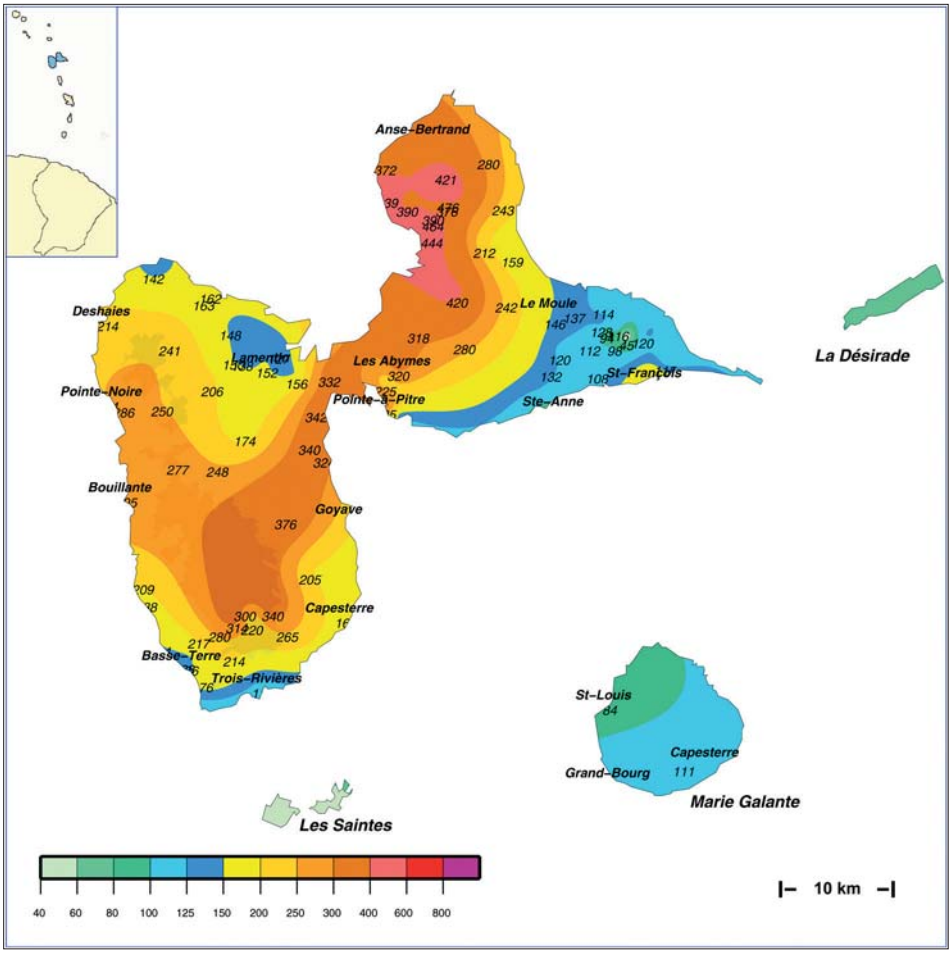


Figure 7-5. Cumul pluviométrique sur la Guadeloupe lors de l'ouragan Lenny, du 18 novembre 1999 à 8 h au 20 novembre 1999 à 8 h.
Source : Météo-France

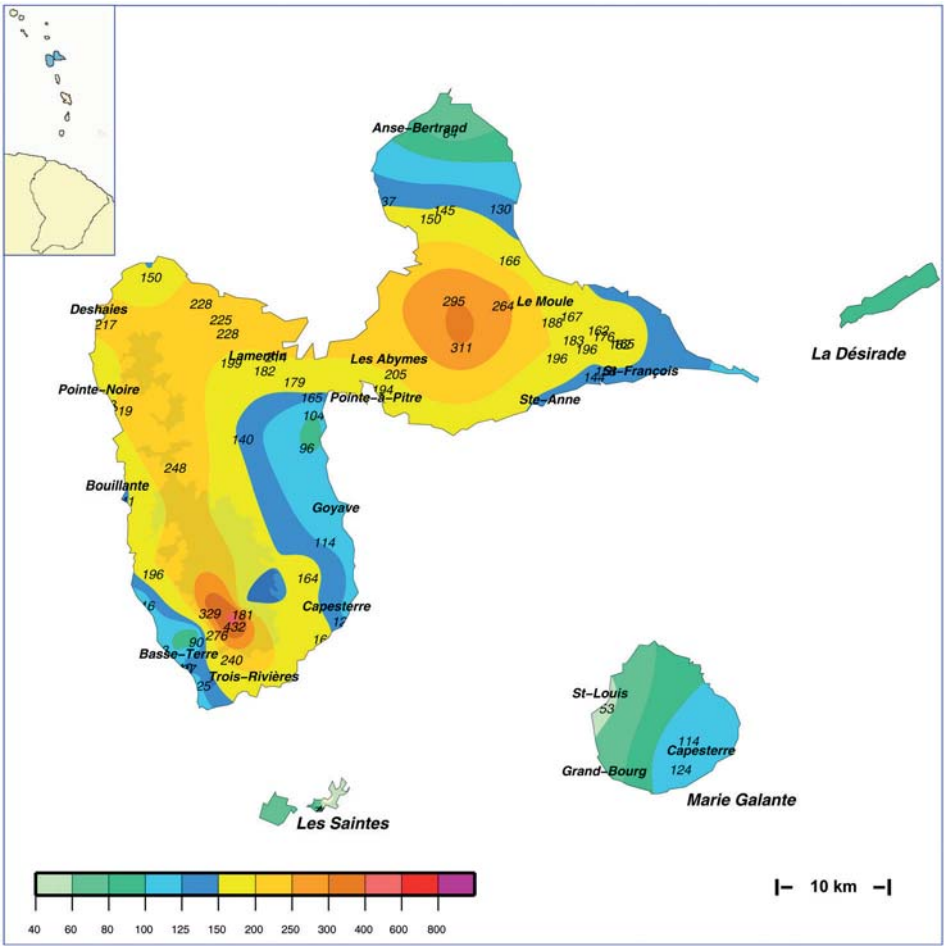


Figure 7-6. Cumul pluviométrique sur la Guadeloupe du 3 janvier 2011 à 8 h au 6 janvier 2011 à 8 h.
Source : Météo-France

