Matière
à débattre décider

La diversification des cultures

Lever les obstacles agronomiques et économiques

J.-M. Meynard, A. Messéan, coordinateurs

éditions Quæ

La diversification des cultures

Lever les obstacles agronomiques et économiques

Jean-Marc Meynard et Antoine Messéan, coordinateurs

Collection *Matière à débattre et décider*

Réduire les pertes d'azote dans l'élevage
Expertise collective scientifique
2014, 168 p.

Les variétés végétales tolérantes aux herbicides
Un outil de désherbage durable ?
Expertise scientifique collective
2014, 158 p.

La filière équine française à l'horizon 2030
C. Jez, coordinatrice
2014, 160 p.

Fertilisation et environnement
Quelles pistes pour l'aide à la décision ?
S. Pellerin, F. Butler, C. Van Laethem
2014, 288 p.

Cet ouvrage est adapté du rapport de l'étude *Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations agricoles et des filières*, J.M. Meynard, A. Messéan, A. Charlier, F. Charrier, M. Farès, M. Le Bail, M.B. Magrini, Inra, 2013, 226 p. Ce rapport est disponible sur le site de l'Inra (<www.inra.fr>). L'étude a été conduite entre 2011 et 2013 à la demande du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt et du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

Pour citer cet ouvrage : Jean-Marc Meynard, Antoine Messéan, Aude Charlier, François Charrier, M'hand Fares, Marianne Le Bail, Marie-Benoît Magrini, Isabelle Savini, Olivier Réchauchère, *La diversification des cultures : lever les obstacles agronomiques et économiques*, Éditions Quæ, 2014.

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

© Éditions Quæ, 2014 ISBN 978-2-7592-2279-7 ISSN 2115-1229

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.

Préface

La simplification des systèmes de culture autour de quelques espèces est une caractéristique de l'évolution des systèmes de production, en particulier dans les régions de grande culture, qui contribue à rendre difficile la réduction des intrants chimiques (engrais, pesticides).

A contrario, la diversification des cultures est considérée comme un élément clé qui pourrait faire progresser l'agriculture vers une amélioration de ses performances environnementales, et permettre conjointement un développement de nouvelles opportunités économiques et une croissance de la compétitivité. En effet, diversifier les cultures dans une succession permet de tirer parti des effets positifs des espèces les unes sur les autres, en particulier dans le domaine de la gestion de la santé des plantes et dans celui de leur alimentation hydrique et minérale, en remplaçant avantageusement l'utilisation d'intrants de synthèse. Cela permet aussi de mieux remplir certains services écosystémiques en élargissant la palette des espèces ressources pour stocker du carbone, favoriser la pollinisation, etc. La diversification spatiale des cultures, à l'échelle de l'assolement, de l'exploitation agricole ou du territoire, est enfin un moyen de prévention de certaines attaques parasitaires. La Société européenne d'agronomie avait ainsi lors de son congrès de 2012 élaboré et voté une motion destinée au Conseil des ministres et au Parlement européen, demandant une meilleure prise en compte des vertus de la diversification des cultures lors de la réforme de la Politique agricole commune (PAC).

Les vertus de la diversification étant connues, pourquoi cette dernière ne se déploie-t-elle pas davantage sur le territoire ? Tout le mérite de l'ouvrage proposé est de s'être attaqué à cette question avec trois partis pris qui se révèlent autant de qualités : une approche interdisciplinaire associant de manière très intégrée agronomie et économie ; une attention portée aussi bien aux freins qu'aux leviers ; enfin une analyse fondée sur l'examen de cas concrets. L'ensemble est très fructueux, et va bien au-delà des discours volontaristes et univoques en usage qui sont rarement fondés sur l'analyse de systèmes réels.

Les auteurs analysent les difficultés de développement des cultures de diversification, par exemple le manque de débouchés pour les agriculteurs et de valorisation par les industriels, en partant de l'hypothèse qu'on est face à un cas de « verrouillage technologique » qui provient d'une organisation de l'ensemble des filières agricoles et agro-industrielles, très structurée autour de celles des espèces qui sont actuellement cultivées. Cette explication par le verrouillage technologique, notion développée en économie de l'innovation pour expliquer les blocages dans l'adoption d'une technologie innovante, est de plus en plus souvent mobilisée aujourd'hui pour expliquer les difficultés d'évolution de l'agriculture vers des formes plus respectueuses de l'environnement. Un des grands mérites de cet ouvrage est de l'avoir utilisée non pas de manière générale et encore moins doctrinaire, mais pour conduire une analyse extrêmement précise des freins qui s'opposent

à la diversification et des opportunités qu'elle présente, en entrant dans le détail des mécanismes qui sous-tendent aussi bien les difficultés actuelles que les réussites des cultures de diversification.

Sans déflorer le détail de son contenu extrêmement riche, les résultats de cette étude dévoilent des imbrications techniques, économiques et organisationnelles complexes au sein du système d'acteurs des filières agro-industrielles, qui vont au-delà de l'échelle de l'exploitation agricole. Il ressort notamment de l'analyse comparative que les stratégies à mettre en œuvre pour favoriser la diversification dépendent des caractéristiques techniques (la génétique disponible, les délais de retour nécessaires, etc.), économiques (les volumes des débouchés, les coûts de transport, etc.) et humaines (savoir-faire existant chez les agriculteurs et les techniciens, etc.) des cultures, caractéristiques très variables entre espèces ainsi qu'entre territoires pour une même espèce. Par ailleurs, ces stratégies doivent, pour réussir, mobiliser des instruments et études agronomiques et économiques complexes, qui ne s'intéressent pas au seul acteur agriculteur. Il est nécessaire par exemple d'évaluer *a priori* les adéquations entre contraintes agronomiques et rentabilité pour les opérateurs aval (l'aire de culture étant de ce point de vue une variable centrale) ; d'accompagner sur le terrain le développement de nouvelles espèces aux étapes du diagnostic et l'identification des solutions pour contourner les difficultés de mise en œuvre ; d'appuyer techniquement et économiquement le développement des filières, etc.

Cette étude constitue une grande avancée sur la question de la diversification des cultures. Elle permet de l'aborder de manière optimiste mais sans angélisme, en aidant à identifier les besoins qu'elle engendre, les acteurs qu'il est nécessaire de mobiliser, mais également les problèmes qu'à elle seule elle ne permettra pas de résoudre. Elle débouche en outre sur des pistes pour l'action publique diversifiées. En un mot, il s'agit d'une contribution vraiment précieuse.

Thierry Doré
Président de l'Association française d'agronomie

Florence Jacquet
Présidente de la Société française d'économie rurale

Sommaire

Préface 3

Introduction : contexte et objectifs de l'étude 7

1 – Le cadre d'analyse et la méthode d'étude

Le cadre d'analyse : verrouillage technologique et transitions sociotechniques 13

Les analyses de cas 17

2 – Les freins et leviers identifiés sur douze filières de diversification

Freins et leviers au niveau de l'industrie semencière et de l'agrofourniture 22

Freins et leviers au niveau de l'exploitation agricole 32

Freins et leviers au niveau de la collecte-stockage 45

Rôle des transformateurs et des relations avec l'aval 49

Conclusion : les freins et leviers identifiés 56

3 – Étude approfondie de trois filières

Le pois protéagineux en alimentation animale 59

Le lin oléagineux en alimentation animale 68

Le chanvre industriel 75

Regard transversal sur les trois organisations de filières 85

Conclusion générale et recommandations 89

Promouvoir la diversification des cultures, c'est d'abord promouvoir de nouveaux débouchés 90

La coordination des acteurs et la structuration des filières 90

La mobilisation des acteurs de la recherche et développement, du conseil et de la sélection 92

Quels leviers pour l'action publique ? 94

Références bibliographiques 97

Liste des auteurs 104

Introduction : contexte et objectifs de l'étude

La révolution agricole de l'après-guerre a conduit, entre les décennies 1950 et 1980, à une intensification importante de l'agriculture française, grâce au développement de la mécanisation et à un recours massif aux intrants. Cette intensification s'est accompagnée d'une spécialisation progressive des exploitations agricoles. Ce processus de spécialisation s'explique en particulier par l'accroissement de technicité de chacune des productions (on ne peut être en pointe dans tous les domaines), mais aussi par la recherche d'une plus grande productivité du travail dans les exploitations agricoles (une plus grande diversité de productions peut accroître les difficultés d'organisation). La structuration concomitante des filières agro-industrielles a par ailleurs favorisé une forte spécialisation géographique des systèmes agricoles (séparation géographique entre productions animales et végétales, concentration géographique des industries de transformation) pour mieux contrôler les qualités, les volumes et la logistique des approvisionnements. Ces grandes tendances de notre système de production agricole ont ainsi progressivement modelé des paysages agricoles contrastés selon les régions, mais moins diversifiés au sein de chacune d'elles. D'autant que, dans chacun des systèmes spécialisés, le nombre d'espèces cultivées a lui-même diminué : les agriculteurs ont orienté leurs choix vers les espèces les plus rentables, utilisant des produits phytosanitaires pour atténuer les effets délétères des rotations courtes ou des monocultures (encadré 1).

Cette réduction de la diversité des espèces cultivées et la reconnaissance croissante des externalités négatives associées aux systèmes dits intensifs (pollution des milieux, émission de gaz à effet de serre, perte de biodiversité, etc.) interpellent les pouvoirs publics face au défi de promouvoir une agriculture plus durable. Plusieurs études et expertises récentes, réalisées par l'Inra à la demande des pouvoirs publics[1], ont mis en avant la diversification des cultures — dans le sens d'une diversification des espèces cultivées dans une exploitation agricole ou dans un territoire — comme un levier d'action pour réduire l'usage d'intrants extérieurs à l'exploitation — pesticides, engrais, eau —, et les nuisances environnementales associées à leur utilisation excessive. En d'autres termes, si la simplification des rotations agricoles repose avant tout sur un usage intensif d'intrants, une diversification plus grande valorisant des régulations biologiques au sein des écosystèmes cultivés apparaît souhaitable pour inscrire plus fortement l'agriculture dans une production durable.

Mais si l'agriculture française doit devenir plus durable, elle doit aussi rester compétitive dans le cadre d'une économie de marché mondialisée. Il est ainsi essentiel de

1. Étude *Ecophyto R&D* (2010), expertises scientifiques collectives *Pesticides, agriculture et environnement* (2005), *Sécheresse et agriculture* (2006), *Agriculture et biodiversité* (2008), *Variétés tolérantes aux herbicides* (2011).

s'interroger sur les intérêts économiques d'une plus grande diversification des cultures, donc sur les débouchés que peuvent trouver les espèces de diversification et sur les stratégies agro-industrielles, les demandes des consommateurs et les innovations technologiques qui les sous-tendent. Ainsi, la question d'une plus grande diversification de la sole cultivée renvoie plus largement à nos choix industriels, de mode d'alimentation, de politique de qualité. L'enjeu est de faire converger diversification et compétitivité du système agricole et agro-industriel.

Par ailleurs, une plus grande diversification de la sole française doit être pensée de manière raisonnée. Aussi faut-il être prudent en établissant le lien entre une diversification des espèces cultivées et les bénéfices environnementaux associés, toute diversification n'étant pas forcément vertueuse d'un point de vue agronomique et environnemental. Certaines cultures de diversification sont exigeantes en traitements phytosanitaires ; des successions mal raisonnées peuvent aggraver des problèmes parasitaires ou favoriser certaines espèces d'adventices. La diversification ne répondra pas à elle seule aux enjeux environnementaux : elle doit être associée à un raisonnement agronomique des systèmes de culture, et adaptée à la variété des situations locales.

Cependant, favoriser davantage de diversification dans les systèmes de culture peut venir bousculer les schémas productifs standard des filières agro-industrielles. La recherche est donc interpellée pour comprendre les mécanismes à l'œuvre, au sein des exploitations et des filières, qui freinent le développement d'espèces actuellement marginales dans la sole française, afin d'identifier et d'évaluer les leviers d'action agronomiques, économiques ou réglementaires susceptibles de favoriser une transition vers une agriculture plus durable.

L'objectif de cette étude est d'identifier, d'une part, les principaux freins à la diversification des espèces cultivées, au niveau des acteurs des filières agro-industrielles et des exploitants agricoles ; d'autre part, les leviers d'action mobilisables, par les pouvoirs publics notamment, pour inciter ces acteurs à insérer, dans leur système productif, une plus grande diversité d'espèces cultivées. En revanche, il n'entre pas dans les objectifs de l'étude de définir quelles cultures de diversification l'agriculture française doit développer, ni de démontrer les vertus de telle ou telle espèce particulière. Les études de cas que nous avons réalisées n'ont d'autre ambition que de mettre en évidence des processus à valeur générique.

Comprendre les freins à la diversification et identifier des leviers suppose de mobiliser un cadre d'analyse interdisciplinaire, associant de manière très intégrée agronomie des pratiques et économie des filières. La justification du cadre théorique adopté (théorie des verrouillages et des transitions sociotechniques), issu de l'analyse de la bibliographie internationale, constitue la première partie de cette étude. La bibliographie montre en effet que les trajectoires technologiques sont configurées par divers mécanismes d'autorenforcement qui opèrent un tri entre les innovations et peuvent fortement contraindre le développement de certaines technologies innovantes, dès lors que celui-ci nécessiterait une évolution notable de l'organisation des systèmes productifs (notion de

Encadré 1. La simplification des assolements et des rotations en France.

Depuis la seconde moitié du XX^{e} siècle, un processus de spécialisation des exploitations et des territoires est à l'œuvre dans l'agriculture française. Les exploitations de polyculture-élevage, jadis largement dominantes, ont cédé la place à des exploitations spécialisées, principalement en grande culture ou en élevage. Cette spécialisation résulte de la conjonction de nombreux facteurs. Le soutien des prix du blé et de certaines grandes cultures, relayé après 1992 par les primes à l'hectare de céréales et d'oléoprotéagineux, la diminution de la main-d'œuvre agricole et la recherche d'une moins grande pénibilité du travail, l'artificialisation des milieux permise par le drainage et l'usage d'intrants chimiques (fertilisation minérale, pesticides) expliquent le recul des activités d'élevage dans les régions les plus propices aux grandes cultures. À l'opposé, dans d'autres régions, la production de lait ou de viande s'est concentrée autour d'un appareil industriel performant. Une spécialisation régionale des productions et des industries de transformation s'est ainsi construite progressivement, avec l'objectif de valoriser, chaque fois que possible, les aptitudes des sols et des climats, mais aussi de créer des économies d'agglomération. Aujourd'hui, la céréaliculture spécialisée domine dans le centre du Bassin parisien, en Alsace ou en Aquitaine, alors que l'ouest de la France (Bretagne, Pays de la Loire, Normandie), qui se consacre à l'élevage intensif, donne une large place dans ses assolements au maïs ensilage et aux prairies de courte durée, souvent monospécifiques. La spécialisation a ainsi progressivement modelé les paysages agricoles, contrastés selon les régions, mais de moins en moins diversifiés en leur sein.

Cette évolution semble appelée à se poursuivre : l'augmentation importante du prix des céréales tend aujourd'hui à accélérer le processus d'abandon de l'activité d'élevage par les exploitations polyvalentes qui ont l'opportunité de se reconvertir en céréaliculture ; de plus, la suppression des quotas laitiers en 2015 devrait accélérer la concentration de l'offre dans les zones les plus compétitives.

Cette spécialisation régionale s'accompagne d'une réduction du nombre d'espèces cultivées et d'un raccourcissement des rotations. Ainsi, dans les zones de grande culture, les surfaces en blé et en colza ont beaucoup augmenté entre les années 1980 et 2010. À l'opposé, les surfaces en pois protéagineux, en tournesol ou en maïs ont diminué. Dans le bassin de la Seine, la fréquence des monocultures de blé et celle des rotations courtes, telles que colza-blé-blé, colza-blé-orge ou blé-blé-orge, ont augmenté depuis le milieu des années 1990. Les rotations quadriennales de type pois-blé-betterave-blé ont souvent été remplacées par des rotations plus courtes de type tête de rotation-blé-blé ou tête de rotation-blé-orge. Au niveau de la France entière, les monocultures de maïs représentent de l'ordre de 6 % de la sole cultivée, et sont particulièrement représentées en Alsace (34 %) et en Aquitaine (49 %). Le blé lui-même, traditionnellement précédé par des têtes de rotation, est aujourd'hui dans 17 % des cas précédé par un blé, ce qui favorise les adventices et les maladies inféodées à cette culture.

L'évolution des surfaces en luzerne dans le bassin de la Seine apparaît particulièrement emblématique : en 1970, la luzerne était présente sur l'ensemble du bassin (avec des surfaces pouvant localement atteindre 10 à 15 % de la surface agricole utile, ou SAU) ; elle était en général autoconsommée par le bétail dans les exploitations où elle était cultivée. En quarante ans, les surfaces ont chuté de presque 80 % et représentent aujourd'hui moins de 1,5 % de la SAU du bassin. La luzerne s'est progressivement concentrée en Champagne crayeuse, région de grande culture dont les sols crayeux à forte réserve hydrique sont favorables à une production élevée par hectare. Des usines de déshydratation, implantées dans cette région, produisent des « bouchons » qui sont incorporés dans les aliments du bétail vendus aux éleveurs des régions spécialisées en élevage.

Le raccourcissement des rotations augmente les problèmes de parasitisme tellurique (présent dans le sol) et rend difficile la maîtrise des populations d'adventices. L'homogénéisation des assolements accroît les risques de développement des populations de parasites à dissémination aérienne (insectes, maladies cryptogamiques foliaires). Ce processus de spécialisation ne serait donc pas possible sans les pesticides, qui permettent d'atténuer les effets délétères des rotations courtes ou des monocultures. On peut noter à titre d'exemple que, dans le bassin de la Seine, les régions où il y a le plus de colza sont aussi celles dans lesquelles chaque hectare de colza reçoit le plus de traitements phytosanitaires.

Ce processus de spécialisation des exploitations et des territoires n'est pas sans poser de nombreux problèmes écologiques : le faible recyclage des éléments minéraux (azote, phosphore, potassium, etc.) dans les exploitations agricoles conduit à un gaspillage de ressources non renouvelables, et à des pollutions de l'eau (nitrate, phosphore) et de l'air (ammoniac, oxyde nitreux) ; les pesticides et leurs métabolites s'accumulent dans les sols et les milieux aquatiques ; on observe dans les zones agricoles une perte de biodiversité liée au remplacement des prairies par des cultures annuelles, à la réduction de la diversité des mosaïques d'habitats et à l'usage abondant des pesticides ; la concentration locale des surfaces en maïs irrigué exacerbe les tensions sur l'eau. Enfin, des travaux récents montrent que la spécialisation, et particulièrement le raccourcissement des rotations, semble également participer au plafonnement des rendements des grandes cultures observé aujourd'hui.

verrouillage technologique). En d'autres termes, la littérature postule — et montre sur quelques exemples — que l'adoption de modes de production agricoles alternatifs, tels que ceux fondés sur une plus grande diversification, se heurte à une organisation très structurée des systèmes productifs, agricoles et agro-industriels. L'étude donne donc une grande place à l'analyse de l'organisation des systèmes productifs liés à différentes cultures de diversification, afin d'identifier à la fois les freins à leur extension, les conditions qui sont réunies dans les cas de diversification réussie, et les leviers sur lesquels les pouvoirs publics et les acteurs du monde agricole pourraient jouer pour soutenir une rediversification.

Le deuxième chapitre de l'étude est donc consacré à un panorama des freins et des leviers identifiés pour douze espèces de diversification. Le travail repose sur une analyse de la bibliographie scientifique mais aussi technique, et sur des entretiens avec des experts du monde de l'agriculture. Cependant, si ce panorama donne une vision d'ensemble, il reste insuffisant pour orienter l'action, car il ne permet pas d'appréhender de manière intégrée les connexions entre les différents maillons de la filière, susceptibles de conduire au verrouillage technologique évoqué plus haut. Le troisième chapitre est dédié à l'étude approfondie de l'ensemble du processus productif, tant au niveau agricole qu'agro-industriel, pour trois cultures choisies pour les organisations contrastées de leurs filières — le pois protéagineux, le lin oléagineux et le chanvre. En mettant en lumière la nature profonde des verrouillages existants, ce troisième chapitre permet d'imaginer des stratégies de déverrouillage qui sont présentées en conclusion.

Le présent document est une synthèse, destinée à un public élargi, du rapport d'étude qui rend compte de manière détaillée des analyses et cite l'ensemble des références bibliographiques utilisées. Le rapport d'étude, la synthèse ainsi qu'un document de communication plus bref sont disponibles en ligne sur le site web de l'Inra.

1 – Le cadre d'analyse et la méthode d'étude

Le cadre d'analyse : verrouillage technologique et transitions sociotechniques

La théorie du « verrouillage technologique » (*lock-in* en anglais), développée en économie de l'innovation, a identifié un ensemble de mécanismes d'autorenforcement du verrouillage qui peuvent aider à comprendre quels peuvent être les freins et leviers à une transition vers un développement durable. Cette théorie, couplée à une analyse multiniveaux des transitions sociotechniques, permet d'envisager les leviers d'un déverrouillage du système de production[2].