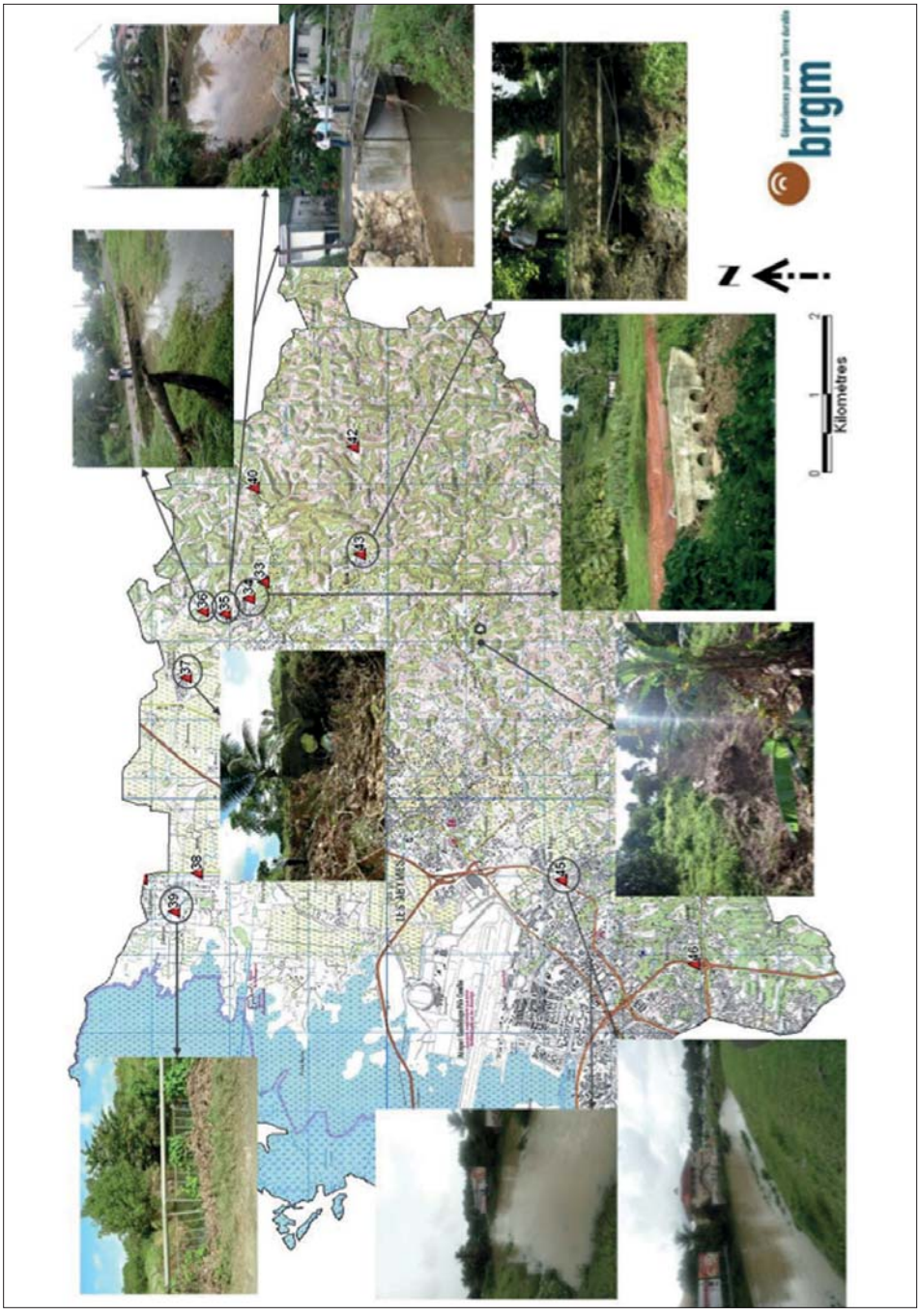


Figure 7-7. Carte des routes coupées (triangles rouges) lors des inondations du 4 janvier 2011 sur la commune des Abymes.
Source : BRGM

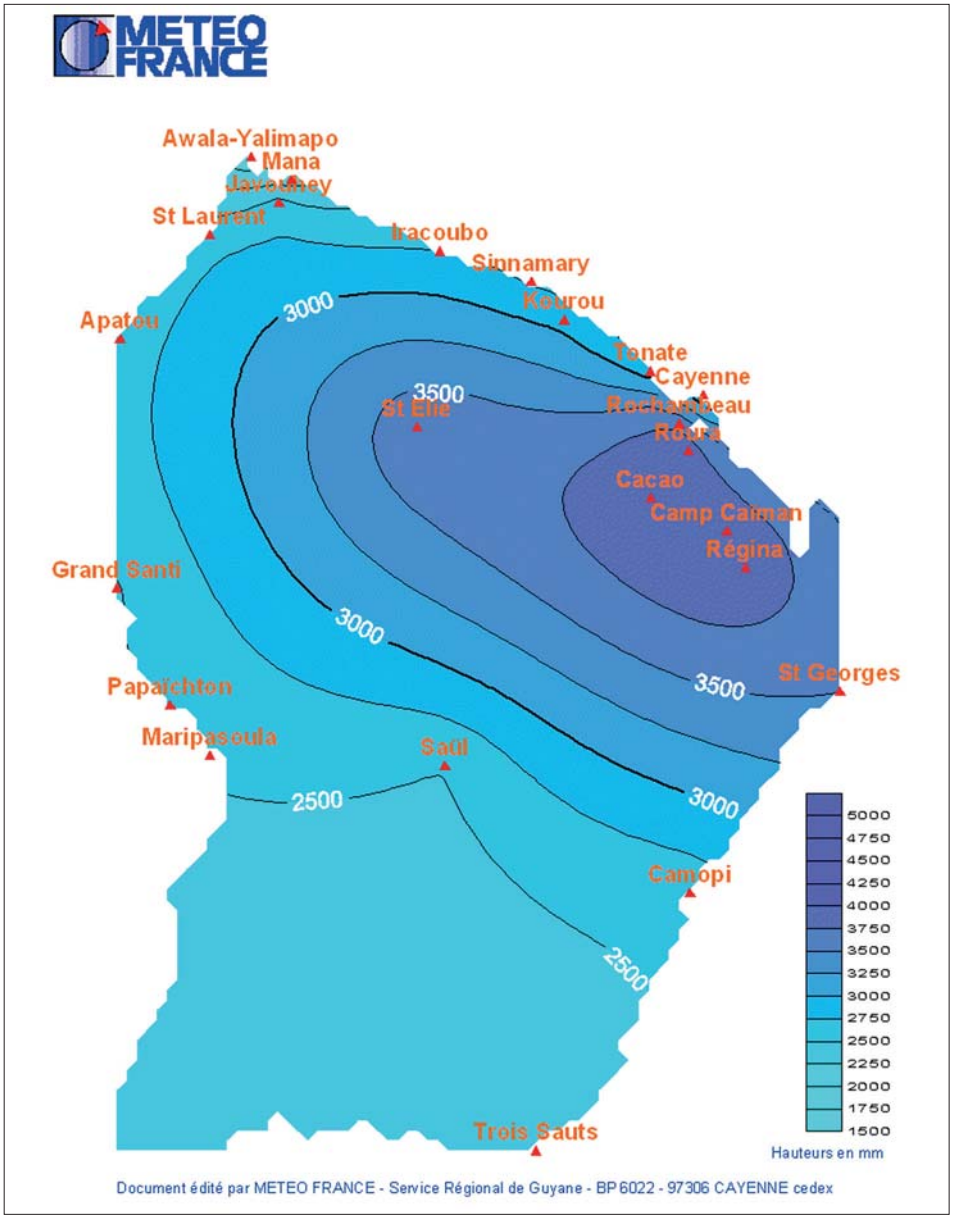


Figure 7-9. Pluviométrie annuelle moyenne en Guyane (période 1971-2000).
Source : Météo-France