Le concept de verrouillage technologique et les mécanismes d'autorenforcement

Le concept de verrouillage technologique

L'exemple du clavier qwerty (azerty dans le cas français) illustre le concept de verrouillage (*lock-in*). Ce clavier, dont l'ordonnancement des lettres a été pensé pour ralentir la vitesse de frappe des dactylos et ainsi réduire les conflits de frappe des machines à écrire de la fin du XIXe siècle, reste la norme, alors que d'autres claviers plus ergonomiques et efficaces depuis les développements de l'informatique ont été proposés (clavier dvorak, par exemple). Cette situation correspond typiquement à un verrouillage technologique : bien qu'une technologie jugée plus efficace existe, la technologie initiale reste la norme ; elle est devenue un tel standard pour la société qu'il semble difficile d'en changer. Précisons que le terme de « technologie » renvoie dans cette analyse à une définition large : le verrouillage technologique peut s'appliquer à un choix de technique de production, de produit, de norme, ou encore de paradigme, qui font référence. Le verrouillage d'un système de production conduit à un tri entre les innovations : celles qui sont totalement compatibles avec la technologie standard ont une chance de se développer, alors que

2. L'ensemble des références bibliographiques mobilisées figure dans le rapport d'étude. Une sélection de ces références se trouve à la fin de cet ouvrage. Elles sont regroupées en fonction des thématiques abordées. Les principaux théoriciens de l'approche du verrouillage technologique et des transitions sociotechniques sont David et Arthur (dans les années 1980), puis Rip et Kemp (à la fin des années 1990). Parmi les auteurs ayant appliqué cette approche au secteur agricole en Europe figurent notamment G. Vanlocqueren, P. Baret, P. Labarthe, C. Lamine, M. Fares et M.B. Magrini.

celles qui remettent en cause soit celle-ci, soit les relations entre acteurs telles qu'elles se sont organisées autour du standard, ont beaucoup moins de chances de se développer (processus de dépendance au chemin, *path dependency*).

En agriculture, de nombreuses situations de verrouillage ont été analysées, à l'étranger aussi bien qu'en France. Ainsi, la littérature décrit, aux États-Unis et en Europe, un verrouillage autour de l'usage des pesticides qui retarde, voire bloque, le développement de solutions alternatives, pourtant souhaitées par la majorité des acteurs impliqués dans le verrouillage. Le verrouillage technologique ne résulte pas d'une stratégie délibérée de tel ou tel acteur, mais des mécanismes d'autorenforcement qui se créent autour d'une solution technologique.

Les mécanismes d'autorenforcement

Pour comprendre le verrouillage, la littérature sur le *lock-in* a identifié plusieurs mécanismes économiques qui renforcent le choix initial d'une technologie. Ces mécanismes dits « d'autorenforcement » ont été essentiellement mis en évidence à partir d'études de cas. Les principaux sont : les rendements croissants d'adoption, la compatibilité technologique, l'état de la connaissance et la structure organisationnelle des acteurs.

Les rendements croissants d'adoption renvoient à deux types d'effets interdépendants : les effets de réseaux et d'apprentissage. Les effets de réseaux contribuent à renforcer la valeur d'usage d'un produit ou d'une technologie en lien avec l'augmentation du nombre d'utilisateurs. Ainsi, l'augmentation du nombre d'agriculteurs en système spécialisé et intensif en intrants a favorisé l'affinement des connaissances dans ce domaine, au détriment des systèmes de polyculture-élevage ou des systèmes autonomes. Par ailleurs, plus une technologie est répandue, plus des technologies complémentaires se développent, renforçant sa position dominante. Ces effets cumulatifs augmentent ainsi la valeur d'adoption de la technologie initialement choisie.

Les connaissances des agents jouent un rôle important dans l'autorenforcement, à différents niveaux. D'abord, les parcours de formation des agents et de ceux qui leur assurent un service de conseil influencent fortement leur capacité à utiliser telle ou telle technologie : chacun choisit celle qui lui semble la « meilleure » compte tenu de ce qu'il sait. Cela a conduit, par exemple, les agriculteurs et les conseillers agricoles à orienter les choix productifs en faveur de l'agriculture conventionnelle, qui reste le principal paradigme diffusé dans l'enseignement agricole. Le cœur de compétences des agriculteurs ou des entreprises agro-industrielles peut ainsi générer des rigidités qui limiteront leurs capacités à innover et à changer de technologie. Ensuite, le conseil technique aux agriculteurs est aussi inséré dans des rapports de force institutionnalisés qui verrouillent la capacité d'évolution des connaissances vers des systèmes alternatifs. Enfin, le manque de connaissances pratiques d'une technologie alternative réduit sa probabilité d'adoption.

La littérature sur les régimes sociotechniques et le cadre conceptuel de la théorie des coûts de transaction permettent de mettre au jour un autre mécanisme d'autorenforcement, défini par les liens qui structurent les acteurs d'une filière de production, et d'entrevoir des pistes pour organiser le « déverrouillage ».

La théorie des transitions : niches d'innovation et déverrouillage

Le régime sociotechnique

Le processus de développement de nouvelles technologies de production est largement influencé par les cadres organisationnels et institutionnels dans lesquels il s'insère. Cela implique que le processus d'adoption et de diffusion d'innovations dépend certes de ses caractéristiques propres, mais aussi de celles du marché initial, de facteurs institutionnels ainsi que des habitudes des consommateurs. Pour comprendre cette dynamique des innovations au travers des organisations, les tenants de cette approche proposent de centrer l'analyse sur le régime « sociotechnique » (qualificatif traduisant l'imbrication de ces effets sociaux et technologiques) qui constitue « un ensemble de règles définies dans un complexe de produits, de qualifications et de procédures [...] imbriqués dans des institutions et des infrastructures » (définition proposée par Rip et Kemp, en 1998). Cette définition souligne le fait qu'un régime consiste pour une large part en un ensemble de routines institutionnelles utilisées par des acteurs.

Les niches d'innovation

Cependant, comme un régime n'est pas toujours totalement homogène, des niches apparaissent, créant un espace partiellement isolé du fonctionnement normal du régime, et notamment des processus qui sélectionnent les marchés et les innovations technologiques. Ces niches peuvent alors servir d'incubateurs à des innovations radicales. En effet, en fonctionnant avec des normes et des règles institutionnellement différentes, les niches permettent des apprentissages et la construction de réseaux économiques capables de supporter des innovations, comme des filières de production ou de commercialisation. Ces niches constituent des ressources possibles pour un déverrouillage, et doivent pour cela se structurer afin de dépasser les effets d'autorenforcement du régime sociotechnique standard.

Un modèle explicatif a été proposé, à trois niveaux d'emboîtement, dans le cadre d'une véritable « théorie des transitions ». Le paysage (*landscape*) représente le niveau supérieur constitué par les institutions, les normes sociales, politiques et culturelles qui guident le régime sociotechnique existant. Ce niveau est *a priori* le plus stable et le plus résistant au changement, du fait d'interactions et de liens entre les éléments formant cette configuration. De ce fait, il impose des contraintes sur la direction du changement intervenant aux niveaux inférieurs, générant ainsi des phénomènes d'autorenforcement des choix technologiques existants.

Le régime sociotechnique constitue le niveau intermédiaire, où se produisent les interactions entre ces institutions et ces normes du niveau supérieur et les acteurs. Ces interactions génèrent les règles et procédures de régulation du régime sociotechnique dominant.

Les niches représentent le niveau inférieur où se créent et s'organisent les innovations radicales — le régime sociotechnique dominant produisant, quant à lui, des innovations

incrémentales. L'isolement partiel des niches permet une maturation des innovations et, sous certaines conditions, leur diffusion. Si une évolution du paysage ou de la stratégie d'un acteur clé (par exemple les pouvoirs publics) pousse le régime standard à évoluer, l'innovation radicale peut se propager au-delà des niches, ou les niches se développer : un nouveau régime sociotechnique peut alors émerger, et l'innovation radicale finit par devenir le nouveau standard technologique. Les « niches d'innovation » ouvrent donc une perspective de déverrouillage des systèmes de production *via* une forme de « transition » qui s'apparente à un mécanisme de diffusion progressive de l'innovation radicale au sein du régime sociotechnique. Reste à comprendre les conditions et incitations nécessaires à cette transition. Celles-ci peuvent être analysées en se référant à la théorie des organisations, au travers des liens qui structurent les relations entre les acteurs des filières sur les marchés.

Innovation et structure organisationnelle des filières

Le processus d'émergence d'une innovation au sein d'une niche requiert l'existence d'un minimum de coordination entre les acteurs. Ainsi, des connexions fortes entre les différents réseaux de producteurs et d'utilisateurs finaux doivent être établies. La théorie des coûts de transaction fournit un cadre d'analyse des modes de coordination d'une filière, appréhendée par les liens verticaux (entre les entreprises intervenant à différents stades du processus de production, transformation et commercialisation d'un produit) et horizontaux (entre entreprises intervenant à un même stade de la chaîne) qui coordonnent les acteurs économiques.

Plus précisément, la coordination entre les acteurs des différents maillons de la filière peut être appréhendée par le degré d'intégration verticale de celle-ci. Ce degré d'intégration évolue si les activités de la chaîne de valeur d'un produit sont réalisées par des firmes indépendantes les unes des autres ou dépendantes par des liens spécifiques, comme des liens financiers ou de propriété, ou des liens contractuels de long terme. Les liens financiers ou de propriété définissent un rapport de propriété, et donc un ensemble de droits de décision et de coordination. De même, les contrats ne constituent pas de simples mécanismes de coordination définissant prix et quantité : ils allouent aussi, à la manière des droits de propriété, un pouvoir de décision. Le choix de ces modes de coordination que sont l'intégration (coordination par les liens financiers) ou la quasi-intégration (coordination contractuelle) est crucial, car il conditionne la répartition, au sein de la filière, de la valeur créée et influe sur les stratégies de tous les acteurs de la filière. C'est en effet cette valeur et sa répartition qui définissent les incitations pour la mise en place d'innovations technologiques, qu'elles soient de procédés ou de produits.

Cette synthèse sur les relations entre les processus d'innovation, de verrouillage et de structuration organisationnelle des acteurs des filières au sein des régimes sociotechniques constitue le principal cadre d'analyse mobilisé dans l'étude.

Les analyses de cas

Structurées par le cadre théorique interdisciplinaire qui vient d'être présenté, les études de cas visent à proposer une analyse, à valeur générique, des freins à la diversification et des leviers mobilisables pour la favoriser, tant par les pouvoirs publics que par les différents acteurs du monde agricole et agro-industriel. Cette analyse a été conduite en deux temps :

– un inventaire des freins et leviers mentionnés dans la bibliographie et dans des discours d'experts à partir de douze exemples de cultures de diversification. Cet inventaire a concerné les différents maillons des filières, depuis l'amont agricole (sélection variétale, exploitations, organismes de collecte) jusqu'à l'aval (industriels, distribution, consommateurs), en prenant en compte la coordination verticale entre l'amont et l'aval. L'analyse a de ce fait porté aussi bien sur les différents maillons du sous-système productif d'une filière (de l'agrofourniture à la distribution et la consommation) que sur son sous-système d'information (instituts techniques, associations, instituts de recherche, etc.). Vu le caractère limité des sources utilisées, aucune de ces études de cas ne prétend être exhaustive : seul prend sens le panorama offert par les douze cas ;

– une analyse approfondie de trois filières de diversification. Il s'agit de comprendre, en remontant la filière de l'aval à l'amont, l'influence de sa structure organisationnelle sur le développement de la culture sur laquelle elle repose. On s'intéresse à l'ensemble du processus productif (aux niveaux agricole et agro-industriel), aux modes de coordination entre acteurs (contrats, cahiers des charges, structure de marché) et à leur capacité à générer suffisamment d'incitations à l'adoption de la culture aux différents maillons de la filière. L'idée est de mettre au jour d'éventuels verrouillages technologiques et d'en comprendre la nature systémique. C'est la compréhension des liens entre freins sur ces trois cas d'étude qui permettra de proposer des leviers d'action cohérents entre eux. Les trois filières retenues — le pois protéagineux pour l'alimentation animale, le lin oléagineux et le chanvre — ont été choisies parmi les douze exemples du panorama des freins et leviers.

Panorama des freins et leviers pour douze cultures de diversification

Les douze espèces de diversification étudiées ont été choisies dans l'objectif de dégager, à partir d'une diversité de cas, une compréhension globale des freins et des leviers à la diversification, et non de promouvoir le développement de telle ou telle culture. Ces douze cultures sont, par ordre alphabétique : le chanvre, la féverole, le lin fibre, le lin oléagineux, le lupin, la luzerne, la moutarde, le pois protéagineux, le pois chiche, le soja, le sorgho et le tournesol (pour la zone Nord seulement). Ces cultures sont actuellement marginales en termes de surfaces, alors que des débouchés existeraient en France pour leur développement (en substitution soit à d'autres espèces, soit à des importations). Sur toutes

ces espèces, des références agronomiques existent, sur lesquelles pourrait s'appuyer leur développement. La plupart de ces cultures sont relativement économes en intrants.

Pour chaque culture ont été consultés, outre les rares articles scientifiques disponibles, des revues techniques (*Cultivar*, *La France agricole*, *Perspectives agricoles*, *Réussir Grandes cultures*) et les sites internet des instituts techniques agricoles. Une trentaine d'experts d'appartenances institutionnelles variées (tableau 1) ont été interrogés — en moyenne trois spécialistes par culture.

Les entretiens ont été conduits de la manière suivante :
– questions sur le positionnement professionnel de l'expert (ses fonctions, les cultures de diversification de la liste sur lesquelles il possède une expertise, etc.) ;
– entretien semi-directif sur les freins au développement de ces espèces, au niveau des agriculteurs et des filières ;
– pour les principaux freins identifiés lors de l'entretien, questions sur les propositions de leviers actionnables par les pouvoirs publics et les acteurs des filières qui pourraient permettre, selon l'expert, de favoriser le développement de ces cultures.

Tableau 1. Organismes d'appartenance des experts interrogés.

Ministère de l'Agriculture	Agreste, CTPS
Conseil régional	CR Aquitaine
Chambres départementales et régionales d'agriculture	CA Eure, CA Eure-et-Loir, CA Ille-et-Vilaine, CA Marne, CRA Bourgogne, CRA Midi-Pyrénées
Centres de recherche	Inra Dijon, Grignon, Mirecourt, Montpellier, Rennes, Toulouse, etc. AgroParisTech, Montpellier SupAgro
Association de transfert	Agro-transfert, ressources et territoires
Semenciers	Jouffray-Drillaud, Linéa-lin
Instituts techniques et interprofessions	Arvalis, Cetiom, Onidol, Unip
Coopératives et union de coopératives	Arterris, Cavac, Dijon Céréales, Euralis, Lin 2000, Nouricia, Terrena, InVivo
Transformation	Cavac Biomatériaux, Cavac Nutrition animale, Valorex
Grande surface	Carrefour
Études	Cereopa, Cerfrance

CTPS : Comité technique permanent de la sélection ; Cetiom : Centre technique interprofessionnel des oléagineux et du chanvre ; Onidol : Organisation nationale interprofessionnelle des graines et fruits oléagineux ; Unip : Union nationale interprofessionnelle des plantes riches en protéines.

Analyse approfondie du fonctionnement de trois filières

L'analyse conduite sur les douze cas a permis de poser des hypothèses concernant la relation entre les freins à la diversification et la structure organisationnelle des filières, et de retenir, pour des études plus approfondies, trois filières correspondant à des degrés d'organisation verticale différents.

La première de ces études porte sur le pois protéagineux et analyse en particulier pourquoi cette espèce ne parvient pas, malgré son intérêt agronomique et ses qualités nutritionnelles, à occuper davantage de place dans le secteur de l'alimentation animale. La deuxième étude s'intéresse au lin oléagineux, production qui, contrairement au pois, bénéficie sur le marché de la nutrition animale d'une qualité spécifique valorisée par une filière *ad hoc*, créée dans les années 2000 ; ce cas permet de montrer comment le système de coordination mis en place par les acteurs de cette filière a conforté son développement. La troisième étude est consacrée au chanvre et aux différentes valorisations industrielles de la fibre qui se sont développées récemment. Ces deux derniers cas mettent en exergue comment la mise en place de signes de qualité sur le marché favorise l'octroi d'une valeur ajoutée supplémentaire pour les biens produits à partir de ces espèces de diversification.

L'analyse a comporté deux volets : l'un consacré à l'analyse de la structure organisationnelle des filières, l'autre à l'insertion des cultures de diversification dans les systèmes de culture et les exploitations agricoles. Alors que l'étude des douze cas reposait sur le diagnostic porté par un nombre limité d'experts, l'analyse approfondie repose sur des enquêtes auprès des acteurs socio-économiques de ces trois filières et d'un échantillon d'agriculteurs.

Au niveau des filières

Les entretiens de cette analyse approfondie avaient un objectif de compréhension de l'organisation des filières. Il s'agissait, d'une part, de décrire finement les différents modes de coordination, outils, méthodes, connaissances, qui structurent les relations des acteurs au sein de la filière ; d'autre part, de mener une analyse de l'efficacité de ces mécanismes.

L'approche scientifique mobilisée pour comprendre cette structuration et cette organisation des filières est la théorie des coûts de transaction. Celle-ci caractérise le mode d'organisation d'une filière par le mode de coordination des acteurs. Il s'agit alors de comprendre les mécanismes régissant les échanges : échanges de produits (liens contractuels, fonctionnement du marché, cahiers des charges, etc.) et échanges d'informations (réseaux et structures de coordination, suivi des marchés et des productions, etc.).

Pour repérer et caractériser ces modes de coordination entre acteurs, l'étude a défini une grille d'analyse de ces différents liens, renseignée par des représentants des différents maillons de la filière (semenciers, agriculteurs, organismes stockeurs, transformateurs, distributeurs, associations, instituts techniques, bureaux d'étude, etc.) lors d'entretiens semi-directifs et ouverts. Ces entretiens visaient à recueillir des éléments de discours (comme l'historique d'une négociation autour de la mise en place d'un contrat de production par exemple), des éléments explicatifs de processus d'échange, de production

(comme l'explicitation des stratégies de formulation en alimentation animale), des données quantitatives (volumes de matières premières échangées sous contrat par exemple) et qualitatives (critères de qualité décrits dans les cahiers des charges, par exemple). L'explicitation et la formalisation de ces liens entre acteurs ont amené à la conduite d'entretiens relativement longs, portant à la fois sur des éléments techniques (spécificités techniques liées au stockage d'un produit récolté par exemple), stratégiques (processus de décision amenant à l'exploration d'un marché par exemple) et d'organisation (types de contrats mis en place avec un fournisseur par exemple). Ces entretiens ont notamment permis d'identifier l'organisation des échanges sur le marché des matières premières végétales, déterminés par différents types de liens.

Au niveau des exploitations agricoles

La partie de l'étude consacrée aux douze cultures de diversification a montré que les freins à la diversification des cultures au niveau des exploitations agricoles opéraient à différentes échelles — la parcelle, l'exploitation, en relation avec le contexte économique et réglementaire —, et relevaient de contraintes de différents ordres — existence et accès aux connaissances et aux innovations techniques, stratégies de gestion et contraintes des ressources de l'exploitation (terres, main-d'œuvre, matériel), opportunités économiques et risques associés. La prise en compte des déterminants qui guident les décisions des agriculteurs est donc fondamentale à la fois dans la compréhension des freins à la diversification des assolements et rotations, et dans la recherche de leviers d'action.

Les enquêtes ont été conduites auprès d'agriculteurs ayant diversifié leur système de culture par l'introduction d'une ou plusieurs des trois espèces ciblées dans l'étude approfondie afin de comprendre :
– les déterminants de la diversification à titre individuel ;
– les freins qui ont été rencontrés dans le processus de diversification ;
– la façon dont les agriculteurs, en hiérarchisant les différents atouts et contraintes liés à ces cultures de diversification, évaluent leur intérêt au sein du système de culture et décident de leur maintien sur l'exploitation ou de leur abandon ;
– la façon dont, de leur point de vue, les filières s'organisent pour lever ces contraintes.

Une série d'entretiens a été réalisée auprès d'une trentaine d'agriculteurs ayant diversifié leurs assolements par le pois protéagineux en Eure-et-Loir, par le lin oléagineux dans l'Eure et l'Ille-et-Vilaine, et par le chanvre dans l'Aube et en Vendée. Sans viser l'acquisition d'informations exhaustives ni représentatives, ces entretiens ont permis d'observer une variabilité de comportements dans une diversité de contextes agronomiques et économiques. Ces analyses ont pu être mises en perspective avec des données issues de centres de référence (instituts techniques, centres de gestion, etc.). La coordination entre les approches au niveau des exploitations agricoles et des filières a été facilitée par le fait que la majorité des agriculteurs rencontrés sont en relation commerciale avec des entreprises (coopératives, transformateurs) qui ont fait l'objet d'enquêtes dans l'approche filière.