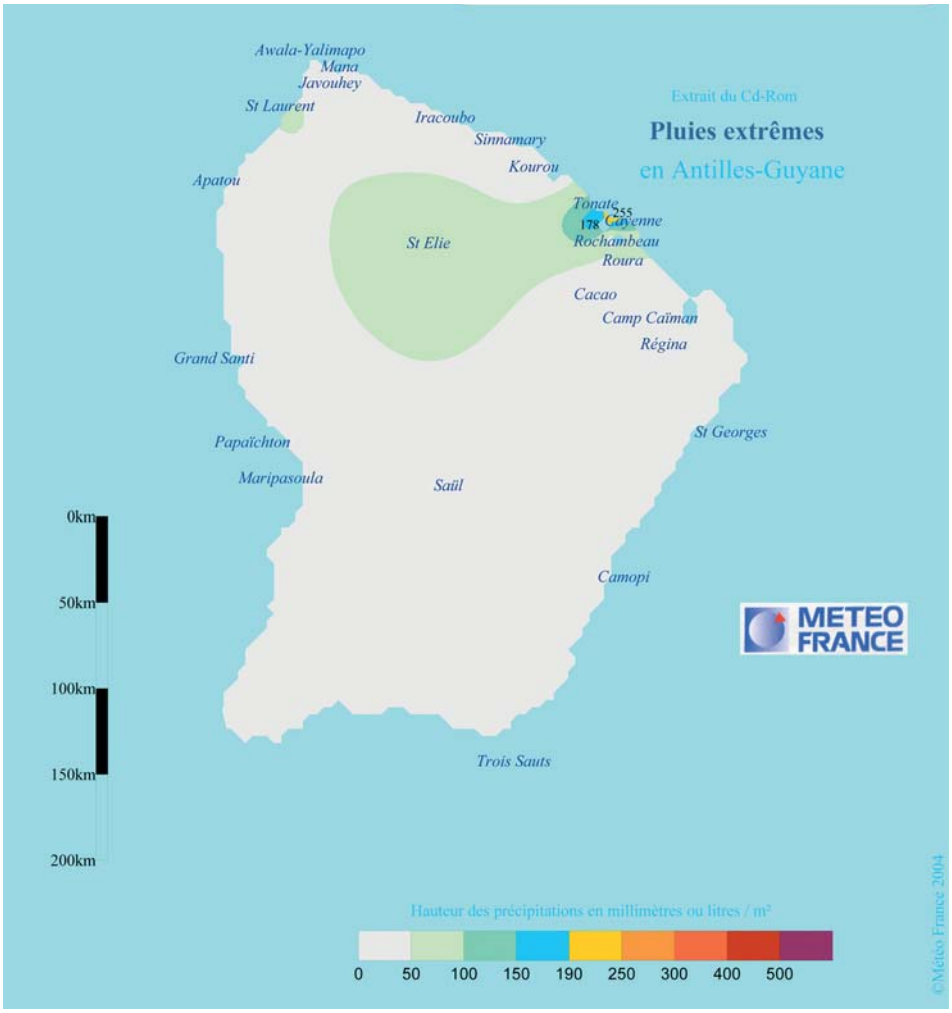


Figure 7-11. Cumul pluviométrique en Guyane du 25 août 1996 à 6 h au 26 août 1996 à 6 h.
Source : Météo-France

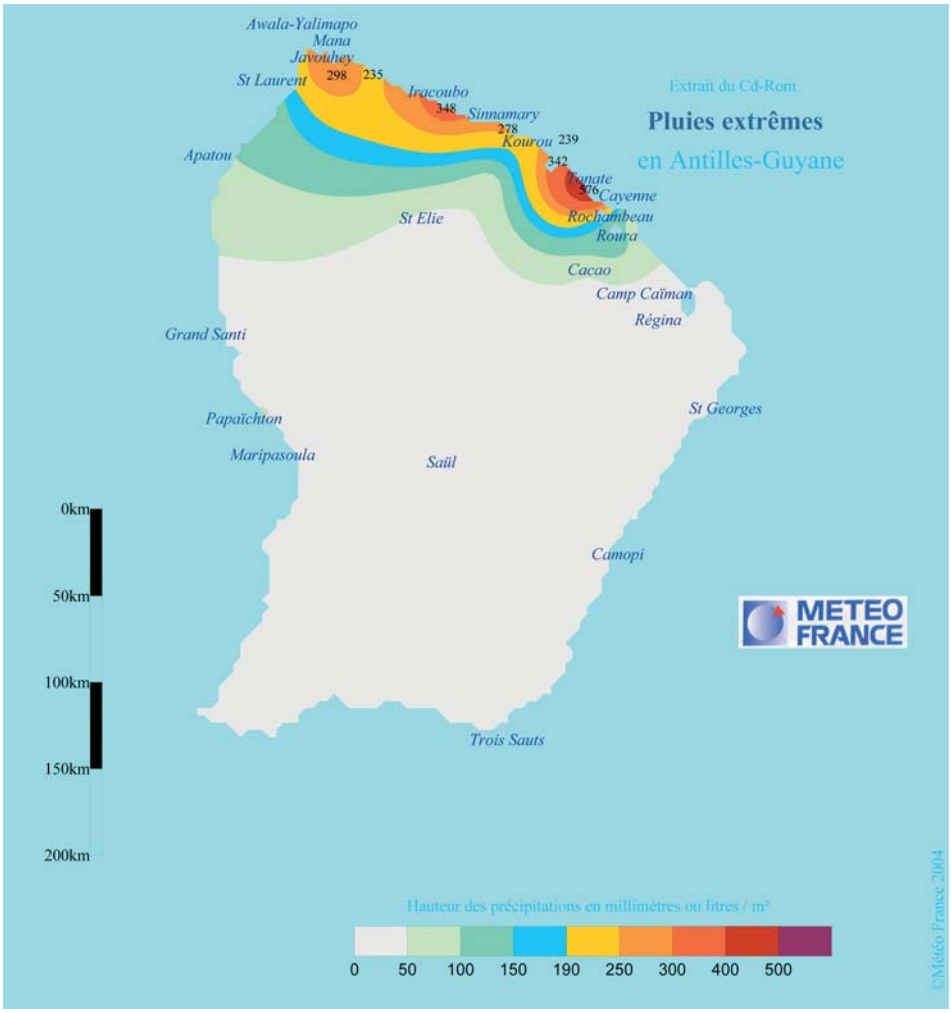


Figure 7-12a. Cumul pluviométrique en Guyane du 7 avril 2000 à 6 h au 10 avril 2000 à 6 h.
Source : Météo-France