2 – Les freins et leviers identifiés sur douze filières de diversification

À L'EXCEPTION DU TOURNESOL, qui n'est une culture de diversification que dans la moitié nord de la France, les surfaces des douze cultures étudiées (encadré 2) sont marginales par rapport aux grandes cultures annuelles françaises, mais une grande variabilité existe entre ces cultures quant à leur surface actuelle (figure 1) et leur évolution (superficies en régression, en expansion relative ou très fluctuantes). Ces cultures diffèrent également par leurs débouchés, qui concernent un nombre variable de marchés, chacun étant plus ou moins important, dynamique ou prometteur. Certaines de ces cultures sont concernées par de grands marchés très concurrentiels de matières premières agricoles standard (fabrication d'aliments du bétail notamment), tandis que d'autres correspondent à des marchés de niche en alimentation humaine (moutarde condiment, pois chiche, soja, etc.), dans l'écoconstruction (chanvre, lin) ou sur des segments de l'alimentation animale (lin oléagineux). Ces différentes espèces présentent par ailleurs des exigences agronomiques et des intérêts agroécologiques variés qui concourent à les rendre plus ou moins attractives pour les agriculteurs et l'aval.

Les freins et leviers identifiés à partir de ces douze cas sont présentés de l'amont de la production vers l'aval, soit :

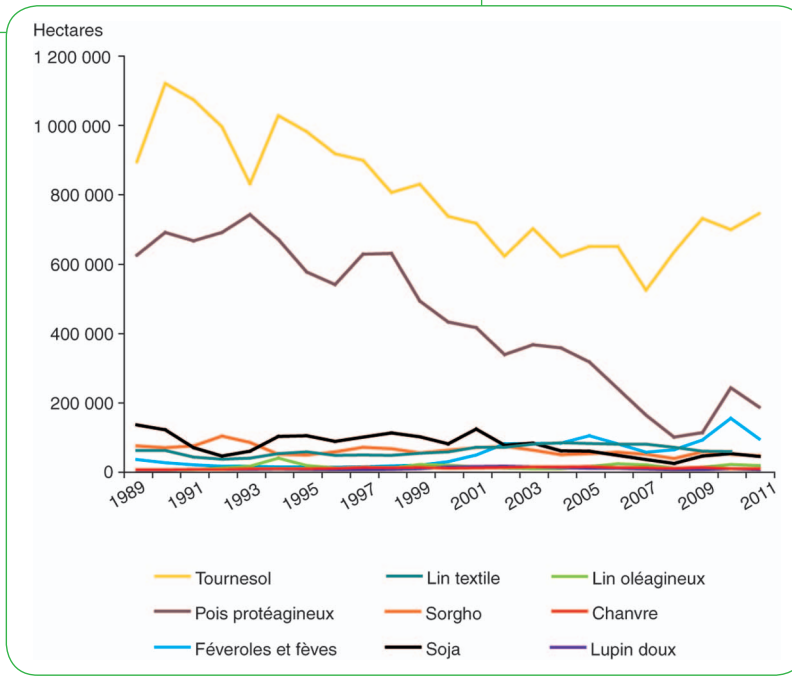
– le secteur des semences et de l'agrofourniture, qui met à disposition une partie des facteurs de production nécessaires à une culture donnée ;

– la production agricole, c'est-à-dire les exploitations agricoles qui sont susceptibles d'introduire ces espèces dans leurs assolements et rotations ;

– le secteur de la collecte et du stockage des récoltes (opérateurs privés et coopératives) qui, en assurant le flux des matières premières à la fois dans l'espace (organisation géographique de la collecte et du stockage) et dans le temps (planification des transferts depuis l'amont et vers l'aval, stabilisation et homogénéisation des lots), joue un rôle majeur dans la structuration de l'offre et sa capacité à répondre aux demandes de l'aval, mais aussi dans les choix d'assolement des agriculteurs ;

– le secteur de la transformation et de la distribution. Il s'agit ici principalement d'acteurs du secteur agroalimentaire qui jouent un rôle clé dans la structuration de la filière et dans l'accès au marché (consommateurs). Leur stratégie de différenciation des produits, en jouant sur certaines préoccupations environnementales ou de santé du consommateur, permet la création de nouveaux débouchés susceptibles d'assurer la valorisation des espèces de diversification.

Figure 1. Évolution des surfaces en France métropolitaine pour neuf des douze cultures.



Freins et leviers au niveau de l'industrie semencière et de l'agrofourniture

Plus une culture est répandue sur un territoire, plus les investissements sont importants en sélection de variétés adaptées aux caractéristiques de ce territoire et dans les autres agrofournitures, telles que les produits phytosanitaires ou les machines agricoles. À l'inverse, les cultures dont les surfaces restent marginales, peu susceptibles de rentabiliser les investissements, ne bénéficient ni d'un effort de sélection important, ni d'essais et de structures de coordination équivalents à ceux des cultures dominantes.

Encadré 2. Les douze cultures de diversification étudiées.

Pois protéagineux

Principale culture ayant bénéficié du plan Protéines mis en place à la fin des années 1970, le pois protéagineux a vu ses surfaces chuter progressivement de 740 000 ha en 1994 à 100 000 ha en 2009, suite au démantèlement de cette politique de soutien au début des années 1990 d'une part, et à la survenue de scénarios climatiques défavorables à la production et de graves problèmes sanitaires dus au champignon tellurique *Aphanomyces euteiches* d'autre part. Ces facteurs ont considérablement affecté l'attractivité du pois dans les assolements, ainsi que sa compétitivité sur le marché de l'alimentation animale, principal débouché de la production. Concurrencé par le couple céréales-tourteau de soja dans les formules alimentaires, le pois est devenu une « variable d'ajustement », tant pour les agriculteurs, qui reconnaissent néanmoins ses atouts agro-environnementaux (amélioration de la structure du sol, apport azoté, etc.), que pour les fabricants d'aliments du bétail (FAB), qui ne l'incorporent que ponctuellement dans les formules, selon certaines conditions de marché. On assiste actuellement au développement d'un nouveau débouché pour l'alimentation humaine, à plus haute valeur ajoutée.

Un second plan Protéines lancé en 2010 a permis une reprise temporaire des surfaces, à 250 000 ha en 2010, avant une nouvelle diminution. Si le pois reste la principale légumineuse en grande culture, sa désaffection témoigne plus largement d'un désintérêt progressif des industriels pour les protéagineux, alors que les enjeux agro-environnementaux liés à ces espèces maintiennent l'intérêt des instituts de recherche et des pouvoirs publics.

Féverole

Les surfaces en féverole, inférieures à 20 000 ha au début des années 2000, se sont ensuite fortement accrues, dépassant 150 000 ha en 2010, suite au développement d'un débouché en Égypte pour l'alimentation humaine et sous l'effet des aides communautaire et française aux protéagineux. L'évolution des surfaces est cependant irrégulière, principalement du fait des fluctuations du prix des céréales et des rendements en féverole. Le marché à l'export, destiné à l'alimentation humaine, concentre plus de 50 % des volumes. Les coopératives et les négociants sont très actifs sur ce marché, davantage rémunérateur que le marché intérieur de l'alimentation animale, qui ne représente qu'un tiers des débouchés.

Espèce de la famille des légumineuses, la féverole est cultivée en tant que tête de rotation dans les systèmes de grande culture, majoritairement dans le nord de la France, région bien adaptée aux variétés de printemps. Les variétés d'hiver couvrent des surfaces plus restreintes, dans l'Ouest et le Sud-Ouest. Sa tolérance au champignon *Aphanomyces* et une récolte plus facile que celle du pois rendent sa culture envisageable dans les parcelles où celle du pois est déconseillée.

Lupin

Le lupin présente les intérêts agroécologiques communs à la famille des légumineuses. La culture est considérée comme technique, principalement du fait du manque de références agronomiques, mais également du manque de produits phytosanitaires homologués. Elle demande généralement peu de traitement chimique, mais la gestion des adventices est difficile. Son aire de culture est limitée aux sols de pH neutre ou acide.

La composition nutritionnelle de la graine lui confère un intérêt majeur pour l'alimentation animale (35-40 % de protéines), mais son utilisation par les FAB est limitée en raison des faibles volumes disponibles et de la présence dans la graine de polymères du xylose qui ne sont pas digestibles par les monogastriques. Cependant, le lupin est valorisé dans des marchés de niche à plus forte valeur ajoutée : en alimentation animale *via* la thermo-extrusion ; en alimentation humaine sous forme de farine.

Longtemps stabilisée à 5 000 ha, la surface en lupin (principalement lupin blanc doux à grosses graines) augmente dans les années 2000 jusqu'à 14 000 ha en 2002 (sous l'influence de la PAC), avant de se stabiliser à 6 000 ha en 2010 pour une production de 29 000 t. Malgré son intérêt environnemental et nutritionnel, il s'agit d'une culture faiblement investie par les acteurs de la recherche et de la profession, à l'exception d'une grande coopérative française qui a déposé un brevet sur le processus de transformation en farine pour le marché de l'alimentation humaine « sans gluten ».

Pois chiche

Malgré un débouché bien présent et rémunérateur en alimentation humaine (conserverie, couscous, farine de pois chiche, etc.), la France importe la majorité du pois chiche consommé. Considérée comme une culture de diversification intéressante sur les plans agro-environnementaux et économiques, la culture du pois chiche est cependant caractérisée par un vide technologique concernant la protection des cultures (lutte contre l'anthracnose, *Heliothis armigera*) et la construction de références agronomiques.

Limitée aux régions Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon, la culture y a fait l'objet d'initiatives de développement par des groupements d'agriculteurs. Mais le problème de l'anthracnose et le manque de soutien technique de ces groupements ont conduit à l'abandon de la culture au début des années 2000. Après une période de vide sanitaire, les initiatives semblent reprendre, notamment par le développement d'un débouché régional supplémentaire et par l'implication d'acteurs de l'aval. La recherche est interpellée pour soutenir le développement des surfaces, limitées à 4 500 ha en 2010.

Soja

Le soutien de la culture de soja par la PAC a permis d'atteindre près de 120 000 ha de surface en 2002, avant la mise en place des mesures de découplage qui ont provoqué une chute progressive jusqu'en 2009. L'intérêt pour le soja s'est

renouvelé à cette date en raison du développement de nouveaux débouchés en alimentation humaine (filières fortement contractualisées au sein desquelles la rémunération de l'agriculteur est intéressante) et en alimentation animale (utilisation de graines traitées par toastage ou extrusion), de l'évolution des cahiers des charges en agriculture biologique (aliments d'origine AB pour les filières bovines, impliquant l'utilisation de tourteau de soja bio), et des atouts agro-environnementaux que présente potentiellement la culture (utilisation en zone de maïs irriguée, alternative au maïs et au colza dans certaines régions affectées par des problèmes phytosanitaires sur ces cultures). Les surfaces atteignent 51 000 ha en 2010, dont 33 500 ha dans le Sud-Ouest, région fortement orientée vers l'alimentation humaine, et 17 500 ha dans le bassin Est, plus traditionnellement tourné vers l'alimentation animale.

Le soja est une culture à potentiel de développement intéressant, portant des attentes des acteurs des filières sur la sélection variétale et la recherche agronomique notamment. Cultivé en sec (principalement dans l'Est) ou en irrigué (principalement dans le Sud-Ouest), le soja peut représenter au moins 10 % de l'assolement de l'agriculteur dans ces bassins.

Luzerne

La luzerne présente de nombreux intérêts environnementaux (absence de fertilisation azotée, lutte contre l'érosion, gestion des adventices, maintien de la biodiversité, etc.) ; c'est un très bon précédent qui améliore la structure du sol, laisse un reliquat azoté et facilite la gestion de l'enherbement.

La luzerne est avant tout produite et utilisée dans les exploitations d'élevage (qui cultivent 75 % des surfaces en pur et 100 % des surfaces de luzerne en association). La déshydratation pour la production de « bouchons de luzerne » utilisés dans l'alimentation du bétail (soit directement par l'éleveur, soit intégrés dans des aliments composés) constitue le principal débouché marchand. Représentant environ 10 000 producteurs sur une surface totale de 75 000 ha, la production de luzerne déshydratée (750 000 t annuelles) est principalement destinée au marché domestique (85 %).

Aujourd'hui, la filière déshydratation est confrontée à des enjeux économiques forts, notamment en matière de coûts énergétiques pour le fonctionnement de l'outil industriel, ainsi que de coûts d'approvisionnement des usines (arrêt de l'aide à la déshydratation, coût du transport). Fortement concentrée en Champagne-Ardenne, la production de luzerne déshydratée a été affectée par la fermeture de plusieurs unités industrielles. Les acteurs de la filière portent ainsi des projets de transformation et de valorisation alternatifs, intéressants dans le débat sur l'évolution du système de production français.

Lin textile

Autrefois réparti sur l'ensemble du territoire français, le lin textile est aujourd'hui cultivé principalement sur les côtes de la Manche, dont le climat doux et humide se prête particulièrement à la culture et au rouissage du lin à terre, étape

délicate (dépendante des conditions climatiques) nécessaire en vue de l'extraction des fibres lors du teillage. C'est dans cette zone qu'est concentrée la trentaine d'unités de transformation (coopératives agricoles de teillage ou teilleurs privés), qui sont généralement équipées pour assurer la récolte avec un matériel spécifique. La filière bénéficiait jusqu'en 2011 d'une aide à la transformation, aujourd'hui découplée. L'Europe est le premier producteur mondial de lin textile (loin devant la Chine) et la France arrive en tête avec 55 000 ha en 2011 (et un maximum de 80 000 ha en 2004).

Le principal débouché de la filasse est l'exportation vers la Chine pour l'industrie textile. Les fibres courtes, beaucoup moins chères, sont destinées traditionnellement à la papeterie où elles subissent la concurrence des fibres de bois, d'où l'intérêt des projets mis en place pour développer de nouvelles utilisations comme les matériaux composites pour l'automobile. Les anas et poussières, coproduits issus du défibrage, sont respectivement utilisés comme combustible et fertilisant. La graine de lin textile, considérée comme un sous-produit, est parfois valorisée en semence ou en huile.

Lin oléagineux

Le lin oléagineux, cultivé à partir de variétés spécifiques et d'un itinéraire technique totalement différent de celui du lin textile, est cultivable sur un territoire important grâce aux variétés d'hiver et de printemps. Il est présent principalement dans l'ouest de la France et couvre de 10 000 à 20 000 ha, suivant les années.

Auparavant utilisée pour la production d'huile valorisée dans diverses industries (utilisation en peinture en raison de ses propriétés siccatives, cosmétiques, encres…) et en partie en alimentation animale (huile ou tourteau en complément dans les rations), la graine de lin oléagineux est aujourd'hui presque exclusivement destinée à l'alimentation animale, par le développement d'une filière qualité reposant sur l'utilisation de graines de lin thermo-extrudées dans les rations animales et valorisant les propriétés nutritionnelles de la graine (forte teneur en oméga 3).

Tournesol

Très présente au début des années 1990, la culture du tournesol s'est maintenue dans le quart sud-ouest (Midi-Pyrénées et Poitou-Charentes principalement), mais a fortement régressé dans le centre de la France (régions Centre, Pays de la Loire et Bourgogne). Au niveau national, elle reste la grande culture la plus représentée après les céréales à paille, le maïs et le colza, avec presque 750 000 ha en 2010.

Le tournesol présente l'avantage d'être peu gourmand en intrants et moins exigeant en eau que le maïs (moins de 4 % des surfaces françaises en tournesol sont irriguées, contre 40 % des surfaces en maïs). En outre, il peut être cultivé en dérobé, pratique encore marginale mais qui semble intéressante dans le sud de la France en système irrigué.

Une dizaine d'unités de trituration réparties sur le territoire permettent de triturer 90 % du tournesol produit afin d'en extraire l'huile, principalement utilisée en alimentation humaine (la première huile consommée en France), tandis que le

tourteau, relativement riche en protéines et ne contenant pas de facteurs antinutritionnels, est utilisé en alimentation animale, en particulier pour les bovins viande. Son incorporation dans les rations est cependant limitée par sa faible teneur en lysine et sa teneur élevée en cellulose. Moins de 10 % de la production est utilisée en graines entières (tournesol de bouche, oisellerie).

Depuis les années 2000, le tournesol oléique (ensemble de variétés présentant une composition particulière en acides gras) s'est fortement développé par contractualisation pour répondre à des débouchés spécifiques en alimentation humaine et surtout dans l'industrie (biodiesel, biolubrifiants) ; il représente aujourd'hui plus de la moitié de la production nationale.

Moutarde

Présente historiquement en Bourgogne, la moutarde brune (condiment) a quasiment disparu au milieu du XX^{e} siècle, du fait de la concurrence du colza (tous deux sont des crucifères) dans les assolements et de la concurrence de la graine de moutarde canadienne dans l'approvisionnement des usines de fabrication de moutarde de Dijon.

Aujourd'hui très répandue sur l'ensemble de la France en tant qu'interculture (moutarde blanche principalement, mais également moutarde brune) grâce à ses propriétés antinématodes et à sa rapide installation, qui en fait une culture intermédiaire piège à nitrates (Cipan) efficace, la moutarde est beaucoup moins présente en France comme culture de rente pour le débouché condiment. Culture de printemps semée généralement à l'automne, elle est mieux adaptée aux températures élevées que le colza mais plus sensible au gel, et serait donc cultivable dans une large zone.

La filière française a connu un essor important dans les années 1990, grâce notamment à la coordination des différents acteurs locaux (associations de producteurs, organismes stockeurs, industriels, chambres d'agriculture, centres de recherche, etc.) dans l'organisation de la production et la définition du prix, mais aussi grâce à la création d'une IGP Moutarde de Bourgogne. La recherche variétale a bénéficié de l'essor des Cipan. Les surfaces, inférieures à 300 ha à la fin des années 1990, atteignent aujourd'hui plus de 5 000 ha, sur la plaine dijonnaise principalement. La France importe encore du Canada plus des deux tiers de ses besoins.

Sorgho

Le sorgho s'est développé dans les années 1970 dans le sud-ouest de la France. Grâce au développement de variétés plus précoces, sa zone de culture s'est ensuite étendue vers le Nord (vallée du Rhône, Ouest-Atlantique). Atteignant un maximum de 100 000 ha au début des années 1990, les surfaces ont ensuite progressivement régressé au profit du tournesol, du maïs et de la jachère obligatoire, pour se stabiliser autour de 50 000 ha.

Les principaux débouchés du sorgho grain français sont l'exportation vers l'Espagne pour l'alimentation animale (élevages porcins), vers le Benelux pour l'oisellerie et l'approvisionnement des FAB sur le marché intérieur. Il constitue un substitut

intéressant au maïs dans les rations animales grâce à des caractéristiques nutritionnelles proches, mais intéresse peu les FAB du fait d'une offre faible et dispersée, alors que son potentiel de développement est estimé à 100 000 ha. On le dit pourtant compétitif dans les assolements par rapport au tournesol en sec et au maïs en irrigué du fait de ses moindres besoins en intrants.

Chanvre

Les surfaces françaises en chanvre oscillent autour de 8 000 ha (avec un maximum de 12 000 ha atteint en 2009). Autrefois utilisée dans la fabrication de cordages, la paille de chanvre produite dans le bassin historique de l'Aube a pour débouché principal l'industrie papetière depuis une trentaine d'années. Le développement de biomatériaux (panneaux isolants, béton de chanvre, matériaux composites pour l'industrie automobile, etc.), basé sur les performances technico-économiques ou environnementales du chanvre — culture économe en intrants —, a conduit à l'émergence de nouveaux bassins de production organisés autour d'unités de transformation. Ces débouchés prometteurs pourraient induire une forte croissance des surfaces mais sont concurrencés par les matériaux existants dans ces domaines (par exemple la laine de verre pour les panneaux isolants). La graine de chanvre, appelée chènevis, est considérée comme un coproduit de la paille et valorisée principalement dans l'alimentation animale (oisellerie) et humaine (huile) dans certains bassins.

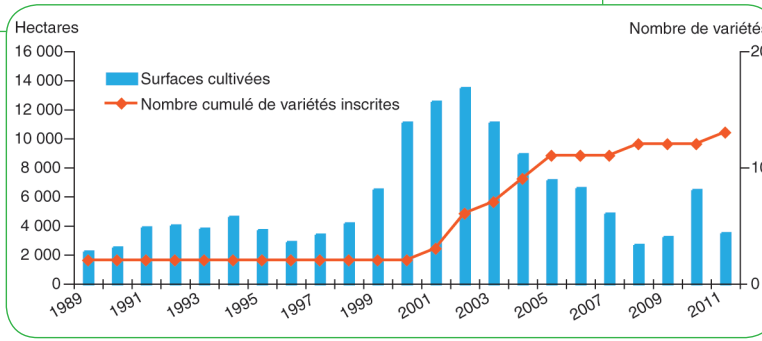
La faiblesse de la recherche variétale

La faible disponibilité en semences certifiées et, surtout, des gammes trop réduites de variétés sont des freins évoqués par la plupart des experts interrogés pour la majorité des cultures de diversification (en particulier lupin, chanvre, lin oléagineux, soja, moutarde, pois chiche). Les surfaces marginales de ces cultures n'incitent pas les sélectionneurs à investir sur ces espèces. Cette situation favorise l'utilisation de semences fermières (c'est-à-dire autoproduites), qui rend l'investissement sur ces espèces encore plus risqué pour les semenciers. Cependant, les efforts ou l'intensité des travaux en sélection variétale, ainsi que le nombre et le type de structures investies en amont de la production, apparaissent variables selon les cultures. Parmi les douze espèces étudiées, on peut distinguer trois situations, selon notamment l'investissement des secteurs public et privé et leurs relations.

Une recherche privée faiblement appuyée par la recherche publique

Certaines espèces « marginales » ne sont pas, plus, ou très peu travaillées par la recherche publique, mais le restent ou le sont à nouveau par certains acteurs privés, qui ont investi sur des débouchés spécifiques. Ainsi, si la recherche sur le lupin (figure 2) est devenue marginale à l'Inra, la coopérative Terrena, qui maîtrise le marché de niche de la farine de lupin utilisée en boulangerie, a maintenu l'activité de sélection de sa filiale Jouffray-Drillaud sur cette espèce. En pois chiche, seules deux variétés sont actuellement inscrites

Figure 2. Le lupin : évolutions des surfaces cultivées et du nombre cumulé de variétés inscrites (1re inscription).



au catalogue français (dont une seule est cultivée) et les problèmes liés à l'anthracnose restent sans réponse technique. La culture connaît néanmoins un regain d'intérêt : la coopérative Arterris, qui a conclu des accords d'approvisionnement avec un industriel, réinvestit la recherche en amont sur le pois chiche, et formule certaines demandes à la recherche publique, concernant en particulier l'appui à la sélection et l'écophysiologie de l'espèce. Pour la moutarde, la sélection de variétés condiment pour une filière de niche en Bourgogne est aujourd'hui soutenue par le débouché Cipan, plus récent et qui concerne une aire et un marché beaucoup plus étendus.

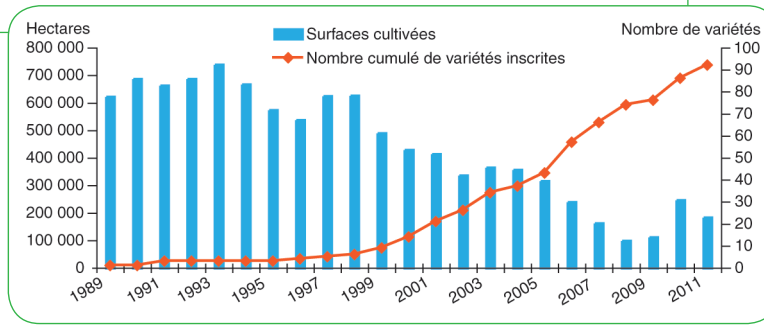
Le maintien d'un effort de recherche sur des cultures en difficulté : un pari sur l'avenir

Alors que les surfaces sont en déclin ou peinent à se stabiliser, les travaux en amélioration variétale peuvent demeurer importants (par rapport à la taille de la filière) pour des espèces comme le pois protéagineux, le soja et le sorgho. Ainsi, malgré la chute des surfaces en pois, les inscriptions de nouvelles variétés se sont poursuivies sur un rythme relativement soutenu (figure 3). La sélection du pois fait l'objet d'une coordination importante entre recherches publique et privée.

Les atouts de ces cultures sur le plan environnemental et économique (utilisation réduite d'intrants notamment) amènent certains acteurs à faire le pari d'une demande plus importante à l'avenir. D'autre part, certains débouchés apparaissent pour ces cultures, comme l'utilisation de pois protéagineux pour l'extraction de protéines ou celle de tourteau de soja bio dans l'alimentation des bovins en AB.

Enfin, ces espèces bénéficient, dans les instituts de recherche (français et internationaux) et les instituts techniques, de compétences importantes et de réseaux qui restent opérationnels aujourd'hui. Soja, pois et sorgho sont toujours intégrés dans les essais agronomiques des instituts techniques, où les nouvelles variétés sont évaluées.

Figure 3. Le pois protéagineux : évolutions des surfaces cultivées et du nombre cumulé de variétés inscrites (1re inscription).



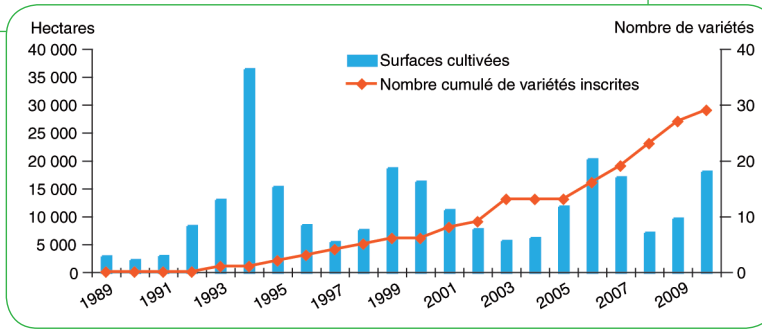
La construction de partenariats de recherche et développement sur de nouvelles cultures

Le développement de nouveaux marchés impulse et dynamise les recherches sur certaines espèces et se traduit par la construction de réseaux et structures regroupant acteurs institutionnels et privés. C'est notamment le cas pour le lin oléagineux et le chanvre.

La découverte des propriétés nutritionnelles de la graine de lin et le développement de la filière Bleu-Blanc-Cœur (voir chapitre 3) ont suscité un regain d'intérêt pour cette culture (figure 4). Si les premiers travaux (sur les effets d'une alimentation à base de lin sur les animaux et la qualité de leurs produits) ont été entrepris par des acteurs privés, l'intégration de la culture dans les stratégies de plusieurs semenciers et instituts techniques ainsi que le développement des recherches sur le lin oléagineux reposent aussi sur une interaction importante entre secteurs public et privé, notamment *via* le groupement d'intérêt économique (GIE) Linéa. Sur le marché français du lin oléagineux, l'Inra et Linéa se positionnent en *leaders* de coobtentions (dont trois représentent 90 % du marché des semences des variétés d'hiver).

Malgré leur développement, la recherche variétale sur ces cultures continue à connaître des difficultés, qui s'expliquent en partie par la segmentation du marché vers l'aval, les critères d'amélioration génétique pouvant différer selon les débouchés. La coordination entre la profession et la recherche est alors essentielle pour dégager des consensus sur les orientations stratégiques de la sélection. Pour le chanvre, la diversité des débouchés pour les fibres et les graines multiplie les critères de sélection (teneur en fibre, qualité de la fibre, teneur en huile, rendement, etc.) sur lesquels l'interprofession semble avoir des difficultés à définir des priorités. La concurrence entre les bassins de production et le développement récent de nouveaux industriels sur la fabrication de panneaux isolants (Cavac, Euralis) rendent délicate l'organisation de l'interprofession et semblent freiner la construction de consensus en matière d'amélioration variétale. Par conséquent, les efforts de sélection se concentrent principalement sur des critères « classiques » tels que le rendement en paille.

Figure 4. Le lin oléagineux : évolutions des surfaces cultivées et du nombre cumulé de variétés inscrites (1re inscription).



Le faible investissement sur l'homologation de produits phytosanitaires et les essais agronomiques

Le coût de l'homologation

Pour la plupart des cultures de diversification, peu de produits phytosanitaires homologués sont disponibles. La procédure d'homologation est relativement lourde et donc coûteuse, ce qui dissuade les entreprises phytosanitaires d'investir sur des filières de niche, où les possibilités d'amortissement de tels coûts sont limitées. Sur le pois chiche par exemple, un seul herbicide est actuellement autorisé, et aucun produit efficace n'est disponible contre l'anthracnose, maladie qui a pourtant causé la chute de la production au début des années 2000 dans le Midi. Aucun herbicide n'a été homologué sur le lupin, alors qu'il existe des produits efficaces (homologués sur céréales).

Le manque de réseaux d'essais agronomiques

L'insertion des espèces de diversification dans les réseaux d'essais des instituts techniques apparaît aux experts consultés comme une condition nécessaire au développement de ces cultures. Le manque de référentiels technico-économiques constitue un frein relativement important auprès des agriculteurs et des conseillers agricoles. Sur les protéagineux par exemple, les travaux sont principalement concentrés sur le pois et, dans une moindre mesure, la féverole ; le lupin est faiblement étudié, malgré ses intérêts agronomiques et nutritionnels, et bénéficie de peu d'élaboration de références et d'appui technique en dehors du bassin de production de la coopérative Terrena. Pour le lin oléagineux, le manque d'appui des structures classiques a conduit les opérateurs investissant dans l'espèce à développer des formations pour les agriculteurs, mais également pour les conseillers de coopératives des bassins de collecte concernés et les entreprises de travaux agricoles.

Les experts consultés soulignent que le manque de références techniques et la méconnaissance de ces cultures par les conseillers expliqueraient les échecs rencontrés dans

la culture du chanvre (considéré, à tort, comme une plante « qui pousse partout ») ou celle du pois chiche (remise en cause par le développement de l'anthracnose). Le manque d'appui technique, que ce soit au niveau des chambres d'agriculture ou des coopératives, ainsi que le manque de références disponibles mettent en relief, selon les experts, l'investissement insuffisant du système recherche-développement-conseil sur les espèces de diversification.

Freins et leviers au niveau de l'exploitation agricole

Ces freins concernent la disponibilité des connaissances techniques et agronomiques à l'échelle de la parcelle, la compatibilité entre la diversification et les objectifs et contraintes de l'exploitant, et l'influence du contexte économique et réglementaire sur les décisions de l'agriculteur. À noter que la question des limites climatiques d'aires de culture n'est pas abordée, seules les régions où les conditions de production de l'espèce considérée sont satisfaites étant considérées.

À l'échelle de la parcelle, l'acquisition d'une maîtrise technique

Un manque de connaissances et de références sur la conduite des cultures

Les itinéraires techniques des grandes cultures dominantes en France (blé, maïs grain, orge, colza) sont aujourd'hui très bien maîtrisés par les agriculteurs et les conseillers techniques. En revanche, certaines des cultures de diversification sont moins bien maîtrisées techniquement ou confrontées à des problèmes non résolus, qui peuvent être une source d'échec et donc d'abandon de la culture. C'est le cas notamment de la gestion des bioagresseurs.

Bien souvent, une culture (ré)introduite de manière discrète sur un territoire présente peu de problèmes phytosanitaires du fait de l'absence dans la zone des bioagresseurs qui lui sont spécifiques. C'est par exemple le cas du sorgho, relativement peu développé en France, qui n'est pas confronté à de graves problèmes d'insectes ou de maladies. À l'inverse, une culture peu abondante sur un territoire peut devenir l'unique cible de certains bioagresseurs polyphages à certaines périodes : les parcelles isolées de tournesol peuvent ainsi subir des dégâts importants d'oiseaux à la levée et à la récolte ; la moutarde de printemps, dont la floraison est décalée par rapport à celle du colza, subit de fortes pressions d'un ravageur des boutons floraux, la méligèthe. L'introduction d'une culture sur un territoire peut ainsi induire d'autres risques que ceux rencontrés dans les zones où la culture est plus représentée. La non-anticipation de ces risques peut conduire à d'importants dégâts qui risquent de décourager les agriculteurs qui y sont confrontés.

L'absence de produits phytosanitaires efficaces contre une maladie, un ravageur ou une adventice est souvent évoquée par les agriculteurs comme un frein à l'adoption d'une

culture de diversification. Outre le problème, déjà cité, du désherbage du lupin (qui contraint les agriculteurs à utiliser des produits non homologués ou à abandonner la culture), plusieurs exemples sont cités.

Le champignon *Aphanomyces euteiches*, responsable de la pourriture racinaire du pois, peut conduire à des pertes de rendement importantes. Ce pathogène, contre lequel il n'existe pas de traitement phytosanitaire ni de variétés résistantes, est fréquent dans les sols français, et s'est fortement développé dans les années 1990 en raison d'un retour trop fréquent du pois dans les parcelles. Pour autant, le seul respect du délai de retour conseillé (cinq à six ans) n'est pas suffisant pour gérer ce risque, *Aphanomyces* ayant une durée de conservation dans le sol bien supérieure à six ans. Selon l'Unip, la seule façon fiable de gérer ce risque est de réaliser un test pour mesurer le potentiel infectieux du sol, de façon à écarter les parcelles trop fortement infestées. Ce risque est souvent cité comme un frein par les agriculteurs, qui sont cependant peu nombreux (5 %) à utiliser l'outil qui permet de l'objectiver. Il est également conseillé de préférer le pois d'hiver, pour lequel la nuisibilité est beaucoup moins importante que pour les variétés de printemps, qui restent cependant les plus utilisées. Il n'existe pas à ce jour de variétés résistantes à *Aphanomyces*, mais des variétés partiellement résistantes sont en cours de développement.

Le chanvre ne connaît quasiment pas de maladies ni de ravageurs, excepté une plante parasitoïde, l'orobanche rameuse, contre laquelle les seuls moyens de lutte sont des mesures agronomiques préventives (respect d'un délai de retour de cinq à six ans, arrêt du chanvre une fois l'orobanche apparue, etc.). La sélection travaille aujourd'hui sur la résistance de la plante à l'orobanche ; la filière ne souhaite pas la mise au point d'une solution phytosanitaire, son objectif étant de conserver l'image de culture « sans pesticides » du chanvre.

Pour la féverole, les débouchés en alimentation humaine et semence exigent une bonne maîtrise d'un ravageur, la bruche (maximum de 1 à 3 % de grains bruchés). Des insecticides existent mais ils sont souvent jugés inefficaces. Arvalis et Unip ont mis au point en 2008 un outil d'aide à la décision pour le contrôle des bruches au champ (Bruchi-LIS®) à destination des organismes stockeurs et des chambres d'agriculture. Cet outil permet de positionner au mieux les traitements insecticides en fonction du stade des féveroles, des conditions climatiques et des produits, et de cibler les situations à risque. Mais, pour être efficace, cette lutte doit être collective et simultanée au sein d'un bassin de production, car les bruches se déplacent beaucoup.

Au-delà de la réelle difficulté de maîtriser certains ravageurs, un des freins à l'introduction d'une culture de diversification semble être la difficulté à se passer d'une sécurisation chimique. D'autres solutions existent mais elles sont très peu utilisées, peut-être parce qu'elles sont encore peu connues, ou parce qu'elles reposent sur des logiques temporelles (principes agronomiques au niveau de la rotation) et spatiales (gestion collective à l'échelle du territoire) plus complexes à mettre en œuvre. Paradoxalement, la gestion des bioagresseurs sur les cultures de diversification est considérée comme

un frein à leur développement, alors même que c'est l'une des raisons pour lesquelles on cherche à diversifier les assolements et rotations d'un point de vue agronomique et environnemental.

Par ailleurs, la réussite de la culture de certaines espèces de diversification nécessite l'apprentissage et la maîtrise de techniques inhabituelles pour les cultures classiques. Par exemple, l'implantation du lupin ou du lin requiert un travail du sol particulier, la culture de certaines légumineuses (luzerne, soja, lupin) sur de nouvelles parcelles nécessite l'inoculation des bactéries symbiotiques fixatrices d'azote spécifiques de la culture. La récolte est pour beaucoup de cultures l'opération la plus délicate, qui représente une source de stress. Ainsi, malgré des améliorations variétales dans la tenue de tige du pois protéagineux, la récolte reste délicate lorsque les plantes sont couchées. La double récolte des graines et des pailles du lin oléagineux et du chanvre est également « technique », et plus ou moins bien maîtrisée selon les bassins de production. Les experts indiquent que ces particularités techniques sont des sources d'appréhension pour les agriculteurs qui viennent juste d'adopter ces cultures, mais qu'elles ne sont plus problématiques une fois la phase d'apprentissage franchie.

Sur ces cultures de diversification, de nombreuses questions restent sans réponse. Même pour le pois protéagineux, pour lequel on dispose de références, les experts soulignent que les rendements peuvent être très faibles sans qu'on sache l'expliquer, aucun problème climatique ou phytosanitaire n'ayant été relevé. Ce manque de clarté sur les sources de variation du rendement semble également un frein au développement d'autres cultures (lin oléagineux, lupin, féverole, etc.). Ne pas être en mesure d'identifier les raisons d'un échec peut renforcer le rejet de la culture, parfois pour plusieurs années.

Un manque de connaissances et de références sur les intérêts agronomiques de la diversification

Les effets de la culture sur la suivante, dits effets « précédent », sont très inégalement connus selon les espèces de diversification. Sur les douze cas examinés, le plus documenté est celui du pois : de nombreuses références existent concernant son effet sur le rendement et la fertilisation azotée des cultures suivantes. Toutefois, cet effet a surtout été étudié sur un blé suivant ; ce n'est que récemment que la succession pois-colza, encore rare, a été analysée. Pour d'autres espèces, le lupin par exemple, les références manquent en Europe sur les intérêts de la culture à l'échelle de la succession culturale. Quant aux autres effets d'une culture supplémentaire dans la rotation (rupture du cycle des maladies et ravageurs, gestion de l'enherbement, structure du sol, etc.), ils sont difficiles à apprécier et leur intérêt économique très difficile à chiffrer précisément.

L'intérêt économique des cultures de diversification à l'échelle de la rotation pourrait être un argument en leur faveur, mais il est rarement mis en avant dans la communication à destination des agriculteurs. Le fait que les calculs de marge économique, dans les conseils sur le choix des cultures, soient souvent réalisés culture par culture, sans

tenir compte des effets précédent, plutôt qu'à l'échelle de la rotation, a déjà été souligné dans le rapport *Écophyto R&D* et dans l'étude *Pois-colza-blé* du Casdar (Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural). Ce fait est également évoqué comme un frein à la diversification par plusieurs conseillers agricoles interrogés. Pour le pois de printemps, l'Unip a montré que son introduction dans les successions comportant plusieurs blés successifs permettait d'améliorer la rentabilité à l'échelle de la rotation, malgré la plus faible marge brute annuelle du pois. Cette amélioration, due à l'augmentation du rendement du blé suivant (+ 0,81 t/ha par rapport à un blé de blé, selon le Casdar *Pois-colza-blé*), pourrait être encore plus forte si les agriculteurs ajustaient leurs niveaux d'intrants, et notamment la fertilisation azotée, conformément aux recommandations techniques disponibles.

Alors que plusieurs experts ont identifié la faible disponibilité de références sur les effets précédent et cumulatifs des cultures de diversification comme un frein à leur développement, l'analyse bibliométrique des publications techniques (encadré 3) montre l'existence de connaissances parfois très riches, mais souvent incomplètes et d'une qualité très inégale selon les cultures. Pour certaines espèces, comme le pois, la luzerne ou le lin oléagineux, les effets précédent sont bien connus, et des comparaisons de marges sur des résultats pluriannuels sont largement diffusées, mettant en avant un intérêt économique de l'introduction de la culture de diversification. Pour d'autres cultures, la connaissance des effets précédent et des marges à la rotation reste en revanche très lacunaire, et insuffisamment étayée par des quantifications. Dans l'ensemble, plus de la moitié des publications techniques portant sur les cultures de diversification n'abordent pas la question de leurs effets pluriannuels, alors que cette question est importante pour les agriculteurs.

Une diffusion et une création locales de références encore timides

Localement, la diffusion de références agronomiques sur les cultures de diversification est faible, car ces espèces sont peu connues des conseillers techniques, dont les compétences se cantonnent souvent aux cultures dominantes. Et tant que la collecte d'une culture de diversification reste marginale, un organisme stockeur n'investit pas dans la formation de ses techniciens au suivi de cette culture. En revanche, les démarches de diversification initiées ou soutenues par des coopératives ont été accompagnées d'une formation des techniciens (exemples de la Cavac sur le chanvre, de Vegam sur le lin oléagineux, d'InVivo pour le développement du « sorgho premium »). Pour ce qui est de la luzerne, la plupart des techniciens des organismes stockeurs ou des chambres d'agriculture manquant de connaissances, un service technique est assuré par Coop de France Luzerne Déshydratation sur les principaux bassins de collecte des usines de déshydratation.

Encadré 3. Analyse des informations diffusées vers les agriculteurs sur les effets « précédent » et à long terme de la diversification des cultures.