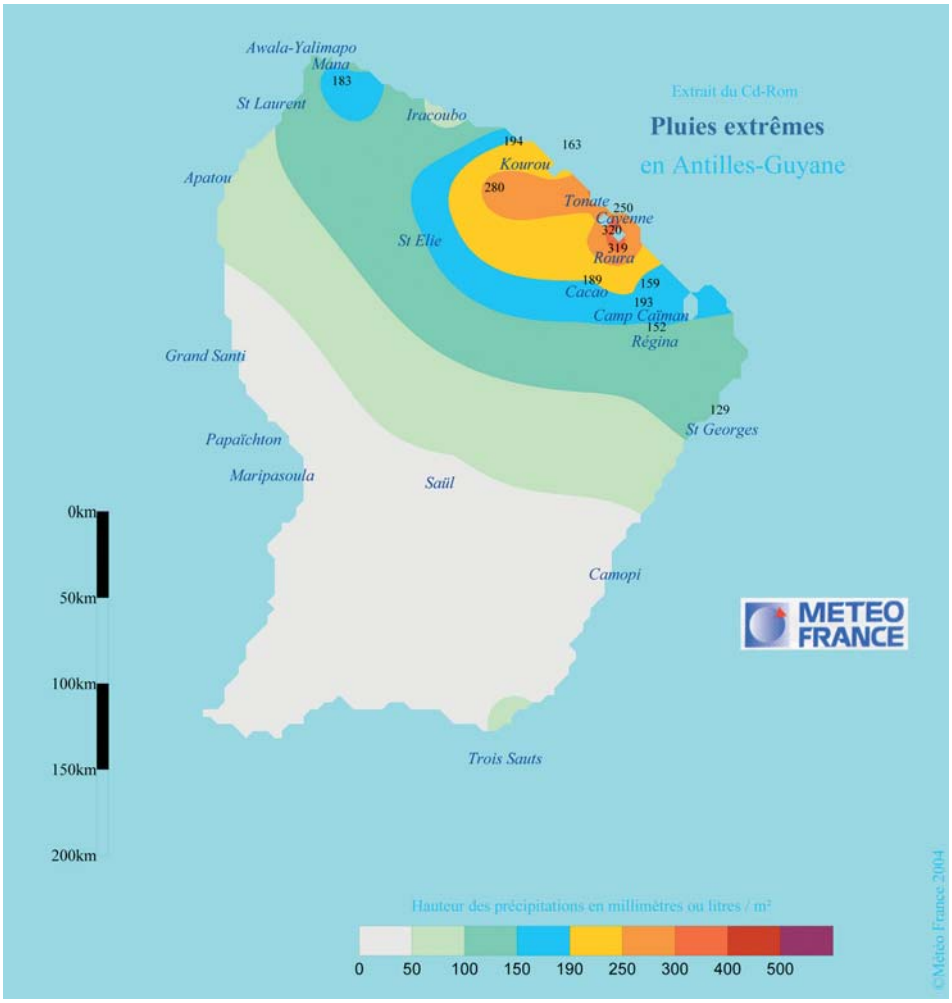


Figure 7-12b. Cumul pluviométrique en Guyane du 13 avril 2000 à 6 h au 15 avril 2000 à 6 h.
Source : Météo-France

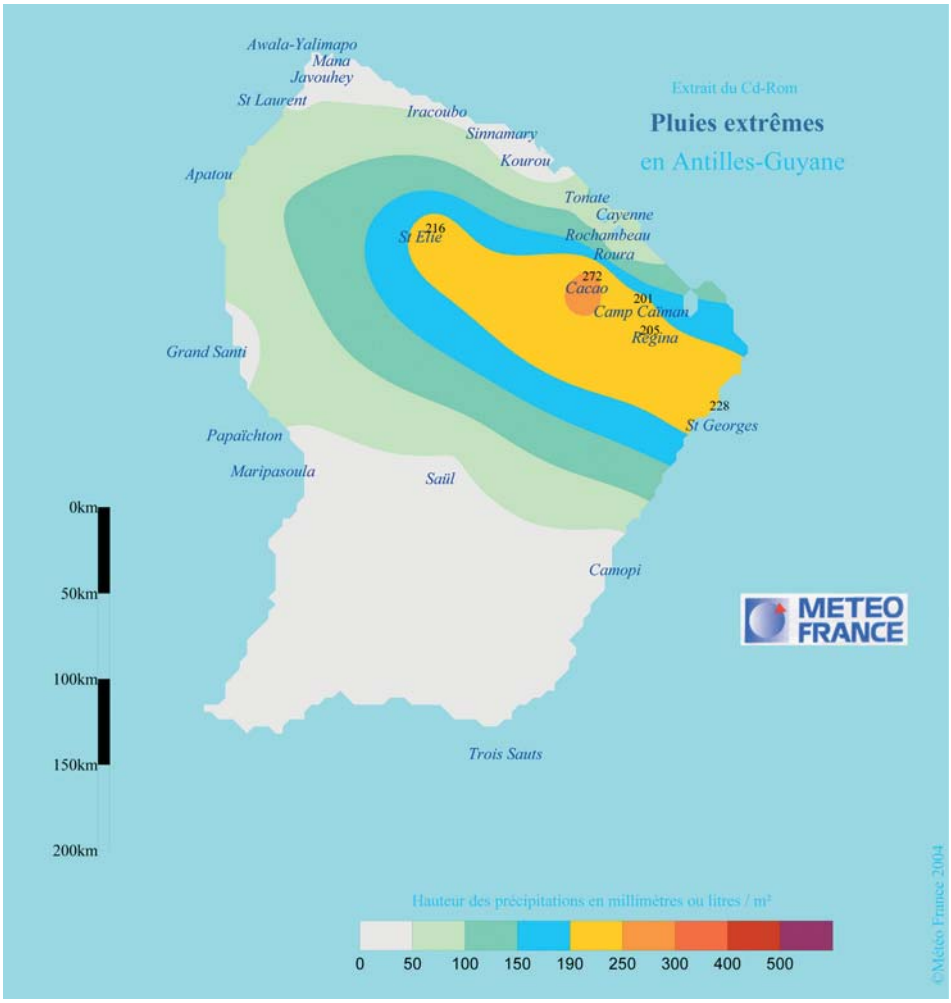


Figure 7-13. Cumul pluviométrique en Guyane du 16 mai 2000 à 6 h au 17 mai 2000 à 6 h.
Source : Météo-France

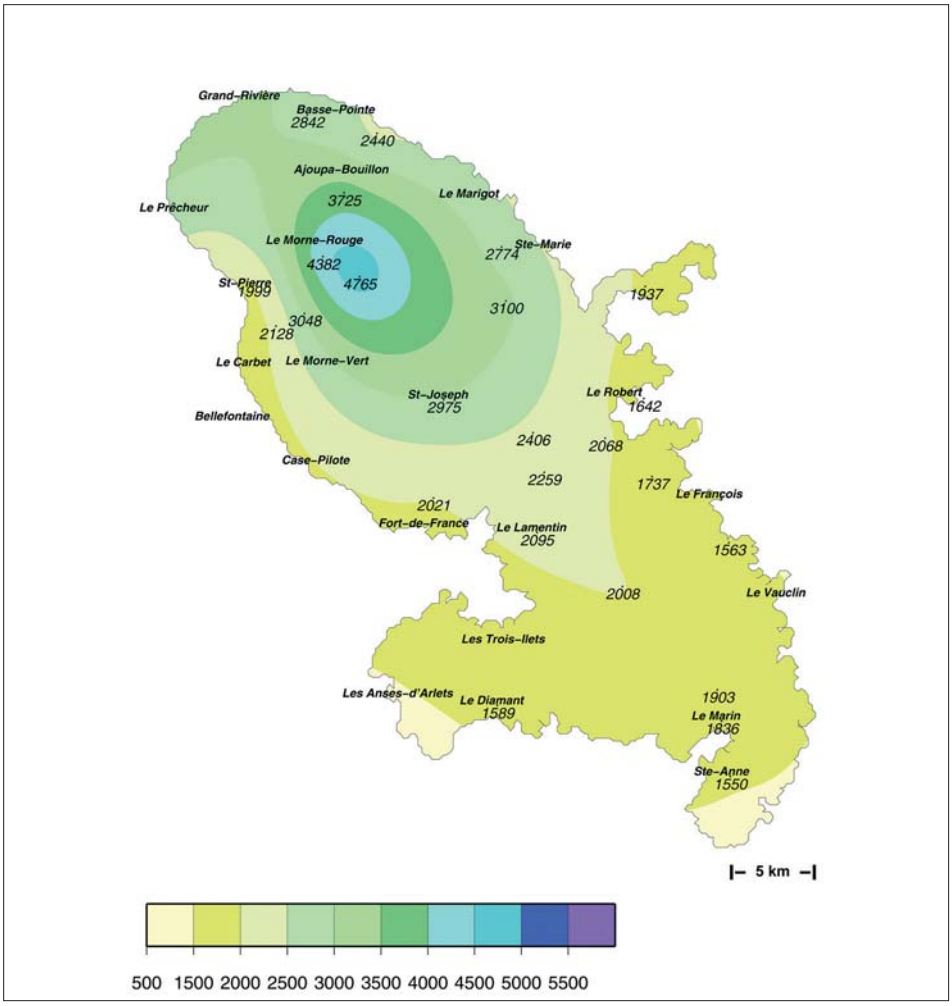


Figure 7-15. Pluviométrie annuelle moyenne en Martinique (période 1981-2000).
Source : Météo-France