Lors des entretiens, plusieurs experts ont mentionné des freins à la diversification des cultures touchant à la disponibilité d'informations clés, d'une part, sur les effets précédent et cumulatifs des cultures de diversification qui seraient souvent méconnus, peu ou mal diffusés ; d'autre part, sur les comparaisons de marges, souvent réalisées à l'échelle annuelle et culture par culture, plutôt qu'à l'échelle de la rotation. Il semble donc que les informations dont disposent les agriculteurs rendent difficile la construction de successions sur le moyen et long terme. Pour tester cette hypothèse, une étude bibliométrique a été menée sur un corpus de données issues d'internet et de la presse agricole (couvrant les années 2009 à 2012), afin d'avoir un aperçu des informations disponibles et facilement accessibles aux agriculteurs sur ces cultures de diversification.

Les ressources internet explorées sont les sites des instituts techniques concernés (Arvalis-Institut du végétal, Cetiom, ITL, Unip) ainsi que l'ensemble des documents édités par ces organismes sur la période 2009-2012 et disponibles sur internet. Ces instituts diffusent régulièrement de l'information sur les cultures de diversification, en particulier pour neuf des douze étudiées. Pour la luzerne, les informations diffusées par Coop de France Déshydratation ont également été analysées. La presse agricole a été étudiée à travers quatre titres nationaux, mensuels (*Cultivar, Perspectives agricoles* et *Réussir Grandes cultures*) ou hebdomadaire (*La France agricole*), susceptibles de diffuser des informations sur l'ensemble des douze cultures. Au total, 220 références, comprenant 180 articles (articles de la presse agricole et textes datés) et 40 dossiers (dossiers en ligne sur les sites internet, brochures, dossiers de presse), ont été retenues et analysées.

Une abondance de références variable selon les cultures de diversification

Les références sont nombreuses pour la plupart des légumineuses ou protéagineux : pois (42 documents), légumineuses/protéagineux (38), luzerne (17), féverole (15), soja (13). Elles sont également nombreuses sur sorgho (23) et lin oléagineux (11), mais moins fréquentes sur les autres cultures : lupin (2), tournesol (6), chanvre (4), lin fibre (5). Aucune référence n'apparaît sur le pois chiche et la moutarde en tant que culture — cette dernière est en revanche souvent abordée en tant que couvert d'interculture. Peu d'articles (9) ont pour entrée principale la diversification des assolements et des rotations, mais davantage (29) traitent d'une culture en particulier en abordant cette thématique (« Assolement : le sorgho a encore une carte à jouer », par exemple).

Le pois, le sorgho et le chanvre disposent d'un nombre important de références relativement à leur surface (à des niveaux très différents toutefois pour ces trois cultures), contrairement par exemple au tournesol, au lin fibre ou à la moutarde. Pour le lin fibre et la moutarde, cette faible diffusion des informations au niveau national peut être mise en relation avec la forte régionalisation de ces filières

et donc une information qui passe sans doute par d'autres voies (coopératives, chambres d'agriculture, presse technique locale, etc.).

Des effets précédent souvent évoqués, pas toujours quantifiés

Les effets précédent des cultures de diversification sur les états du milieu sont évoqués dans 100 références sur 220 au total. Ils concernent le plus souvent les effets sur les populations de bioagresseurs (dans 40 % des références) et la fertilisation azotée du suivant (37 %), et moins fréquemment les effets sur la structure du sol (23 %) (figure 5). Ces effets sont quantifiés dans 38 des 100 références : celles-ci chiffrent toutes l'effet du précédent sur la fertilisation azotée du suivant

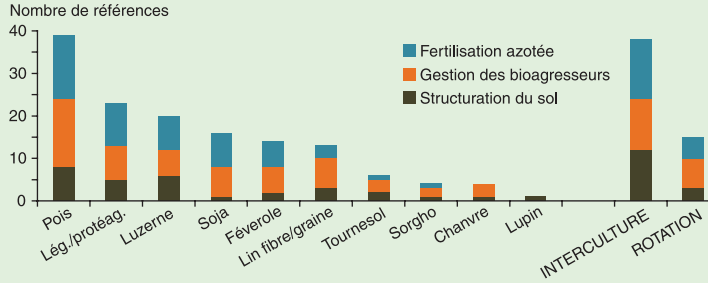


Figure 5. Nombre de références évoquant chacun des effets précédent à propos d'une espèce ou d'une pratique (interculture ou allongement de la rotation) en particulier.

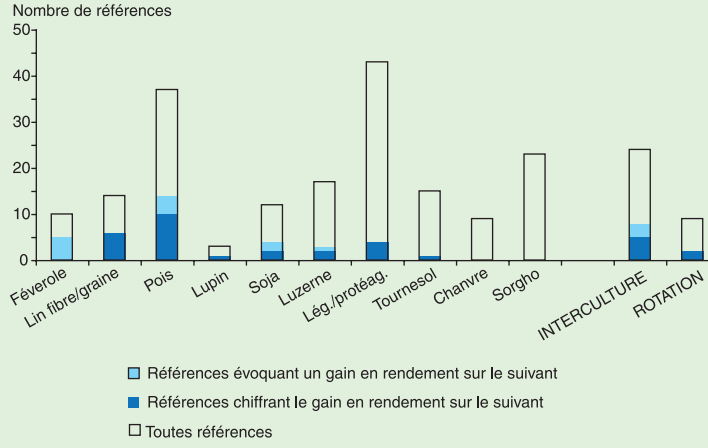


Figure 6. Nombre de références évoquant et chiffrant l'effet des cultures de diversification sur le rendement de la culture suivante.

et plus rarement la réduction d'utilisation d'herbicides sur le suivant. L'effet sur la fertilisation azotée du suivant est évoqué et chiffré pour toutes les légumineuses sauf le lupin, et évoqué mais non chiffré pour le lin graine et le sorgho. Cet effet est toujours positif (réduction possible de la fertilisation azotée du suivant) sauf pour le sorgho, qui entraîne, d'après ces références, une fertilisation azotée plus importante de la culture suivante.

L'effet sur le rendement de la culture suivante est évoqué dans 49 des 220 références, et concerne toutes les cultures sauf le chanvre et le sorgho. Pour ces cultures (lin, pois, lupin, soja, luzerne, tournesol) excepté la féverole, des chiffres sont disponibles (figure 6). Dans 60 % des cas, la culture suivante considérée est une céréale à paille et le gain de rendement est comparé au rendement obtenu après une céréale à paille ; pour le pois, la culture suivante considérée est dans certains cas le colza.

Une évaluation de l'intérêt économique variable selon l'échelle temporelle considérée

Un quart des références évoque la rentabilité économique des cultures. Les grandeurs utilisées sont généralement la marge (marge brute le plus souvent, semi-directe ou semi-nette incluant le coût d'amortissement du matériel et de la main-d'œuvre plus rarement) ou uniquement le niveau de charges, parfois le produit brut ou la valeur ajoutée. L'échelle est pluriannuelle dans près de la moitié des cas (tableau 2), indiquant l'intérêt économique de l'introduction d'une culture de diversification sur la rotation, sur le suivant ou sur l'assolement (en tenant compte des effets précédent). Cependant, les données chiffrées pluriannuelles ne concernent quasiment que le pois, la luzerne et le lin oléagineux.

Tableau 2. Références abordant l'intérêt économique de la diversification en fonction de l'échelle temporelle considérée (en %).

Intérêt de la culture de diversification abordée sur la seule année de culture	51
Intérêt de la culture de diversification prenant en compte ses effets sur la culture suivante	24
Intérêt de la culture de diversification prenant en compte ses effets au niveau de la rotation	25

L'évaluation de l'intérêt économique des cultures de diversification à l'échelle annuelle montre des résultats nuancés (figure 7) : elles sont jugées moins intéressantes que d'autres cultures dans près de la moitié des cas, en particulier lorsque ces comparaisons sont appuyées par des chiffres. Les comparaisons sont données le plus souvent par rapport au blé, et également au colza dans certains cas. En revanche, les références évaluant l'intérêt économique à l'échelle pluriannuelle sont moins souvent quantifiées, mais indiquent toujours un intérêt positif de l'introduction de la culture de diversification.

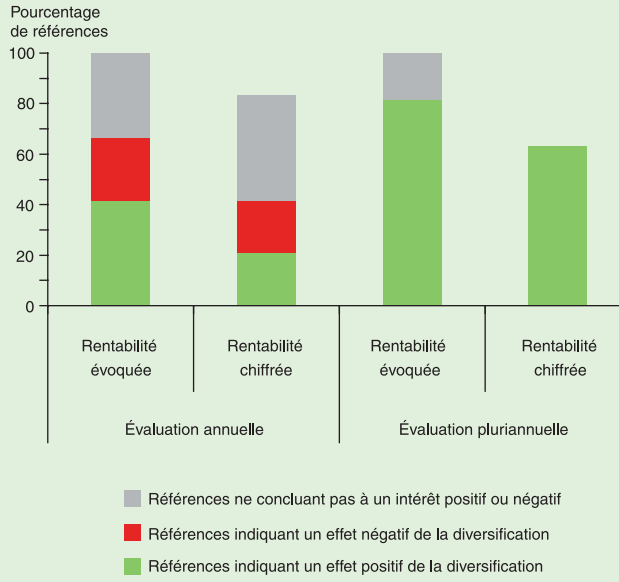


Figure 7. Références évoquant ou quantifiant l'intérêt économique de la diversification selon l'échelle temporelle considérée et la conclusion apportée (en %).

Cependant, alors que des références importantes ont été élaborées dans les bassins de production historiques des cultures de diversification, elles restent trop faiblement diffusées au niveau national, semble-t-il pour des raisons de compétition entre bassins. Un travail sur l'établissement de références locales est nécessaire pour tenir compte des particularités pédoclimatiques de chaque bassin, et un renforcement de la coordination et des échanges de références entre bassins souhaitable, si on veut favoriser la diversification.

On assiste actuellement au développement de nouveaux outils pour la conception de rotations diversifiées (encadré 4). Ces outils semblent remporter un certain succès auprès des organisations les ayant testés, mais ils sont trop récents pour qu'il soit possible d'estimer leur portée. Ils sont intéressants pour aider à structurer l'analyse des interactions entre les cultures d'une succession, mais il reste nécessaire d'enrichir leur paramétrage pour des cultures peu référencées.

Encadré 4. Deux outils pour la conception et l'évaluation des systèmes de culture.

Persyst est un outil de simulation développé par l'Inra, destiné aux acteurs de terrain (conseillers agricoles, animateurs de bassins versants) : il permet d'évaluer les performances agronomiques et environnementales des systèmes de culture selon des itinéraires techniques de référence, et ainsi d'apprécier les conséquences de l'introduction d'une nouvelle culture dans la rotation. Actuellement, il n'est paramétré que pour la Bourgogne et l'Eure-et-Loir, à dires d'experts locaux, et est en cours de déploiement, en collaboration avec différents acteurs de la R&D (recherche et développement).

Le guide **Stephy**, issu des travaux du Corpen et du Réseau mixte technologique « Systèmes de culture innovants » (RMT SdCi, créé en 2007, qui regroupe des acteurs de la recherche, du développement et de la formation), transmis aux chambres d'agriculture et aux instituts techniques, a pour but d'éclairer la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires, en s'appuyant notamment sur un allongement des rotations culturales. Il sera bientôt complété de l'outil web collaboratif Agro-PEPS, outil d'information technique et d'échanges du RMT SdCi, à destination notamment des agriculteurs, conseillers agricoles et enseignants.

Des dynamiques d'apprentissage des agriculteurs à prendre en compte

Si la progression rapide des surfaces en colza des dernières décennies montre la capacité des agriculteurs à adopter rapidement de nouvelles cultures, il est nécessaire que se mette en place un processus d'apprentissage autour de ces cultures. Divers travaux ont en effet montré l'importance des échanges entre agriculteurs et des dynamiques collectives dans l'adoption de nouvelles pratiques, par exemple le passage à l'agriculture de conservation, à l'agriculture biologique ou à la production intégrée. L'activité en groupe et le témoignage de ceux qui ont testé des innovations permettent de consolider les changements de pratiques. L'expérience prend un statut de référence nouvelle crédible parce qu'elle est mise en œuvre par un confrère, ce qui complète les références techniques issues de dispositifs expérimentaux, dont la faisabilité en ferme peut toujours être mise en doute. Des experts notent l'importance des agriculteurs *leaders* sur le terrain, dont l'influence peut être plus grande que celle des conseillers.

Mais l'apprentissage par l'expérience nécessite du temps, souvent plusieurs campagnes. Or des experts soulignent le fort impact d'une mauvaise récolte sur l'abandon d'une culture. Il semble que chez la plupart des agriculteurs, une nouvelle culture introduite ne supporte pas plus d'un ou deux échecs (accidents climatiques, problèmes de récolte, par exemple). De plus, un échec sur une culture de diversification paraîtra plus lourd que sur une culture habituelle : plusieurs experts soulignent que les agriculteurs implantent fréquemment les nouvelles cultures (surtout si elles sont réputées rustiques) dans leurs parcelles à faible potentiel. Or ils acceptent plus facilement des rendements médiocres

pour une culture connue (on rend la parcelle responsable du mauvais résultat) que pour une production nouvelle (rendue responsable de l'échec).

Ainsi, le succès de l'introduction d'une nouvelle espèce sur un territoire nécessite que sa culture soit bien maîtrisée techniquement afin de réduire les risques d'une contre-performance dès les premières années. Un rendement plus faible qu'attendu peut décourager les producteurs, surtout si on ne sait pas l'expliquer : les experts soulignent qu'il manque souvent aux agriculteurs et aux conseillers la capacité de réaliser un diagnostic de la variabilité des performances locales pour comprendre les échecs. Il faut également laisser le temps aux agriculteurs de conforter leur connaissance de la nouvelle culture par l'échange autour d'expériences de terrain en plus des références expérimentales. Un appui méthodologique et financier à la construction et à l'évaluation de ces expériences de terrain constituerait sans nul doute un levier intéressant.

À l'échelle de l'exploitation, s'adapter aux contraintes internes

Les contraintes liées au parcellaire et à l'assolement

La qualité des terres, en particulier les caractéristiques des parcelles jugées « mauvaises » ou « difficiles » (terres caillouteuses superficielles, séchantes ou trop humides, etc.), réduit l'éventail de cultures possibles, notamment les cultures de printemps dont l'implantation risque d'être malaisée à la fin de l'hiver, ou qui risquent de souffrir de la sécheresse au printemps. Certaines plantes requièrent des caractéristiques de sol particulières, comme le lupin qui n'est pas cultivable sur les terres calcaires.

Le délai de retour sur la même parcelle de certaines cultures de diversification peut rendre difficile leur intégration à des rotations. En effet, pour limiter les risques phytosanitaires, on conseille pour chaque culture de respecter un délai de retour plus ou moins long suivant le type de bioagresseurs concernés et la sensibilité de la culture. Lin, chanvre et luzerne ont des délais de retour conseillés particulièrement longs (six à sept ans pour le lin, cinq à sept ans pour le chanvre selon les sources, etc.). Il est donc nécessaire d'insérer ces cultures dans des rotations déjà longues, ou de limiter leur proportion dans la SAU afin que la culture ne revienne pas trop fréquemment sur la même parcelle. Des délais de retour moins longs peuvent poser problème dans des zones à rotations très courtes. Ainsi dans le Tarn et le Lauragais, les agriculteurs ont introduit le pois chiche dans des rotations courtes céréales-tournesol, en le faisant revenir tous les deux ou trois ans sur une parcelle pour valoriser son effet sur le rendement de la culture suivante ; le non-respect du délai de retour préconisé (quatre ans) a conduit à de lourds dégâts dus à l'anthracnose, puis à l'arrêt du pois chiche sur cette zone durant une dizaine d'années. Le délai de retour doit en outre tenir compte des autres cultures de la rotation appartenant à la même famille botanique ou sensibles aux mêmes bioagresseurs : la recommandation de ne semer une crucifère que tous les quatre à cinq ans (à cause de la forte pression des maladies et des insectes ravageurs) conduit à introduire la moutarde plutôt en substitution au colza qu'en allongement de la rotation.

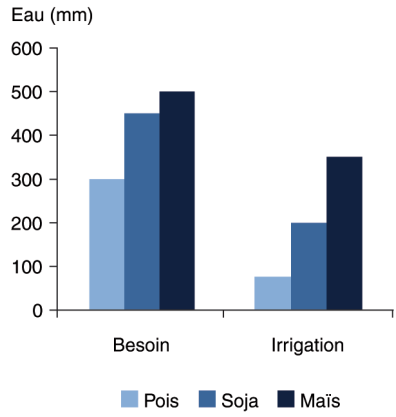
Le caractère pluriannuel de la luzerne peut aussi être un frein à son introduction puisqu'elle immobilise des parcelles, réduisant ainsi la flexibilité du système. En revanche, les cultures pérennes peuvent être intéressantes pour valoriser des parcelles trop petites ou trop éloignées.

Les contraintes et opportunités liées aux ressources en eau

En 2010, l'irrigation était pratiquée sur 40 % des surfaces en maïs grain et semence, 51 % en soja, 18 % en sorgho et 4 % en tournesol (Agreste). L'introduction dans les rotations de cultures peu exigeantes en eau permet de réduire la demande en eau à l'échelle de l'exploitation et du territoire et de valoriser des sols à faible réserve utile. Des cultures comme le pois chiche (légumineuse qui supporte le mieux les déficits hydriques), le pois, le soja et le sorgho peuvent représenter une bonne alternative au maïs, qui présente l'inconvénient d'avoir son pic de demande en eau au moment des périodes d'étiage. Le soja et plus encore le pois ont des besoins hydriques inférieurs à celui du maïs (figure 8). Le pois de printemps présente en outre l'avantage de situer ses besoins en eau à la fin du printemps, contrairement au maïs et au soja qui ont des besoins plus tardifs ; l'introduction de cette culture dans l'assolement peut donc faciliter la gestion de l'eau à l'échelle de l'exploitation.

De manière générale, les semis d'hiver permettent un enracinement plus profond et donc une meilleure résistance à la sécheresse que les semis de printemps. Ainsi, l'arrivée en 1995 des variétés d'hiver a permis la culture du lin oléagineux dans des régions plus exposées au stress hydrique estival du fait de terres à réserve en eau plus faible (comme les régions Centre, Poitou-Charentes, Pays de la Loire, Bourgogne).

Figure 8. Besoins totaux en eau des cultures et contribution moyenne de l'irrigation à la satisfaction de ces besoins dans les systèmes irrigués français.



Source : Unip-ITCF, Inra-SupAgro Montpellier.

Le fait que certaines cultures (la luzerne par exemple) valorisent bien les apports d'eau peut être un atout pour leur développement dans des exploitations disposant d'un système d'irrigation. À l'inverse, des restrictions d'eau sur des surfaces irriguées pourraient conduire soit à diversifier les assolements en intégrant des cultures peu consommatrices d'eau, soit au contraire à les simplifier par la suppression des cultures les plus consommatrices.

Les contraintes liées au matériel et au stockage

Certaines cultures nécessitent un matériel de semis ou de récolte spécifique. Cette contrainte implique soit un investissement de la part de l'agriculteur, soit une organisation au sein du bassin de production : entre agriculteurs (matériel en commun au sein d'une coopérative d'utilisation de matériel agricole, ou Cuma), avec des entreprises de travaux agricoles (prestation pour le semis ou la récolte) ou avec les entreprises de l'aval (récolte prise en charge par le transformateur), ce qui peut induire des contraintes d'organisation pour l'agriculteur.

Si le sorgho ou les protéagineux considérés dans l'étude peuvent être cultivés avec le même matériel que les céréales, le tournesol nécessite un semoir monograine et un matériel de récolte que ne possèdent pas les exploitations ne cultivant pas de maïs. De même, le chanvre requiert un matériel de récolte spécifique. Dans les bassins de production historiques (structurés autour de la Chanvrière de l'Aube, d'Interval Eurochanvre et de PDM Industries), les agriculteurs sont responsables de la récolte et la réalisent en général eux-mêmes avec leur propre matériel (moissonneuse-batteuse pour récolter les graines, puis faucheuse pour la paille). L'organisation est totalement différente dans les nouveaux bassins de production (autour d'Euralis et de la Cavac), où la récolte est réalisée par des entreprises de travaux agricoles contractualisées avec les coopératives, et facturée à l'agriculteur. Il semble plus facile pour des agriculteurs de se lancer dans la culture du chanvre dans un bassin où il est possible de sous-traiter la récolte. Toutefois, la recherche de l'amortissement d'investissements importants peut avoir pour conséquence positive une plus forte implication des agriculteurs sur le long terme.

Lorsque l'agriculteur commercialise sa production auprès d'un courtier ou d'un négociant, il est obligé de la stocker. Cette contrainte représente un frein à la diversification, puisqu'elle nécessite de disposer d'autant de cellules de stockage que de productions récoltées à la même période. Elle représente également un frein aux cultures dont le stockage est le plus délicat, comme le lin oléagineux. Le stockage à la ferme peut aussi être rendu obligatoire ou encouragé par des coopératives (cas, pour le chanvre, de la Chanvrière de l'Aube et de la Cavac).

La main-d'œuvre et le temps de travail

Le travail agricole par hectare de SAU tend à se réduire : il a ainsi diminué de 18 % entre 2000 et 2010 dans les exploitations spécialisées en grandes cultures. Or on peut penser que l'augmentation du nombre de cultures différentes dans l'assolement tend à accroître

le temps de travail par hectare (suivi, rinçage et adaptation du matériel, tâches administratives, etc.). Une étude par simulation a montré que les assolements comportant le plus grand nombre de cultures requièrent en effet le plus de travail, mais la différence est faible, de l'ordre de 0,5 heure par hectare et par an.

Dans les situations de polyculture-élevage ou de pluriactivité, les agriculteurs peuvent être incités à simplifier leur système de culture, ou au contraire à intégrer des cultures peu contraignantes afin de consacrer plus de temps aux animaux ou à leur seconde activité. Des cultures comme le chanvre sont alors particulièrement appréciées parce qu'elles nécessitent peu de traitements et donc peu d'heures de travail.

L'introduction d'une nouvelle culture dans l'assolement peut induire une accentuation des pointes de travail ou au contraire une répartition plus homogène du travail sur l'année. Ces effets peuvent être un atout ou une contrainte selon les priorités de l'agriculteur. Certains préféreront grouper les travaux pour éviter de ressortir et nettoyer du matériel plusieurs fois ou pour dégager des périodes libres, tandis que d'autres préféreront étaler la charge de travail pour occuper une main-d'œuvre disponible. Toutefois, le recours croissant à des entreprises de travaux agricoles fait évoluer la question des pics de travail.

Le contexte économique de l'exploitation agricole

Un choix en environnement incertain

Considérée comme l'un des déterminants majeurs des choix d'assolements, l'optimisation du revenu devient plus difficile en situation d'incertitude. Dans un contexte de forte variabilité des prix et d'incertitudes climatiques croissantes, auquel s'ajoute une méconnaissance des intérêts à long terme (sur la rotation) de la diversification, les producteurs sont incités à adopter une vision à court terme. Lorsque les prix des cultures principales sont élevés, les agriculteurs privilégient ces cultures même si le prix des cultures de diversification est lui aussi tiré vers le haut ; ils se posent davantage la question de la diversification quand les prix sont bas.

Une répartition des risques par la diversification ?

La diversification de l'assolement permet de réduire les risques liés à la fluctuation des cours des matières premières et aux accidents climatiques ou sanitaires une année donnée. Cet aspect est évoqué par les centres de gestion (Cerfrance), parmi d'autres solutions, pour faire face à la volatilité des prix.

Toutefois, les centres de gestion disent observer que beaucoup d'agriculteurs semblent réfléchir leur assolement en fonction des prix d'intérêt et des logiques de marché plutôt qu'en fonction de raisonnements technico-économiques intégrant les effets des successions culturales. Les agriculteurs de type entrepreneurs, qui représentent 10 à 20 % de la population et sont en augmentation, ont des stratégies fondées sur l'adaptation au marché et sont prêts à prendre des risques. Cette attitude « opportuniste » nécessite une forte flexibilité des systèmes de culture, permettant des choix de production « réactifs »

aux contextes de prix ou de climat. Cette logique peut pénaliser des cultures pérennes ou pluriannuelles comme la luzerne, mais aussi faciliter l'adoption de cultures de diversification peu exigeantes en ressources naturelles et peu contraignantes quant à leur insertion dans les rotations.

La contractualisation peut en partie réduire l'incertitude et soutenir une logique pluriannuelle. Dans certains contrats, les prix sont fixés ou indexés à l'avance, ce qui représente une sécurité pour l'agriculteur (lin oléagineux, moutarde brune en Bourgogne). Certaines cultures comme le pois sont peu soumises aux fluctuations des cours, même si elles sont hors contrat. Toutefois, même dans ces situations de prix peu fluctuants, la variabilité des rendements de la nouvelle culture reste une source de risque, particulièrement dans la phase d'apprentissage où les itinéraires techniques sont mal maîtrisés.

Freins et leviers au niveau de la collecte-stockage

Le choix des cultures à implanter est généralement réalisé conjointement entre producteurs et collecteurs, ces derniers pouvant influencer leurs sociétaires. Pour les coopératives, le principal paramètre guidant ces choix stratégiques est la rentabilité des cultures, qui dépend notamment des volumes à collecter et du prix du marché. Cette exigence de rentabilité a conduit les coopératives à adopter des stratégies fondées sur des économies d'échelle, sur l'ensemble du territoire agricole. Or ces stratégies de volumes génèrent divers freins à l'adoption de cultures de diversification, liés notamment à la faiblesse des collectes et à leurs coûts logistiques. Aussi, les experts soulignent que des coopératives ne collectent certaines cultures de diversification (en particulier le pois protéagineux) que par devoir d'engagement auprès de leurs adhérents. À ces problèmes de logistique s'ajoute la spécificité technologique de ces cultures, qu'un conseil agricole trop lié au système des cultures dominantes ne peut aider à maîtriser.

La tendance à la spécialisation sur les cultures dominantes

Les stratégies de volumes des coopératives pour des économies d'échelle

La dérégulation des outils d'intervention de la PAC a progressivement mis en place un marché des matières premières agricoles concurrentiel, qui conduit les coopératives à favoriser des cultures ayant des prix rémunérateurs et un marché connu, dont les évolutions peuvent être anticipées. De plus, la stratégie des opérateurs est de commercialiser des volumes importants conférant un plus grand pouvoir de marché sur un petit nombre d'espèces, plutôt que des volumes faibles d'un grand nombre d'espèces — ce qui conduit à une forte spécialisation des systèmes de production. Cette stratégie de volume est renforcée pour les espèces ayant de plus forts rendements à l'hectare. Alors qu'un hectare de blé meunier en 2006 pouvait produire en moyenne 7 t de grains, vendues au prix de

135 €/t, un hectare de pois protéagineux donnait 4 t, vendues 150 €/t. Devant un tel écart de chiffre d'affaires, de 345 €/ha en faveur du blé, la logique commerciale conduit les organismes stockeurs (OS) à favoriser des stratégies de volumes sur des cultures comme le blé. La collecte du groupe Dijon Céréales par exemple, qui regroupe douze coopératives, est ainsi principalement tournée vers les céréales (80 %) et le colza (10 %).

Les unions de coopératives, comme InVivo, ont organisé de véritables services pour l'analyse des marchés, à destination des coopératives. Ces services sont principalement concentrés sur les marchés des cultures dominantes, sur lesquelles la France s'est spécialisée. Les cultures de diversification ne bénéficiant pas de tels réseaux et compétences, le manque d'appui aux OS pour leur commercialisation peut être un frein non négligeable.

Enfin, ces stratégies d'économie d'échelle ont pu être accentuées par le mouvement de fusion-acquisition entre coopératives, conduisant à la création de grands groupes rassemblant des milliers de producteurs sur de vastes territoires. Ces évolutions, accompagnant les processus de standardisation de la production agricole, pourraient avoir, selon certains experts, renforcé la « sélection » des espèces dominantes, au détriment d'espèces devenues aujourd'hui marginales. Ce constat est toutefois à nuancer, car certains grands groupes se positionnent aussi sur des marchés de niche, valorisant des espèces de diversification (Terrena pour le lupin, Dijon Céréales pour la moutarde ou Arterris pour le pois chiche, par exemple).

La concurrence des matières premières agricoles sur des débouchés standardisés

La concurrence des espèces dans les choix d'assolement est fortement orientée par la demande de l'aval (grande distribution et industriels). Or les cultures de diversification considérées dans l'étude sont valorisées dans de multiples débouchés, dont l'organisation des marchés varie d'une filière à l'autre. Ainsi le marché de l'alimentation humaine est-il caractérisé par une intense activité de contractualisation entre les industriels et les OS, correspondant au développement de politiques de qualité des opérateurs. À l'inverse, le marché de l'alimentation animale se caractérise par une mise en concurrence importante entre des matières premières agricoles substituables, utilisées pour la fabrication d'aliments composés standardisés (voir encadré 5, p. 51, et chapitre 3).

Les problèmes de logistique : coûts et organisation

Les opérations de collecte et de stockage génèrent des coûts divers (carburant, machines, etc.) dont la maîtrise est jugée essentielle par ces opérateurs. Au niveau des coopératives, les stratégies de diminution de ces coûts, qui vont de pair avec les stratégies d'économie d'échelle, placent là encore les cultures de diversification en situation défavorable de concurrence par rapport aux cultures dominantes. Il existe plusieurs freins « logistiques » au développement des cultures de diversification.

La collecte de cultures éparses sur le territoire

En dehors d'initiatives localisées de groupements d'agriculteurs qui s'organisent pour la production d'une espèce (pois chiche, chanvre dans certaines régions), les cultures de diversification sont en général géographiquement dispersées sur un même bassin de collecte. Ainsi, dans le bassin de production de chanvre du Sud-Ouest, certains producteurs de pailles sont situés à plusieurs dizaines de kilomètres de l'usine de défibrage. Les grandes distances entre parcelles induisent des coûts logistiques élevés par rapport au tonnage collecté. En l'absence de stratégie de développement des cultures de diversification (pois protéagineux, lupin, féverole, sorgho), l'organisation de leur collecte est secondaire pour les OS. Leur stockage peut également l'être, et les mélanges de lots hétérogènes et d'espèces (protéagineux notamment) dans un même silo sont des pratiques courantes, qui rendent difficile toute démarche de qualité pour ces productions.

Des coopératives souhaitant développer certaines cultures ont mis en place différentes stratégies pour pallier ces difficultés logistiques. Une option consiste à inciter, *via* une prime à la tonne, les agriculteurs à livrer eux-mêmes leur production au silo. Cette stratégie, qui implique que les agriculteurs possèdent leur propre matériel de transport, est notamment mise en œuvre par la coopérative Vegam sur le lin oléagineux. Une autre option consiste à tenter de regrouper géographiquement la production, en mobilisant des agriculteurs dont les exploitations sont relativement proches : c'est par exemple la stratégie développée par la Cavac pour la paille de chanvre.

La concurrence des productions dans l'organisation du travail et la disponibilité des silos

La période de récolte des cultures de diversification chevauche parfois celle des cultures dominantes, ce qui peut s'avérer problématique au niveau de l'organisation du travail sur l'exploitation agricole mais aussi de la collecte. Ainsi dans le Sud-Ouest, le sorgho se récolte à peu près en même temps que le maïs, qui est en général prioritaire pour l'allocation des ressources de transport et de stockage.

La disponibilité en silos est souvent mentionnée comme un frein majeur au développement des cultures de diversification. En effet, les volumes étant relativement faibles, les OS doivent y affecter une unité de stockage ayant souvent une capacité bien supérieure — la spécialisation des systèmes agricoles ayant conduit à plutôt investir dans des silos de grande taille, qui ne peuvent être rentabilisés avec de faibles volumes. Vouloir libérer les silos pour les cultures dominantes, prioritaires, peut conduire les coopératives à « se débarrasser » rapidement des productions marginales stockées, qui seront alors vendues peu de temps après la récolte, donc souvent pas au meilleur prix, et seront par conséquent mal valorisées. Les problèmes de logistique semblent également à l'origine d'une sous-valorisation par le marché des variétés de féveroles sélectionnées pour l'absence de facteurs antinutritionnels : en effet, les experts soulignent que beaucoup d'OS, pour limiter les coûts logistiques, ne trient pas les lots de féveroles et mélangent les variétés avec et sans facteurs antinutritionnels.

Le stockage à la ferme est également confronté à son coût d'investissement (silo) et à son coût d'opportunité (utiliser ces silos pour des cultures marginales plutôt que pour stocker des cultures dominantes dans l'attente de meilleures conditions de vente). De surcroît, certaines coopératives sont réticentes à réintégrer dans leurs silos des lots conservés à la ferme où ils n'ont pas bénéficié des mêmes conditions de stockage (suivi de la qualité).

Ainsi, les capacités logistiques et l'organisation des OS comme des agriculteurs sont des facteurs très importants pour les choix d'assolement et l'insertion ou non de cultures de diversification dans les systèmes de culture. Au-delà de la comparaison des prix sur le marché, ces considérations sont loin d'être négligeables pour ce qui concerne la diversification.

Les spécificités technologiques des espèces de diversification

Pour des coopératives ou des transformateurs, adopter une stratégie de développement de certaines espèces de diversification suppose parfois d'investir dans du matériel agricole spécifique ou de mobiliser les services d'entrepreneurs ayant acquis ce matériel. De plus, les spécificités techniques des cultures de diversification exigent aussi des connaissances avancées sur les opérations de collecte-stockage et la manipulation des productions avant leur commercialisation.

La spécificité du machinisme

La mise en culture des espèces de diversification nécessite dans certains cas des investissements spécifiques, dans d'autres de simples ajustements du parc de matériel existant. Mais la spécialisation des systèmes de culture a conduit à une standardisation du parc agricole, adapté à la culture d'un nombre réduit d'espèces. Modifier l'adaptation d'un semoir par exemple peut s'avérer un frein, mineur mais qui est mentionné, notamment quand les opérations au champ sont réalisées par des entreprises.

En chanvre, si la valorisation de la graine paraît très intéressante pour compléter les revenus tirés de la paille (dont le prix est limité par la forte concurrence de la laine de verre), il est difficile de récolter simultanément pailles et graines à un stade optimal, et la séparation des deux opérations génère un surcoût. Deux coopératives sont amenées à investir conjointement dans la conception d'outils spécifiques permettant la récolte simultanée des graines et de la paille. Pour le pois chiche, il est recommandé d'utiliser des trieurs particuliers, alors que le sorgho nécessite un séchage systématique avant le stockage, donc l'investissement dans un séchoir.

Certaines opérations peuvent requérir une maîtrise technique spécifique. La méconnaissance des conditions d'un séchage (sorgho) ou d'un stockage (graine de lin) de qualité peut alors s'avérer un frein, même s'il est relativement facile à lever par la mise en place de formations. Le stockage de la graine de lin (fragilité et risque de liquéfaction, faible cohésion des graines) a ainsi nécessité la formation des opérateurs dans les coopératives s'engageant dans la filière lin oléagineux pour l'alimentation animale.

La réduction des intrants, un objectif secondaire de la diversification

La diversification des systèmes de culture pour réduire l'usage des intrants n'apparaît pas comme une solution prioritaire dans les stratégies des OS. Elle est davantage mise en avant comme une stratégie de recherche de nouveaux débouchés pouvant apporter une valeur supplémentaire aux agriculteurs et à l'OS. Pour atteindre cet objectif d'amélioration de la performance environnementale des exploitations, beaucoup de coopératives semblent miser avant tout sur des solutions technologiques. De nombreux outils issus de « l'agriculture de précision » ont ainsi été développés pour affiner les pratiques sur les espèces dominantes, comme Farmstar, qui utilise l'imagerie satellitaire pour ajuster les apports azotés, ou encore Fongipro, outil de pilotage des céréales d'hiver visant à limiter les apports systématiques de fongicides. Les experts soulignent que les variétés résistantes ou tolérantes à certains bioagresseurs ou au stress hydrique sont également utilisées pour réduire les intrants, mais que ces types variétaux ne sont généralement disponibles que sur les cultures dominantes.

Rôle des transformateurs et des relations avec l'aval

L'INDUSTRIALISATION DE L'AGRICULTURE a rendu les choix de cultures fortement dépendants des évolutions de la demande sur le marché. Agriculteurs et coopératives structurent donc de plus en plus leurs offres en fonction des exigences de l'aval des filières. En outre, le secteur de la distribution, en mettant en concurrence industriels, transformateurs et coopératives, incite ces acteurs à minimiser leurs coûts d'achat des matières premières et à standardiser leurs procédés. Si certaines filières tentent de s'affranchir de cette concurrence, ou de stabiliser leurs approvisionnements en instaurant des cahiers des charges spécifiques pour l'utilisation de certaines matières premières, cette stratégie ne constitue pas forcément un levier pour l'utilisation des espèces de diversification ; dans certaines filières, elle renforce même les verrous à la diversification. Enfin, la concurrence entre fournisseurs peut aussi induire des stratégies limitant le développement de ces cultures.

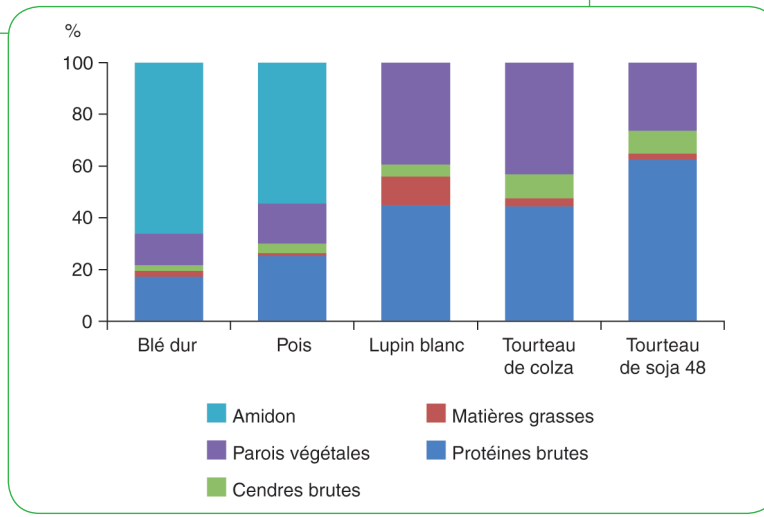
La mise en concurrence des matières premières : qualité et prix d'intérêt

Plusieurs caractéristiques de cette concurrence entre matières premières ont été identifiées comme des freins potentiels à l'utilisation de cultures de diversification. Ces caractéristiques concernent la qualité des matières premières, leurs prix sur le marché de l'approvisionnement ainsi que leur accessibilité (dans le temps et l'espace). La méconnaissance de certaines matières premières influe également sur les choix d'approvisionnement des industriels. Si ces questions se posent dans tous les secteurs industriels, celui de la fabrication d'aliments composés pour le bétail revêt une importance particulière, étant donné son poids économique et le fait qu'une grande partie des espèces de diversification considérées ici peuvent être valorisées par cette voie.

La qualité des matières premières dans le débouché de l'alimentation animale

La fabrication des aliments composés est caractérisée par la grande diversité de matières premières utilisables pour un objectif nutritionnel donné (encadré 5). La logique sur laquelle repose la formulation met en concurrence les différentes matières premières sur leur composition nutritionnelle, notamment la valeur énergétique et la teneur en protéines (figure 9).

Figure 9. Composition de quelques matières premières utilisées en alimentation animale.



Ainsi, les protéagineux sont confrontés à la concurrence très sévère du couple tourteau de soja-blé qui permet de répondre efficacement aux exigences de performance en production de porcs et de volailles, où le pois par exemple serait pourtant utilisable en grande quantité. Dans certaines filières sous label, la place accordée aux céréales étant très importante, les formulateurs ne peuvent que recourir à des matières premières très concentrées en protéines pour que l'aliment couvre les besoins des animaux en phase de croissance. Si le lupin est potentiellement l'espèce pouvant le mieux concurrencer le tourteau de soja grâce à sa haute teneur en protéines (40 %), son utilisation est freinée par des verrous technologiques (digestibilité par les monogastriques) ainsi que par l'absence d'engagement des acteurs sur cette culture. À cette concurrence déjà difficile pour les protéagineux s'ajoute celle des coproduits de l'industrie des agrocarburants, tourteaux de colza et drêches de blé notamment.

Encadré 5. Le développement des aliments composés et de la formulation en alimentation animale.

Si les fourrages représentent environ 70 % des sources d'alimentation animale (toutes filières confondues), le recours à des aliments industriels concentrés a considérablement augmenté au cours des dernières décennies. Le tonnage de ces aliments a été multiplié par dix en quarante ans et, dans certaines filières telles que les volailles, ces aliments peuvent représenter jusqu'à 80 % de la ration. Ce développement a accompagné le processus d'intensification des élevages liée à des objectifs de croissance plus rapide des animaux, qui nécessitent le recours à des aliments composés dont la formulation a été optimisée au regard des performances zootechniques des espèces. Ces aliments industriels concentrés sont dits « composés » car ils sont fabriqués à partir des différentes matières premières, associées selon des objectifs nutritionnels, mais également en fonction d'objectifs de rentabilité. Le coût de l'alimentation représentant souvent plus des deux tiers du prix de revient d'un animal (hors charges de structure), les formulateurs cherchent aussi à optimiser la formule en fonction du coût des matières premières (figure 10).

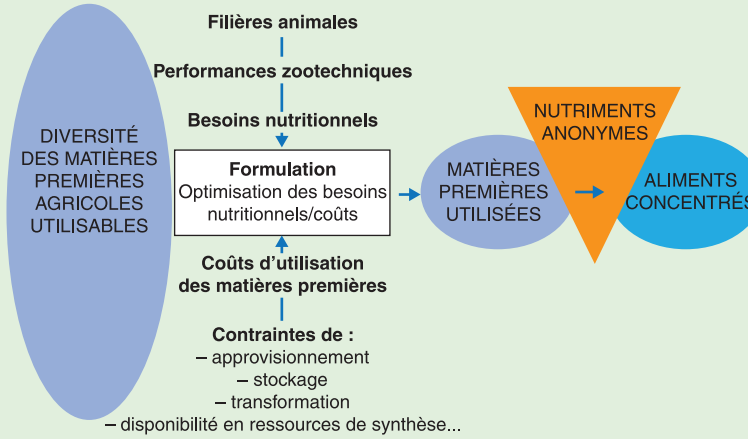


Figure 10. Schématisation de la pratique de formulation en alimentation animale.