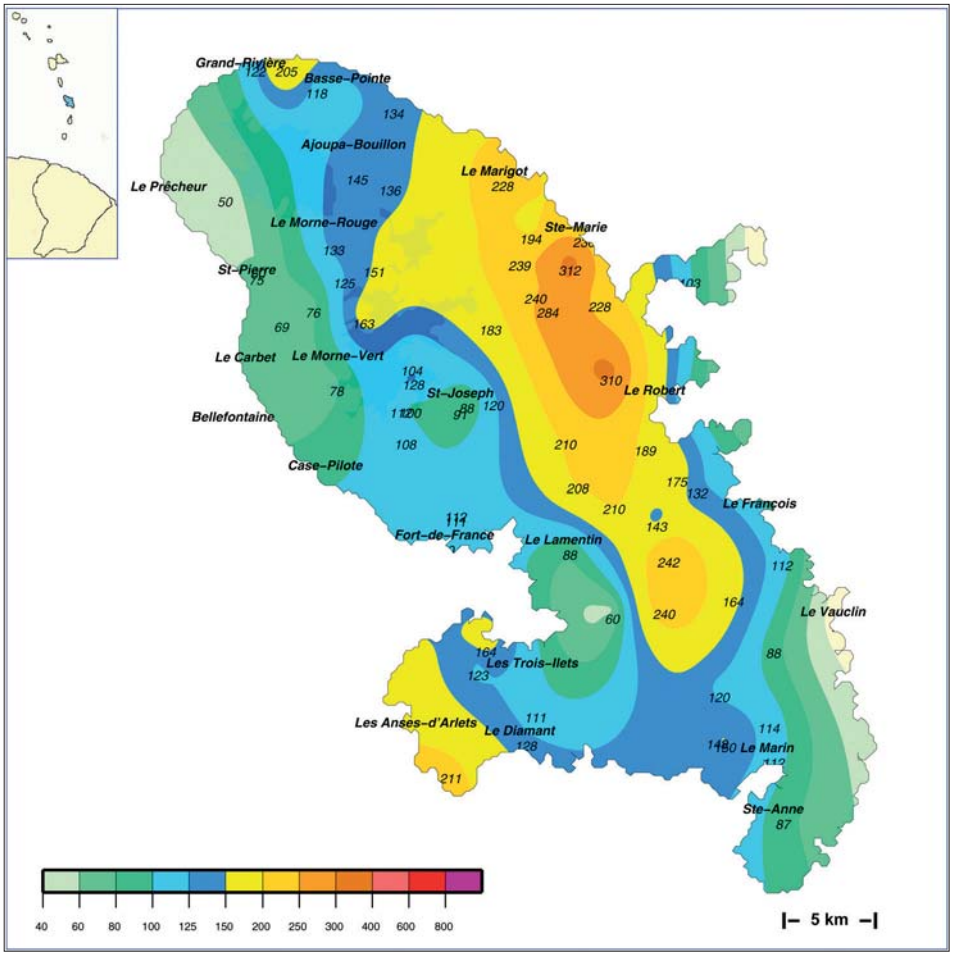


Figure 7-19. Cumul pluviométrique en Martinique du 4 mai 2009 à 8 h au 5 mai 2009 à 8 h.
Sources : Deal Martinique et Météo-France

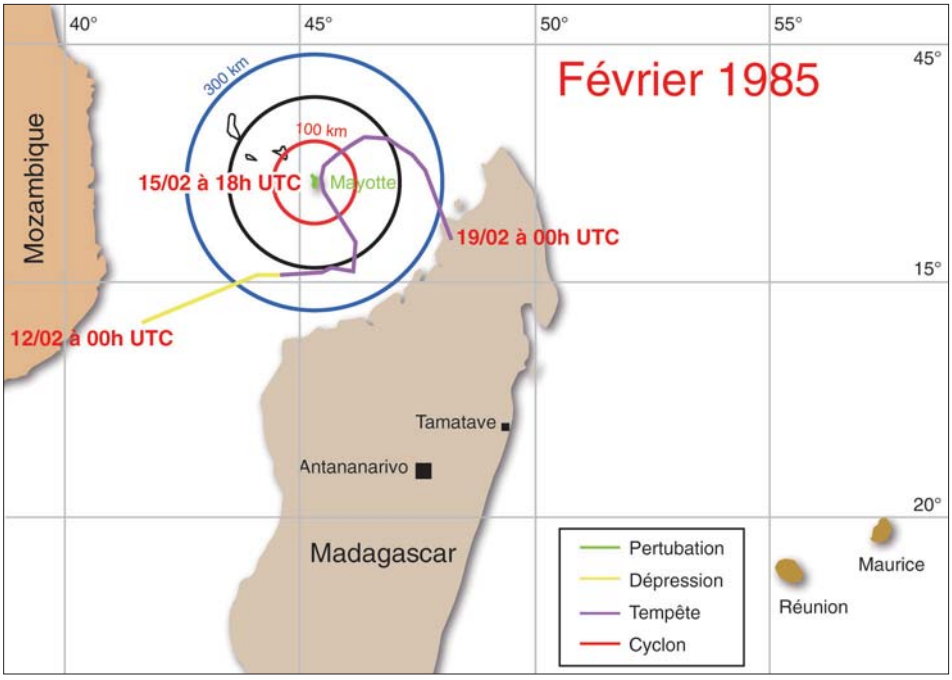


Figure 7-23. Trajectoire de la tempête tropicale Feliksa.
Source : Météo Tamarin

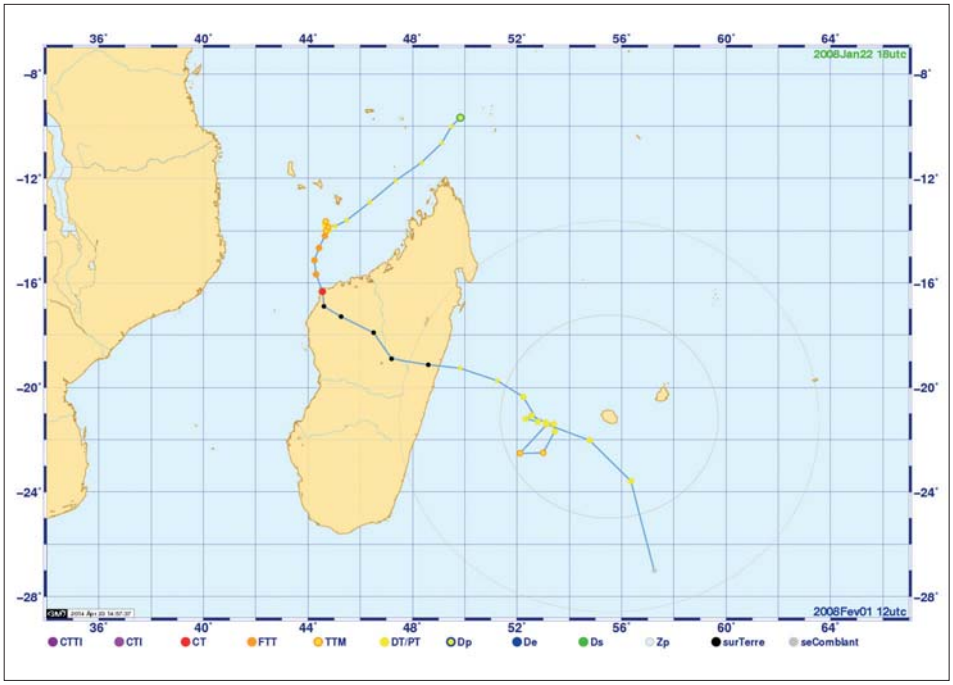


Figure 7-24. Trajectoire de la tempête tropicale Fame.
Source : Météo-France

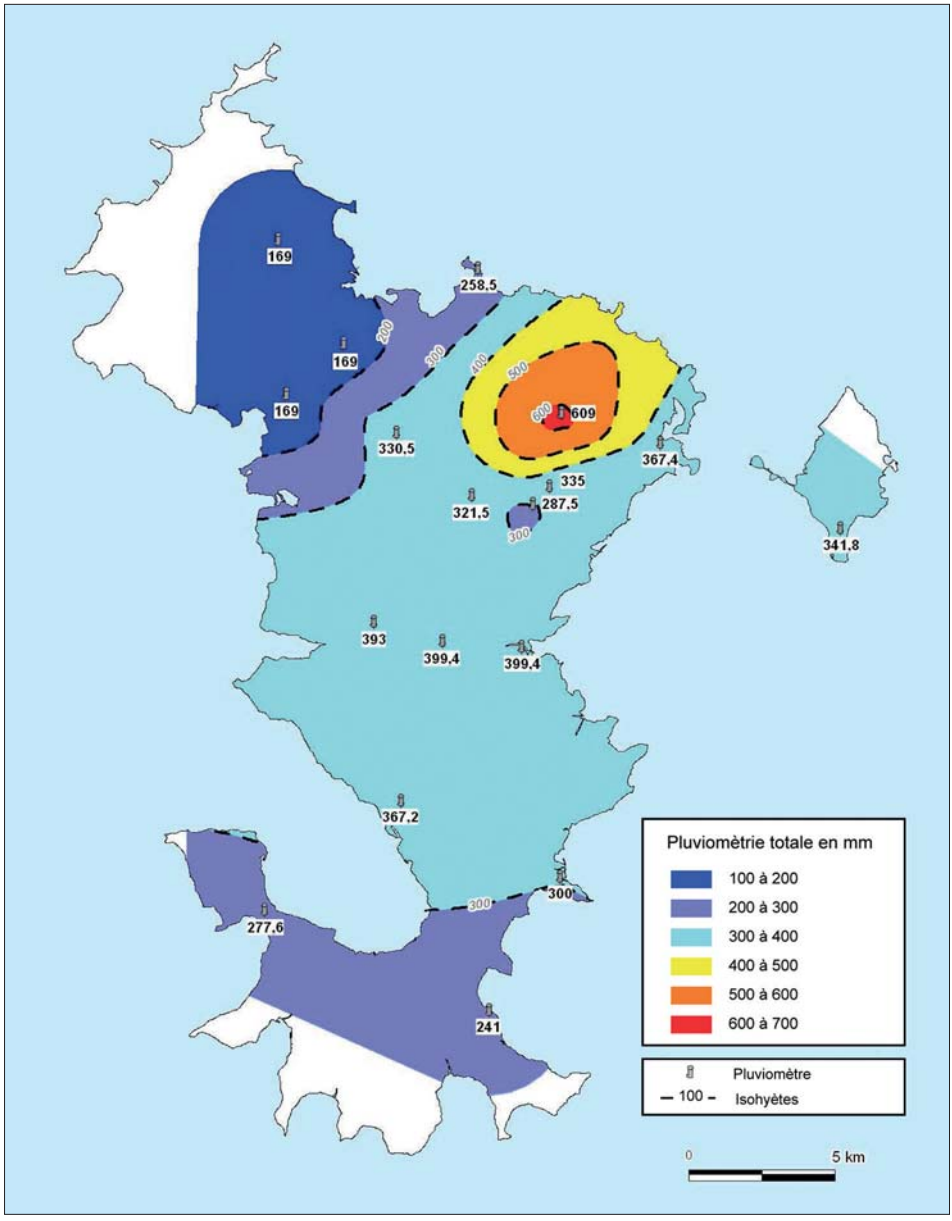


Figure 7-25. Cumul pluviométrique à Mayotte du 23 janvier 2008 à 6 h au 25 janvier 2008 à 6 h.
Source : bulletin hydro (DAF Mayotte)

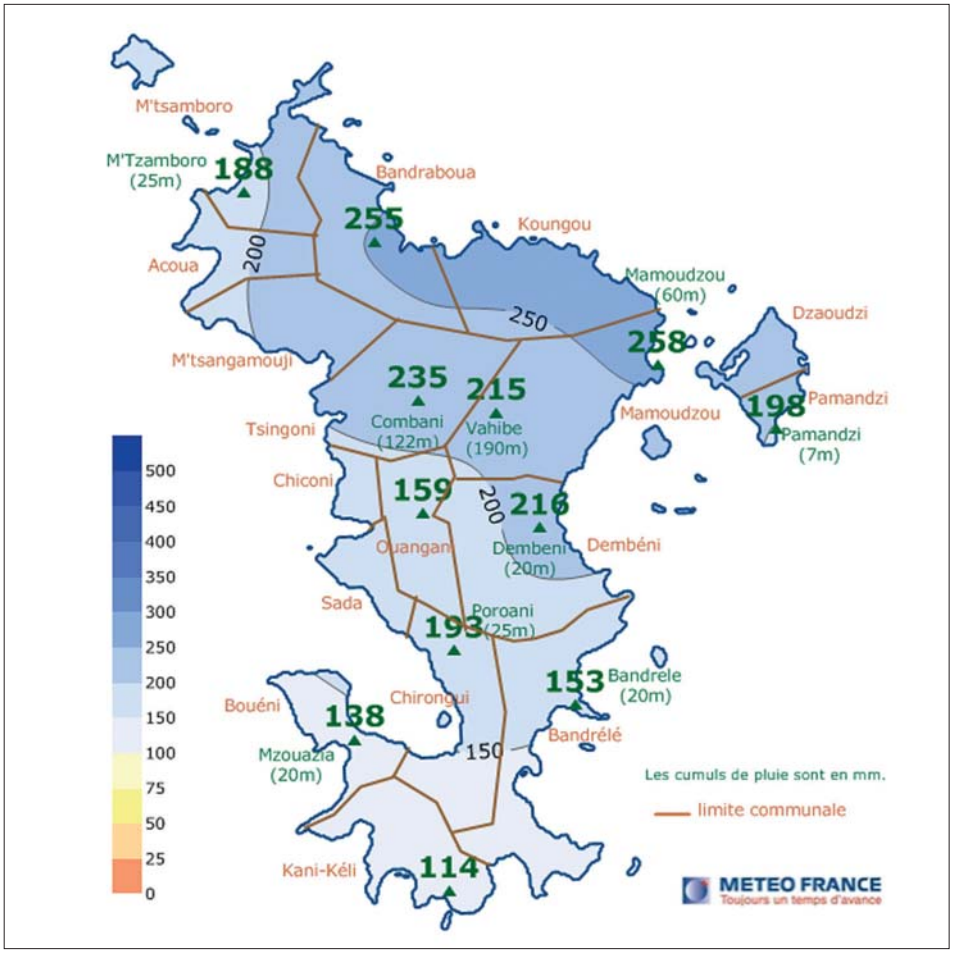


Figure 7-27. Cumul pluviométrique à Mayotte du 14 décembre 2008 à 6 h au 15 décembre 2008 à 6 h.
Source : Météo-France