Le principe général de la formulation des aliments composés consiste ainsi à calculer, dans une conjoncture donnée de prix, pour chaque type d'aliment destiné à une filière animale spécifique, le pourcentage d'incorporation de chaque matière première permettant d'obtenir la composition nutritionnelle souhaitée à un coût minimum. La recherche d'une compétitivité-coût plus grande a ainsi progressivement transformé la pratique de formulation en une véritable démarche d'optimisation qui, en retour, a profondément affecté l'organisation du marché des matières

premières agricoles. En effet, les fabricants d'aliments ne raisonnent pas en fonction des espèces, mais en fonction des nutriments pouvant être extraits des différentes matières premières, définissant le principe du « nutriment anonyme ».

Dans des marchés de plus en plus mondialisés, la diversité des matières premières potentiellement utilisables pour la fabrication des aliments du bétail renforce la concurrence entre celles (céréales, tourteaux de soja, de colza et de tournesol, pois, etc.) qui s'échangent essentiellement selon un principe de marché *spot*, où les cours sont fixés au jour le jour. Cette concurrence est d'autant plus forte que d'autres secteurs agro-industriels cherchent à valoriser leurs coproduits (déchets ou matières premières déclassées) sur ce marché de l'alimentation animale et que les technologies de fabrication de nutriments de synthèse ont fortement progressé. Néanmoins, malgré cette forte substituabilité des matières premières utilisables, la recherche d'économies d'échelle et d'économies de coûts de transaction (minimisation des coûts logistiques en particulier) par les industriels de la nutrition animale a conduit à recentrer les pratiques de la formulation sur un nombre d'espèces relativement restreint. Alors que les techniques de calcul peuvent permettre de créer des recettes complexes associant une grande diversité d'espèces végétales, les objectifs économiques de rentabilité ont plutôt conduit à simplifier les formules. Pour les trois grandes catégories animales que sont les porcs, les volailles et les ruminants, les formules se sont ainsi fortement recentrées sur deux familles de produits, les céréales et les tourteaux (majoritairement de soja). Depuis la fin des années 2000, on observe aussi un développement significatif de nouvelles sources d'approvisionnement liées aux drêches, pulpes et tourteaux issus des fabrications nationales d'agrocarburants. Dans un tel contexte, sans un trait de différenciation majeure lié à un avantage comparatif spécifique, et sans volume de production de taille critique, les cultures de diversification trouvent difficilement leur place dans ce marché hautement concurrentiel et dont les formules sont aujourd'hui très standardisées.

Certaines espèces de diversification présentent au contraire des caractéristiques intéressantes, qui peuvent être mises en avant dans les filières qui les valorisent. Par exemple, les propriétés nutritionnelles particulières du lin oléagineux, notamment le rapport oméga 3/oméga 6 de ses lipides, ont incité des acteurs à monter une filière valorisant l'alimentation des animaux à base de lin, la filière Bleu-Blanc-Cœur ; le lin oléagineux devient alors une matière première particulière valorisée par un débouché spécifique (voir chapitre 3). Un atout considérable de la démarche de la filière graine de lin est qu'elle ne remet pas en cause les modes de distribution de l'alimentation aux animaux et ne nécessite pas d'investissement spécifique pour l'éleveur, mais seulement une évolution des paramètres de la formulation. L'adjonction de graine de lin thermo-extrudée peut se réaliser de deux manières : par mélange à une base d'alimentation habituelle (ensilage de maïs par exemple pour les bovins) à hauteur de 5 % dans la ration ; par substitution d'une partie des composants de la ration, notamment pour les monogastriques (porcs et volailles) dont les élevages sont équipés de systèmes de distribution automatisés qui intègrent facilement ce changement.

La qualité des matières premières dans les autres débouchés industriels

Comme dans le secteur de l'alimentation animale, l'absence de demande spécifique pour une certaine qualité place les filières valorisant les cultures de diversification en concurrence avec d'autres filières. C'est le cas notamment pour le lin et le chanvre utilisés dans la fabrication de panneaux d'isolation pour la construction. Ces panneaux, dont les coûts de production sont relativement élevés, percent difficilement face à la concurrence des panneaux en laine de verre, moins chers et très répandus. La qualité du produit n'est évaluée principalement qu'à partir de son pouvoir isolant : l'absence d'affichage clair des externalités environnementales positives des panneaux de chanvre, par rapport à la laine de verre, est défavorable au développement de la culture du chanvre (voir chapitre 3).

L'accès aux matières premières pour les usines de transformation

En l'absence de différenciation de qualité reconnue par le marché et le consommateur, les espèces de diversification seront donc achetées en fonction de leur prix relatif par rapport aux espèces dominantes concurrentes. En alimentation du bétail, une matière première est incorporée dans un aliment composé si son prix d'achat est inférieur ou égal au « prix d'intérêt », qui est le prix maximal à payer pour l'optimisation de la formulation. Le prix d'intérêt d'une matière première dépend du cours sur le marché des matières premières, mais également de son accessibilité, c'est-à-dire des coûts liés à son acheminement et de la régularité de l'approvisionnement. Une offre limitée en volume, dispersée sur le territoire ou éloignée des utilisateurs (« le porc est en Bretagne, le pois n'y est pas »), pénalise les espèces de diversification. Pour les industriels, il est souvent plus intéressant de s'approvisionner sur le marché mondial en matières premières toujours disponibles dans les silos européens, avec des compositions constantes et à des coûts réduits (stratégies de volumes), que de tenter de mettre en place des approvisionnements locaux.

L'incertitude (réelle, crainte ou alléguée) sur l'approvisionnement des usines aurait ainsi freiné l'initiative de Terrena pour monter une filière lupin valorisée dans l'alimentation des ovins, et celle de Céréales Vallée pour développer du triticale destiné à l'alimentation des productions sous label Volailles d'Auvergne.

À l'inverse, l'industriel Valorex, inscrit dans une filière qualité tracée, cherche à s'affranchir de la production non tracée disponible sur le marché mondial et à sécuriser un approvisionnement local en lin oléagineux en développant une stratégie de contractualisation vers l'amont pour inciter les agriculteurs à cultiver du lin (voir chapitre 3). En Bourgogne, les industriels de la moutarde sont parvenus, en travaillant avec des coopératives et en profitant de l'essor des variétés utilisées comme Cipan, à créer un approvisionnement local en graines de moutarde ; celui-ci reste toutefois marginal par rapport aux importations, la stratégie mise en place ne permettant pas le développement de la production sur le territoire français.

Le coût de transformation de la matière première

Les procédés de transformation industriels ont évolué vers une standardisation, alors que les espèces de diversification peuvent présenter des spécificités technologiques requérant des investissements supplémentaires. Ainsi, les usines de trituration se sont orientées vers des procédés colza (dépelliculage du tourteau qui améliore sa valorisation en alimentation animale) et tournesol ; la graine de soja, dont la trituration est plus onéreuse et moins rentable, est moins valorisée par ce débouché qui est donc très faible (excepté en agriculture biologique). Pour la luzerne déshydratée, la suppression de l'aide à la déshydratation a augmenté les coûts nets, conduisant à la fermeture de certaines usines de déshydratation, mais aussi à la recherche d'énergies alternatives aux énergies fossiles, de modes de récolte permettant une réduction du coût énergétique (préséchage à plat), et à un regain d'intérêt dans les élevages pour la luzerne utilisée directement (pâturage, fauche).

Les possibilités de valorisation des graines oléoprotéagineuses reposent en grande partie sur le développement d'une technologie permettant d'une part d'éliminer les facteurs antinutritionnels présents dans la plupart de ces graines (grâce à la cuisson), et d'autre part d'améliorer l'accessibilité à l'huile et à l'amidon (grâce à l'extrusion qui détruit les parois cellulaires) et de protéger certaines protéines des graines. Le coût relativement élevé de l'extrusion rend difficile la valorisation des graines pour des débouchés classiques en alimentation animale (soja, lupin) ; cette valorisation est plus facile dans des filières de qualité (Bleu-Blanc-Cœur notamment, voir chapitre 3) grâce à la valeur ajoutée tirée de la vente des produits.

La méconnaissance de certaines espèces

Certaines espèces ont une image négative auprès des industriels, parfois injustifiée mais forgée par de mauvaises expériences et un manque de connaissances techniques, et parfois fondée sur les qualités nutritionnelles des graines. Il en est ainsi de la mauvaise image du sorgho (conditions de séchage et maladies), de la féverole (facteurs antinutritionnels) et du lupin (« fait exploser les usines », qualité nutritionnelle méconnue).

Les cahiers des charges : contraintes ou atouts ?

Les cahiers des charges peuvent être plus ou moins contraignants pour les producteurs, en fonction des objectifs selon lesquels ils ont été élaborés. Certains cahiers des charges « simples » portent uniquement sur des caractéristiques de la production visant à faciliter la transformation par l'industriel. D'autres comportent en outre des critères visant à différencier la production de la production classique du marché. C'est le cas notamment des cahiers des charges des filières sous label, qui prescrivent certains produits, variétés ou pratiques pouvant parfois orienter fortement la production en amont. Potentiellement donc, l'utilisation d'une espèce de diversification, inscrite dans un cahier des charges, peut être un moyen d'inciter les agriculteurs et les OS à s'engager dans sa production.

Ainsi le cahier des charges de la filière Bleu-Blanc-Cœur innove-t-il en imposant des obligations de moyens (pratiques) mais aussi de résultats (teneurs en oméga 3 des produits finaux), qui conduisent les opérateurs à utiliser le lin oléagineux (voir chapitre 3).

Les limites dans les cahiers des charges

Dans un contexte de marché des matières premières fortement concurrentiel, il apparaît que les cahiers des charges sont soit trop restrictifs (exemple du Label rouge limitant l'incorporation des protéagineux), soit pas assez (cahiers des charges privés interdisant seulement certaines matières premières, par exemple celles issues d'organismes génétiquement modifiés, ou OGM) pour être un levier pour l'utilisation de matières premières.

Ainsi, la production de poulets Label rouge exigeait une alimentation composée à 70 % de céréales, ce qui laissait peu de place à l'aliment protéique, et favorisait donc les matières premières à forte concentration protéique comme le tourteau de soja. Si la réglementation du label a récemment évolué pour imposer 5 % de protéagineux dans les rations, les industriels semblent avoir aujourd'hui des difficultés à s'approvisionner en protéagineux pour remplir cette exigence. Un autre exemple est l'exigence qualité du Label jaune portant sur la couleur des jaunes d'œuf : une alimentation à base de sorgho ne permettant pas d'obtenir la pigmentation requise sans recours à des pigments de synthèse, l'alimentation au maïs est privilégiée par les formulateurs de cette filière.

L'étiquetage des produits non OGM a permis à plusieurs filières de présenter des produits différenciés sur les marchés, et de diversifier leurs ateliers de fabrication d'aliments. Ces stratégies de différenciation ont un temps été vues comme un moyen d'utiliser des matières premières riches en protéines d'origine communautaire. Mais finalement les acteurs se sont orientés vers la mise en place de filières d'approvisionnement tracées à l'étranger, notamment au Brésil. La valeur ajoutée dégagée par la vente de produits non OGM a permis de financer la traçabilité d'un approvisionnement en tourteau de soja non OGM, plutôt que de remonter des filières de production de protéagineux en France.

La définition des standards et les risques des cahiers des charges trop contraignants

Les catégories d'acteurs participant à la définition des standards dans les cahiers des charges semblent varier selon les filières. Le niveau de participation des agriculteurs dans ces négociations apparaît très variable, fortement dépendant en particulier du fonctionnement des coopératives auxquelles ils adhèrent. Un exemple est le cahier des charges établi par Valorex sur le lin oléagineux (voir chapitre 3), qui a dû être renégocié plusieurs fois devant les difficultés rencontrées par les producteurs à satisfaire les contraintes imposées (sur la teneur en oméga 3 notamment).

En alimentation humaine, les cahiers des charges imposent souvent des traitements et une charge de travail supplémentaires à l'hectare. Le risque de déclassement de la production, si elle ne remplit pas les standards, peut dissuader les producteurs de s'engager dans de telles filières. C'est notamment le cas de la féverole destinée au marché

égyptien ou du soja utilisé dans les *soyfood* (différence de 100 €/t entre l'alimentation humaine et l'alimentation animale).

Conclusion : les freins et leviers identifiés

La compréhension des freins et leviers à la diversification des espèces doit être abordée au travers d'une vision systémique considérant l'ensemble des maillons des filières : les semenciers et fournisseurs de produits phytosanitaires, les agriculteurs, les organismes de collecte-stockage et de conseil, les transformateurs, les distributeurs. Selon les espèces de diversification considérées, les freins peuvent apparaître au niveau d'un seul ou de plusieurs de ces maillons.

Pour l'ensemble des filières, le frein majeur concerne la taille du marché de ces espèces de diversification. Sur des marchés de niche à faible volume, les entreprises semencières et phytopharmaceutiques ne sont pas incitées à développer des variétés et produits phytosanitaires pour les espèces concernées, dont les coûts de développement et d'homologation peuvent être trop élevés au regard du rendement attendu de ces investissements. Cependant, si la recherche publique reste largement orientée en faveur des espèces dominantes, des initiatives privées ainsi que des réseaux de partenariats entre acteurs publics et privés se maintiennent ou émergent selon les espèces, correspondant à une ouverture de marché ou à une anticipation des besoins à venir.

Certains maillons des filières sont plus contraints par certains types de freins. Ainsi, du côté des producteurs, l'incertitude sur l'avenir liée à la forte variabilité du contexte règlementaire, des conditions climatiques et du prix des céréales incite à des stratégies de court terme qui ne favorisent pas l'introduction de cultures de diversification. C'est pourquoi les intérêts agronomiques et économiques de la diversification des cultures, qui s'expriment sur le moyen et le long terme, et s'apprécient en pluriannuel, nécessitent d'être davantage mis en avant, sur la base de la consolidation des références agronomiques et économiques concernant leurs performances au niveau de la rotation. De plus, l'adoption et le maintien de certaines cultures de diversification sont freinés par l'inexistence ou la faible diffusion de connaissances écophysiologiques et de références locales concernant leur conduite, aboutissant à des échecs difficilement compréhensibles pour les agriculteurs et auxquels ils répondent par l'abandon rapide de la culture. L'accompagnement des agriculteurs dans la phase d'apprentissage de la culture d'une nouvelle espèce, par le renforcement des réseaux d'expérimentation et de conseil, mais aussi par le partage d'expériences innovantes au sein de groupes d'agriculteurs, semble crucial afin d'assurer le maintien de ces cultures dans les exploitations et territoires où elles ont été introduites. À ce frein s'ajoutent les contraintes techniques et organisationnelles auxquelles peut conduire l'ajout d'une culture supplémentaire, et qui peuvent faire pencher la balance vers une simplification des assolements et rotations.

Du côté des organismes stockeurs, une plus grande diversification pose également des problèmes d'organisation logistique, même si l'intensité de cette contrainte est variable selon la taille des exploitations et l'ampleur des économies d'échelle. L'optimisation de l'outil industriel et de l'activité économique (collecte, stockage, approvisionnement en intrants) et de développement (conseil) par ces organismes passe par des stratégies de volumes sur un petit nombre d'espèces dominantes. Cela vient renforcer l'intérêt des agriculteurs à privilégier ces cultures, connues et maîtrisées. Enfin, même si la spécialisation des activités de transformation industrielle a conforté la logique de spécialisation des bassins de production, le développement d'innovations technologiques dans les procédés peut néanmoins contribuer à développer l'usage de nouvelles espèces. Ces innovations technologiques accompagnent souvent des innovations de produits destinés à conquérir de nouveaux débouchés. La recherche de nouvelles valeurs ajoutées peut ainsi conduire les opérateurs des filières à favoriser la production des espèces de diversification, mais la qualité de la coordination de ces acteurs sera déterminante pour consolider la chaîne de production depuis l'amont face aux différents types de freins qui ont été exposés. L'analyse de la nature de ces coordinations sera au cœur des trois études de cas approfondies qui suivent.

3 – Étude approfondie de trois filières

Le panorama des différentes filières dans lesquelles sont valorisées les espèces de diversification considérées dans l'étude ainsi que le cadre théorique mobilisé ont permis de construire plusieurs hypothèses quant à l'impact de l'organisation des filières sur le choix de diversification des cultures. En effet, si l'existence de débouchés commerciaux est une condition nécessaire au développement des cultures, cette condition n'est pas suffisante. Le mode de coordination verticale des filières, à travers la structuration de leurs différents maillons, apparaît comme un facteur explicatif clé des freins et leviers possibles au développement de ces cultures. Ce diagnostic a guidé le choix, pour les études de cas approfondies, de trois filières représentatives des modes possibles de coordination verticale.

– *Le pois protéagineux en alimentation animale :* ce premier cas d'étude décrit une filière dont le degré de coordination verticale est faible, puisque le mode de coordination dominant est le marché *spot* et le produit de la culture est une « commodité » en concurrence avec les autres matières premières utilisables dans les rations. Cette concurrence s'avère défavorable au pois, ce qui freine considérablement le développement de sa culture.

– *Le lin oléagineux en alimentation animale :* contrairement à celle du pois, cette filière est très fortement coordonnée. Un industriel/transformateur unique (Valorex) signe des contrats avec les producteurs, spécifiant des cahiers des charges, pour un approvisionnement en graines de qualité. La construction de cette filière de niche repose sur une stratégie de différenciation sur le marché, basée sur la mise en place d'un label (Bleu-Blanc-Cœur) arguant d'une certaine qualité nutritionnelle des produits issus d'animaux alimentés avec des graines de lin.

– *Le chanvre industriel, destiné au marché de l'isolation :* par rapport aux deux formes polaires précédentes (coordination faible ou forte), la filière chanvre connaît un degré de coordination « intermédiaire ». Si l'amont de la filière est très coordonné autour de coopératives, la multiplicité des débouchés à l'aval crée une situation de concurrence qui freine le développement de produits finis (panneaux d'isolation) face aux alternatives de marché (laine de verre par exemple).

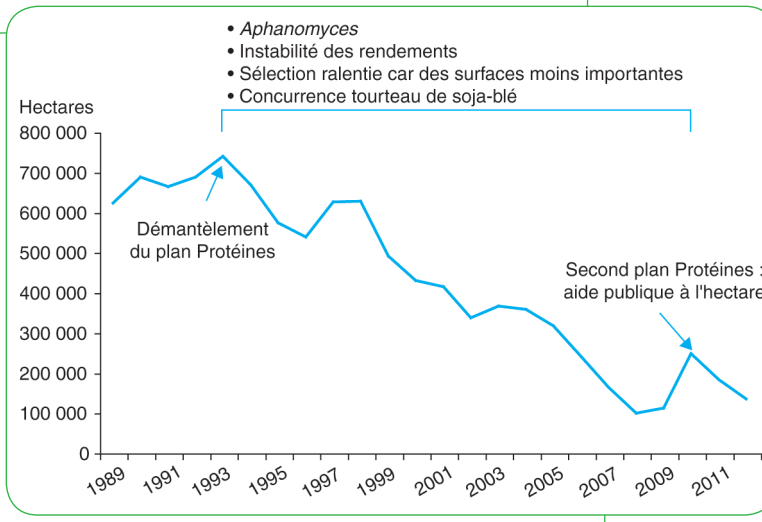
Le pois protéagineux en alimentation animale

La concurrence des débouchés en alimentation animale

Les facteurs technico-économiques de la chute des surfaces

Les surfaces cultivées en pois protéagineux sont passées de quelques milliers en 1973 à plus de 700 000 ha à la fin des années 1980. Jusqu'en 1988, le développement de la culture

Figure 11. Évolution des surfaces en pois protéagineux.



Source : Agreste, 2012.

du pois était soutenu par le paiement d'un prix minimum garanti au producteur pour la totalité de sa production, puis de 1988 à 1992, pour une quantité maximale plafonnée. L'affaiblissement de ces outils de soutien par la mise en place de la PAC 1992 a placé le pois en compétition avec les autres matières premières utilisées en alimentation animale. De cette concurrence progressive résulte une stagnation puis une chute des surfaces depuis 1994 (figure 11), aggravée par des scénarios climatiques défavorables à la production et par l'apparition dans certaines régions de dégâts importants dus au champignon *Aphanomyces euteiches*. Un second plan Protéines, lancé en 2010, qui octroie une aide à la culture sur deux ans, a permis d'augmenter les surfaces avec près de 250 000 ha en 2010. Mais ce plan est arrêté en 2012, où les surfaces sont retombées à 134 000 ha.