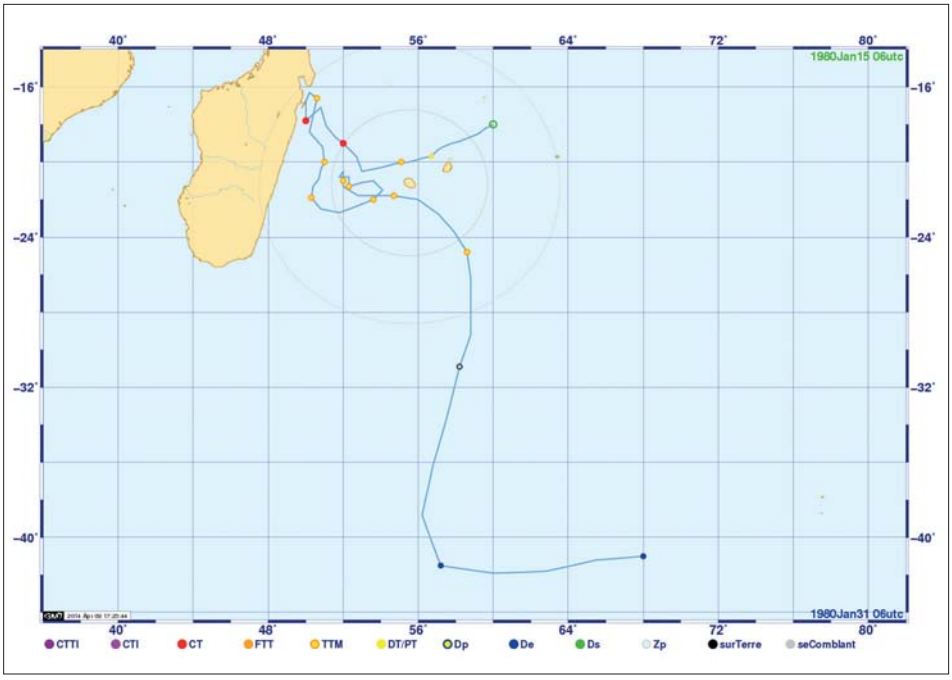


Figure 7-31. Trajectoire du cyclone Hyacinthe.
Source : Météo-France

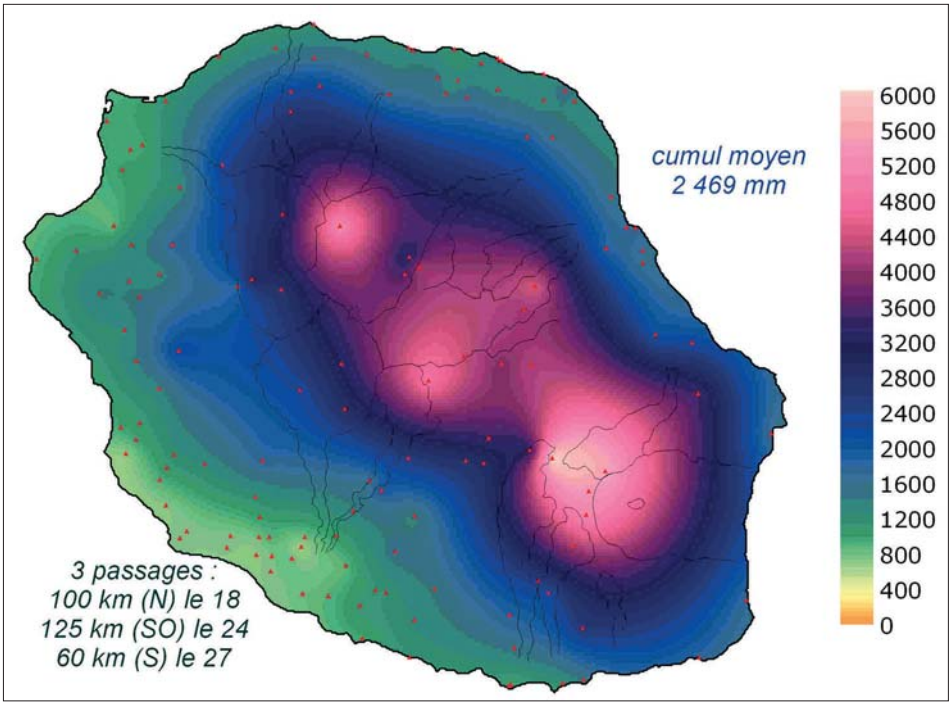


Figure 7-32. Cumul pluviométrique lors du passage du cyclone Hyacinthe, du 15 janvier 1980 à 7 h au 28 janvier 1980 à 7 h.
Source : Météo-France

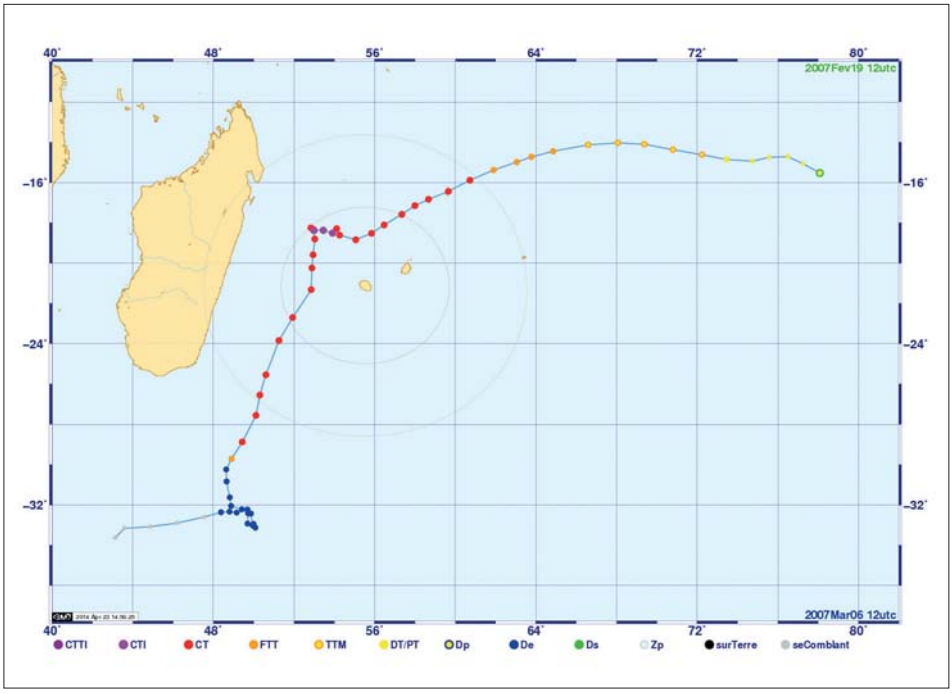


Figure 7-33. Trajectoire du cyclone Gamède.
Source : Météo-France

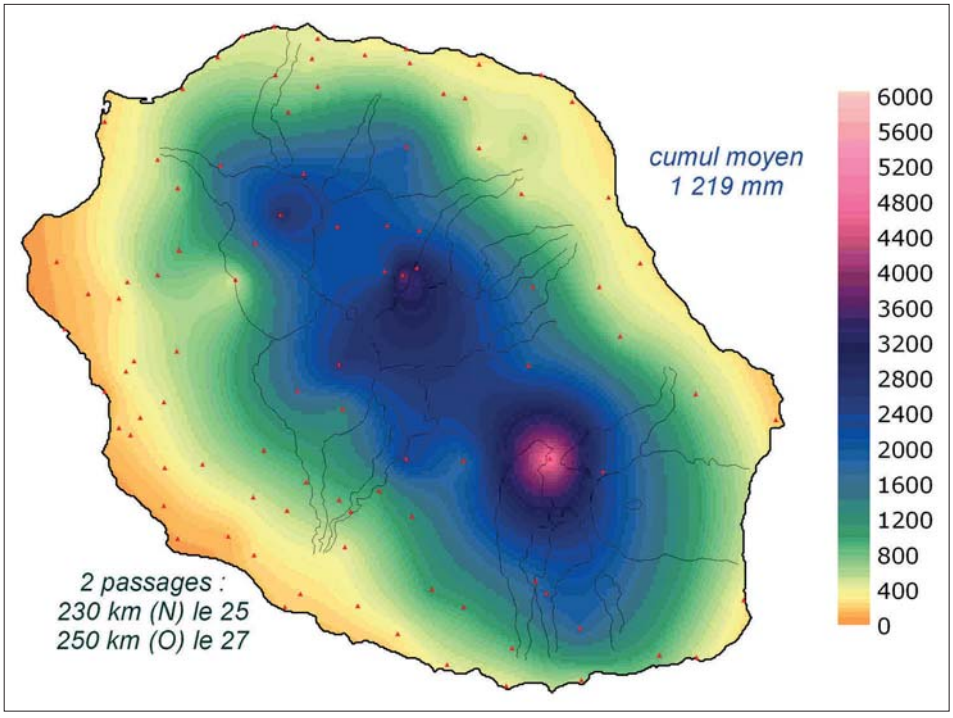


Figure 7-34. Cumul pluviométrique lors du passage du cyclone Gamède, du 24 février 2007 à 7 h au 29 février 2007 à 7 h.
Source : Météo-France

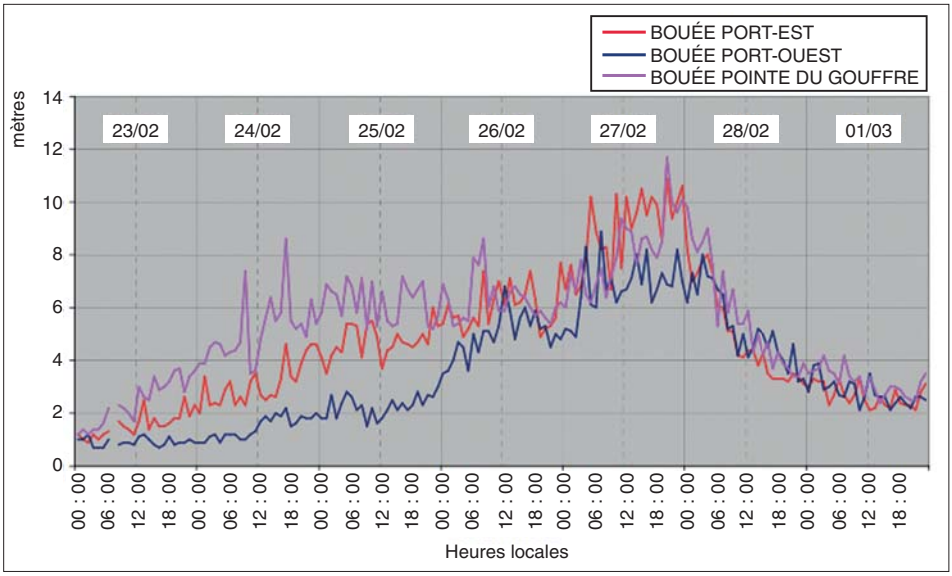


Figure 7-35. Hauteurs de houle enregistrées lors de l'épisode Gamède.
Source : Météo-France

Crédits iconographiques

Les illustrations en couleur portant la source « Météo-France Pluies extrêmes » sont tirées de l'Atlas des pluies extrêmes en France métropolitaine disponible sur le site http://pluiesextremes.meteo.fr.

Les références des autres documents Météo-France sont les suivantes :
figures 2-3, 5-43, 6-4, 6-35, 7-2, 7-4, 7-5, 7-6, 7-9, 7-11, 7-12a et b, 7-13, 7-15, 7-19, 7-24, 7-27, 7-31, 7-32, 7-33, 7-34, 7-35 : www.meteo.fr
figure 2-9 : http://www.meteorologie.eu.org/mothy/surcotes/surc_1953.html

Références des documents INA (Institut national de l'audiovisuel) :
figure 1-32 : N. Coze, 1re diffusion 28/12/1999 ;
figure 1-43 : P. Pele, 1re diffusion 5/11/1994 ;
figure 2-4 : A. Mourgues, 1re diffusion 29/12/1999 ;
figure 2-38 : A. Mourgues et D. Masse, 1re diffusion 8/4/2001 ;
figure 5-22 : N. Jourdan, 1re diffusion 3/12/2003 ;
figure 5-51 (a) et (b) : 1re diffusion 23/9/1992 ;
figure 5-53 (c) : P. Velay, 1re diffusion 7/1/1994 ;
figure 6-5 (a) et (b) : P. Didier, 1re diffusion 17/6/1997 ;
figure 6-15 : H. Legoy, 1re diffusion 7/7/2001 ;
figure 6-25 : C. Gaessler, 1re diffusion 16/6/1997 ;
figure 6-27 : W. Irigoyen, 1re diffusion 10/5/2000 ;
figure 6-45 : P. Gervais, 1re diffusion 15/6/2009.

Les auteurs remercient l'association La Seine en partage pour leurs photographies. http://www.seineenpartage.fr/francais/la-crue-de-1910

Édition : Delphine Vinck
www.pictosenso.net

Traitement infographique des images et mise en page des cahiers en couleur : Laurence Laffont

Formé typographiquement par DESK (53) : 02 43 01 22 11 – desk@desk53.com.fr

Achevé d'imprimer Sepec

Cet ouvrage présente une synthèse des inondations remarquables recensées en France en 2011, à l'occasion de l'application de la directive européenne sur les inondations. Complétant le précédent inventaire national réalisé par Maurice Champion (1858-1864), il couvre une période de plus de deux cents ans (de 1770 à 2011).

Il rassemble des informations sur environ 175 inondations, selon un découpage géographique en six districts sur la métropole (Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée et Corse, Seine-Normandie), et un dernier chapitre regroupant les cinq départements d'outre-mer (Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, La Réunion). Pour chaque secteur géographique sont exposées les caractéristiques générales des inondations, avec leurs principaux enjeux ; chaque inondation remarquable est ensuite décrite et analysée en termes de genèse hydro-météorologique et d'impacts observés.

Cette compilation à l'échelle de l'ensemble du territoire français, première étape vers la mise au point de plans de gestion des risques d'inondation (PGRI) fin 2015, s'adresse aux différents acteurs de la prévention du risque d'inondation et à toutes les personnes intéressées par la mémoire des inondations passées.

Michel Lang est hydrologue, spécialisé dans l'étude des crues extrêmes. Il travaille au sein de l'unité de recherche Hydrologie-Hydraulique du centre Irstea de Lyon-Villeurbanne. Il a coordonné plusieurs programmes de recherches sur les inondations.

Denis Cœur est historien de l'aménagement du territoire, spécialiste des questions liées aux inondations. Il développe depuis vingt ans une activité de chercheur et de consultant auprès des principaux organismes publics français en charge de la prévention des risques naturels.

En couverture : inondation du 12 décembre 2000 à Châteaulin (Finistère)
© V. Mouchel/OFR/MaxPPP.

125 €

ISBN : 978-2-7592-2260-5

9 782759 222605

Réf. : 02462

éditions Quæ

Éditions Cirad, Ifremer, Inra, Irstea
www.quae.com

irstea