Le pois en alimentation animale

La part de la production de pois utilisée en alimentation animale était supérieure à 60 % en 1994 (sur une production de 3,5 millions de tonnes) alors qu'elle n'est en 2012 que de 44 % (sur 300 000 tonnes produites). Cette évolution de la production et de son utilisation résulte des difficultés à valoriser le pois en alimentation animale, débouché peu rémunérateur en comparaison d'autres débouchés, et surtout d'autres espèces entrant en concurrence avec le pois en alimentation animale.

Le marché de l'alimentation animale est caractérisé par une grande diversité de matières premières utilisables par les FAB pour répondre à des objectifs de minimisation du coût de l'aliment. Aussi le pois protéagineux, dont le principal intérêt repose sur sa teneur

en protéines et en énergie, est-il concurrencé par de nombreuses matières premières ayant le même intérêt nutritionnel (céréales, tourteau de soja, tourteau de colza, autres légumineuses). Dans un tel contexte concurrentiel, l'intérêt de l'agriculteur à cultiver du pois résiderait dans l'évaluation *ex ante* du rendement attendu et du prix de vente de sa production. Or, depuis le début des années 2000, d'importantes chutes de rendement dues à des stress biotiques et abiotiques masquent les progrès génétiques sur le rendement. Malgré une sélection variétale dynamique (mise au point de nouvelles variétés d'hiver précoces permettant de contourner certains stress) et un réseau d'acteurs relativement important, la faiblesse et l'instabilité du rendement pénalisent l'attractivité du pois auprès des agriculteurs. D'autre part, contrairement aux cultures dominantes comme le blé, qui s'échange sur des marchés à terme, le prix de vente du pois en alimentation animale est fixé généralement lors de la vente effective. La visibilité de l'agriculteur est donc réduite par rapport aux autres cultures concurrentes dans l'assolement.

Afin de comprendre les freins au développement du pois à destination de l'alimentation animale, il est essentiel de comprendre les mécanismes qui structurent cette concurrence au niveau des FAB. L'analyse de la pratique de la formulation est particulièrement pertinente pour appréhender ces mécanismes.

Marché spot et formulation

La formulation : l'intérêt nutritionnel du pois face à la concurrence du marché…

L'objectif de la formulation est de mettre à disposition des animaux, de façon quotidienne, l'ensemble des ingrédients satisfaisant leurs besoins pour assurer d'une part l'entretien des animaux, d'autre part leur fonction de production (lait, viande, œufs, etc.). L'encadré 5 (p. 51) a décrit le principe général de la formulation, basé sur le concept de « nutriment anonyme », comme source de concurrence entre les matières premières disponibles, en fonction de leur profil nutritionnel, pour un objectif de qualité d'aliment donné. L'intérêt du pois pour les FAB réside avant tout dans sa teneur en protéines et dans une moindre mesure en énergie ; sur ces deux aspects, le pois est concurrencé par plusieurs types de matières premières pour la fabrication d'aliments, en fonction du type d'élevage. Pour la fabrication d'aliments porcins par exemple, débouché le plus important du pois en alimentation animale, la présence de maïs (énergie) sur le marché se traduit par un recours accru simultané aux tourteaux, notamment de soja (protéines). Au sein du « complexe protéines », ce dernier est en effet le principal concurrent du pois protéagineux. Cependant, la majorité des formules sont optimisées sur la base de besoins minimaux en acides aminés essentiels (lysine, tryptophane, méthionine, etc.). La forte teneur en lysine du pois (en moyenne 15 g/kg) lui confère un atout concurrentiel non négligeable au sein du « complexe protéines » des formules.

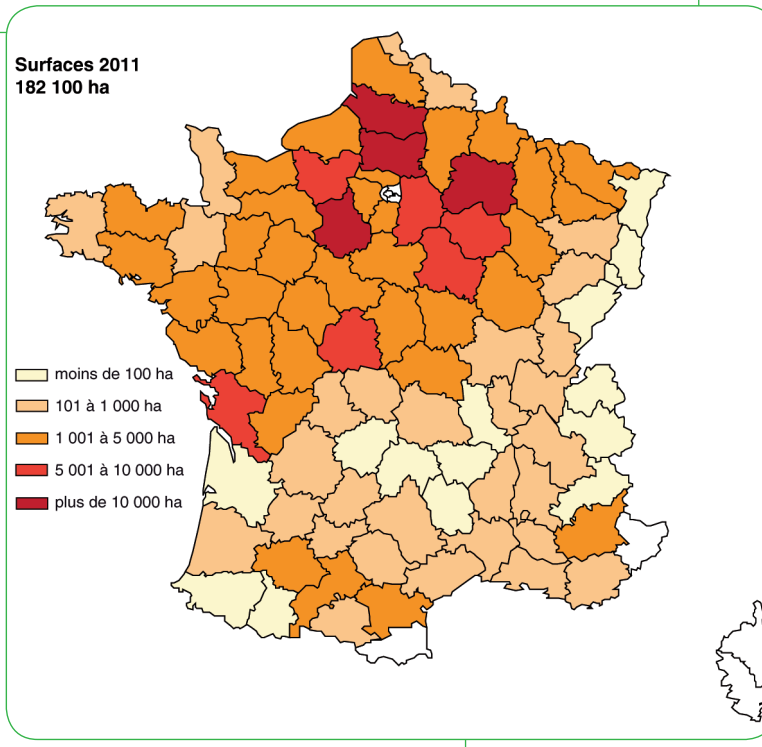
Ainsi, le prix du pois évolue en fonction du prix des matières premières dominantes auxquelles il se substitue telles que le blé et le tourteau de soja. Des incorporations

potentielles de pois, pour la fabrication d'aliments destinés à différents types d'élevage, ont été évaluées en fonction du ratio de prix entre le pois et ses deux concurrents majeurs. Il a été mis en évidence, sur les campagnes de la fin des années 2000, que l'effort de prix à consentir sur le pois reste important pour augmenter son incorporation dans les formules.

… Mais une optimisation de l'approvisionnement défavorable ?

L'intérêt pour un FAB de s'approvisionner en pois dépend donc d'un rapport complexe entre la qualité nutritionnelle du pois et de ses concurrents, et entre leurs prix sur le marché. Même si ce rapport est parfois favorable au pois, les coûts associés à la recherche de fournisseurs et à l'acheminement des lots sont généralement trop importants pour inciter l'acheteur de l'usine à décider de l'approvisionnement. En effet, à l'échelle nationale, la concentration de la demande potentielle en pois (la Bretagne héberge plus de

Figure 12. Localisation des surfaces en pois protéagineux en 2011.



Source : FranceAgriMer – déclarations PAC.

70 % de la fabrication d'aliments pour porcs) fait face à une production dispersée géographiquement (figure 12), avec de faibles volumes dans les silos de chaque OS, et hétérogène en qualité. Aussi, face à un tourteau de soja certes plus cher, mais accessible en quantité dans les ports bretons, l'approvisionnement en pois reste difficile pour les FAB.

De plus, le remplacement d'une matière première par une autre, dans un schéma de production d'aliments, suppose qu'il génère au fabricant une économie non négligeable sur un terme relativement long. Dans de telles conditions économiques, l'approvisionnement en pois dépend de conditions de vente particulières, comme la nécessité pour un fournisseur de libérer une cellule de stockage, l'incitant ainsi à vendre les lots de pois protéagineux à un prix plus intéressant pour le FAB. Ainsi, dans le marché pour la fabrication d'aliments composés, le pois est devenu une « matière première d'opportunité » (encadré 6).

Réorganiser des filières autour du pois ?

Vers une différenciation sur le marché de l'alimentation animale ?

Dans une logique de marché *spot* sur lequel reposent les stratégies d'approvisionnement des FAB et les choix d'assolement des agriculteurs, seule la compétitivité du pois peut inciter, ou non, les premiers à l'incorporer dans les rations, et les seconds à le cultiver. Ce levier « compétitivité » a été fortement investi par les acteurs de la filière végétale et les pouvoirs publics. En effet, la recherche est restée relativement importante pour stabiliser ou accroître le rendement du pois (inscription de nouvelles variétés, intégration du pois dans des réseaux d'essais agronomiques), et les pouvoirs publics ont longtemps soutenu le prix du pois pour augmenter l'attractivité de cette culture auprès des agriculteurs. Mais, même si les investissements en amont ont permis de substantielles améliorations, notamment au niveau de la disponibilité variétale, les agriculteurs n'ont cependant toujours pas de débouchés économiques suffisamment rémunérateurs, en dehors d'un débouché émergeant en alimentation humaine notamment à l'export, pour les inciter à cultiver plus régulièrement du pois. La culture du pois est ainsi vue comme une « variable d'ajustement », permettant de profiter ponctuellement de ses atouts agronomiques, par exemple en matière de réduction des engrais azotés. Pour autant, les bénéfices économiques à l'échelle de la rotation résultant d'un usage plus modéré d'intrants chimiques, essentiellement d'engrais, semblent rarement pris en compte. Le pois ne bénéficie ainsi pas d'une stratégie de développement particulière, notamment sur le plan environnemental, de la part des OS.

L'analyse des paramètres de la formulation et du fonctionnement du marché de l'alimentation animale permet d'identifier clairement ces leviers en amont du formulateur, mais ceux-ci sont difficilement actionnables dans les conditions actuelles. Les leviers en aval, concernant le débouché final de la production, constituent une piste d'intérêt pour le développement des espèces minoritaires. Le principal enjeu d'une évolution de la demande en faveur du pois protéagineux serait de rendre le pois « moins substituable »

aux autres matières premières, ce qui pourrait se traduire par la création d'un marché différencié au niveau de l'alimentation animale et, *in fine*, au niveau des produits finaux. Cette création d'un marché peut être réfléchie à plusieurs niveaux. Le levier réglementaire (*via* les cahiers des charges d'alimentation, par exemple) est une voie possible. La valorisation d'une qualité nutritionnelle particulière dans une filière spécifique en est une autre (qualité à déterminer pour le pois). Des stratégies de développement de filières sans OGM peuvent aussi ouvrir de nouvelles opportunités pour le pois. La question de la valorisation du pois sur un marché spécifique, comme dans le cas de produits sous signe de qualité, apparaît donc centrale pour contourner le marché *spot* de l'alimentation animale, sur lequel le pois ne parvient pas à être compétitif.

De plus, l'intérêt porté par les FAB aux coproduits des secteurs agro-industriels (tourteaux de colza, drêches de blé, etc.), bon marché et disponibles en lots de taille importante, suggère une concurrence encore plus difficile, dans les années à venir, dans les filières classiques de production animale. La segmentation des marchés en aval, tant en alimentation animale — qui reste le débouché traditionnel du pois — qu'en alimentation humaine — nouveau marché offrant des opportunités intéressantes —, peut contribuer à la création de filières mieux coordonnées, cherchant une valeur ajoutée spécifique qui puisse se diffuser le long de la filière pois.

Contractualiser la production ?

Les agriculteurs sont peu incités à cultiver le pois, puisque les FAB ne sont pas prêts à l'acheter à un prix suffisamment rémunérateur en comparaison avec d'autres cultures comme le blé, le colza ou le maïs, et que le débouché en alimentation humaine reste limité. La contractualisation sur le pois, basée sur la fixation d'un prix à l'avance, pourrait inciter les agriculteurs à mieux intégrer cette culture dans l'assolement et pourrait conduire les coopératives à mieux organiser leur offre au regard des différents débouchés possibles. La mise en place de contrats à prix « lissés » ou de contrats dits « tunnels » (voir le cas du lin oléagineux p. 68), sur une période de un à trois ans est actuellement discutée dans la profession agricole. Cependant, la mobilisation d'outils de coordination tels que les contrats suggère une volonté des contractants de développer spécifiquement cette production. Tant que le pois n'est pas spécifiquement recherché par les utilisateurs, il reste fortement défavorisé sur le marché de l'alimentation animale.

Au niveau des exploitations agricoles : une culture aux intérêts agronomiques reconnus par une approche pluriannuelle

Même si les surfaces françaises ont fortement régressé depuis le début des années 1990, la présence historique du pois protéagineux a été maintenue sur certaines exploitations. C'est le choix qu'ont fait plusieurs agriculteurs en systèmes de grande culture rencontrés en Eure-et-Loir, qui ont maintenu le pois à raison de 9 à 16 % de la surface de leur exploitation. Ce choix est argumenté avant tout pour des raisons agronomiques qui sont aujourd'hui bien connues des agriculteurs grâce à l'importance des travaux de recherche

Encadré 6. Organisation verticale de la filière pois en alimentation animale : représentation schématique d'une filière faiblement coordonnée verticalement.

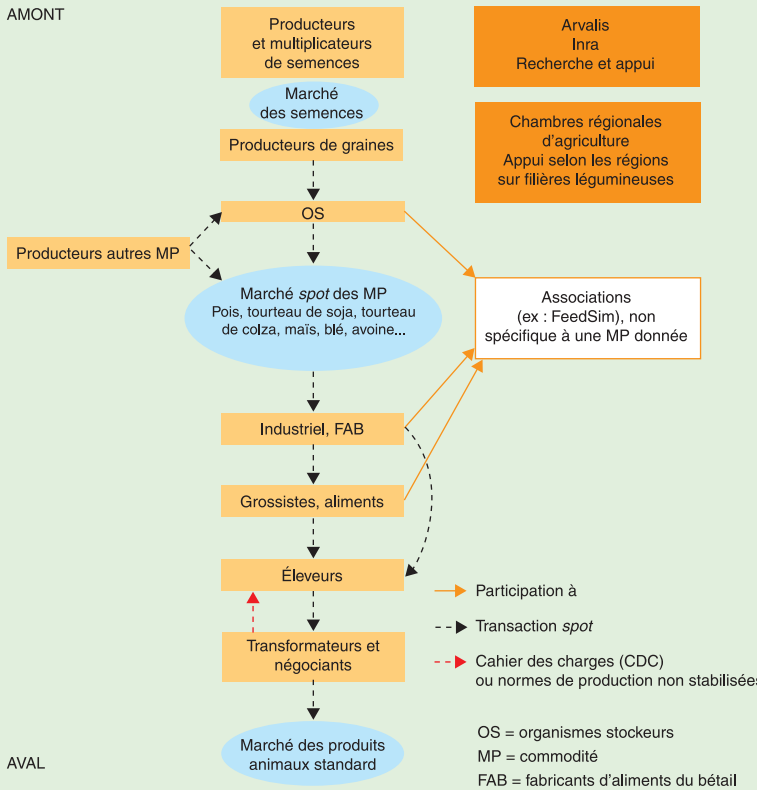


Figure 13. Pois protéagineux : marché *spot* des matières premières.

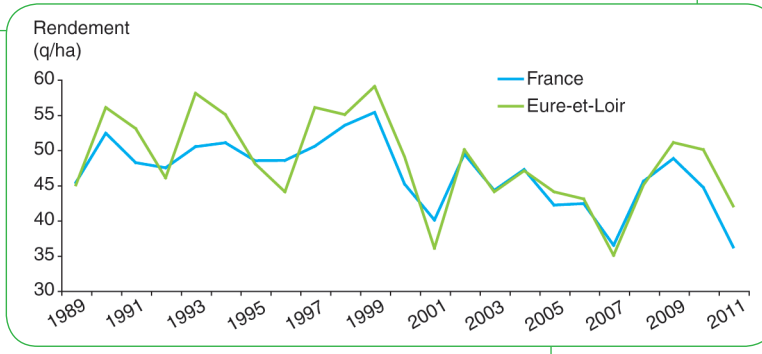
L'organisation de la filière pois en alimentation animale est caractérisée par l'absence de liens spécifiques autour de cette matière première ainsi que des produits finaux associés. Le pois vendu sur le marché des matières premières est une « commodité », en concurrence avec de nombreuses autres matières premières. Il n'y a pas de mécanismes forts de régulation ou de coordination des acteurs autour de ce marché, tels que des contrats à prix fixe ou des cahiers des charges spécifiques. Il n'y a pas de coordination entre les différents maillons de la filière pour planifier une production de pois à destination d'un marché valorisant spécifiquement cette matière première. En l'absence de tels liens, les agriculteurs se tournent vers les cultures plus rentables dans leurs assolements.

encore consacrés à cette culture et à une large diffusion des résultats par les organismes de R&D et de conseil. Ces intérêts agronomiques sont liés à des effets précédent attribuables aux têtes de rotation en général (comme l'effet sur le rendement) ou qui lui sont spécifiques (comme la simplification de l'implantation du blé suivant, appréciée en particulier en techniques culturales simplifiées), ou encore à des effets cumulatifs attribuables à l'allongement des rotations (comme la maîtrise des adventices, attribuée en particulier à la diversification des moyens de lutte possibles).

Le rendement du pois, dont la moyenne française est plus faible et plus variable depuis une dizaine d'années (figure 14), présente également une forte variabilité interexploitations et interannuelle sur une même exploitation. L'irrigation ou le choix d'une variété d'hiver permettent de réduire l'incertitude concernant le niveau de rendement par rapport au pois de printemps non irrigué, le déficit hydrique étant un des facteurs limitants du rendement. Cette culture, contrairement à la plupart des cultures de diversification, a fait l'objet de nombreux travaux de recherche et notamment de différents diagnostics agronomiques. Ceux-ci pourraient être davantage mobilisés et consolidés au niveau local afin de comprendre plus finement les déterminants du rendement, en tenant compte de l'évolution des pratiques culturales (utilisation de variétés d'hiver, irrigation, techniques culturales simplifiées, etc.).

Même si la culture du pois ne nécessite pas de matériel spécifique, les conditions de récolte et la nature de la graine conduisent au renouvellement plus fréquent du matériel de récolte comparativement aux céréales et n'incitent pas au stockage de la production à la ferme. Les difficultés rencontrées à la récolte persistent, malgré les améliorations notables apportées par la recherche variétale en matière de résistance à la verse, et font du pois une culture contraignante sur le plan de l'organisation du travail à la moisson.

Figure 14. Évolution des rendements moyens en pois protéagineux en France et dans le département de l'Eure-et-Loir.



Source : d'après Agreste, 2012.
1 quintal = 100 kilos.

Le cas du pois de printemps permet de souligner la contrainte supplémentaire que représente l'obligation d'implantation de Cipan avant les cultures de printemps pour nombre d'agriculteurs. Les problèmes phytosanitaires semblent en revanche limités dans les exploitations étudiées grâce à la mise en place de rotations longues — évitant ainsi le développement du champignon *Aphanomyces* lié à un retour fréquent du pois — et à la disponibilité de produits phytosanitaires efficaces, même si certains bioagresseurs restent difficiles à maîtriser.

L'intérêt économique du pois à l'échelle de la rotation — en tenant compte de ses effets précédent et cumulatifs sur les autres cultures de la rotation — a été démontré par la R&D, et largement diffusé auprès des agriculteurs. Ceux-ci sont convaincus de la pertinence de calculs de marge à l'échelle de la rotation plutôt qu'à l'échelle annuelle. Pour autant, les agriculteurs interrogés soulignent que de tels calculs pluriannuels ne sont pratiquement jamais réalisés, ni par leurs conseillers ni par leurs organismes de comptabilité-gestion, ne créant pas de signaux incitatifs suffisamment forts pour amener d'autres agriculteurs à insérer du pois dans leurs rotations. Sans cette évaluation pluriannuelle, seul le pois irrigué est considéré comme compétitif par rapport aux autres cultures sur la base de comparaisons de marges brutes annuelles.

Leviers mobilisés et mobilisables pour le développement du pois protéagineux

Sur la base de cette analyse, les leviers mobilisables pour favoriser un développement du pois protéagineux sont de deux ordres :
– augmenter l'intérêt de cette culture pour les agriculteurs : accroître et régulariser la productivité (leviers techniques et génétiques) ; élaborer des références locales montrant l'intérêt de cette culture au niveau de la rotation ; développer des incitations par la voie réglementaire (prime ou conditionnalité sur les légumineuses, liées à la reconnaissance de leur intérêt environnemental). Cette voie, privilégiée depuis de nombreuses années, a montré ses limites et ne semble efficace que combinée avec la seconde ci-après ;
– contourner le marché *spot via* le développement de variétés ayant une qualité spécifique, différenciant le pois sur le marché de l'alimentation animale ; une réorganisation du lien entre filières végétales et animales (par exemple contractualisation sur le pois pour inciter les agriculteurs à en cultiver) ; le développement de nouveaux débouchés tels que l'alimentation humaine (consommation directe ou ingrédient pour l'industrie agroalimentaire).

Le débouché pour l'alimentation humaine n'a pas été exploré de manière approfondie dans l'étude. Il est clair cependant que son développement nécessiterait un travail de R&D important, couplant les approches génétiques, agronomiques, procédés et nutrition. En particulier, un travail sur les propriétés des protéines du pois et sur les méthodes de fractionnement (dépelliculage permettant de limiter les flatulences) semble prioritaire.

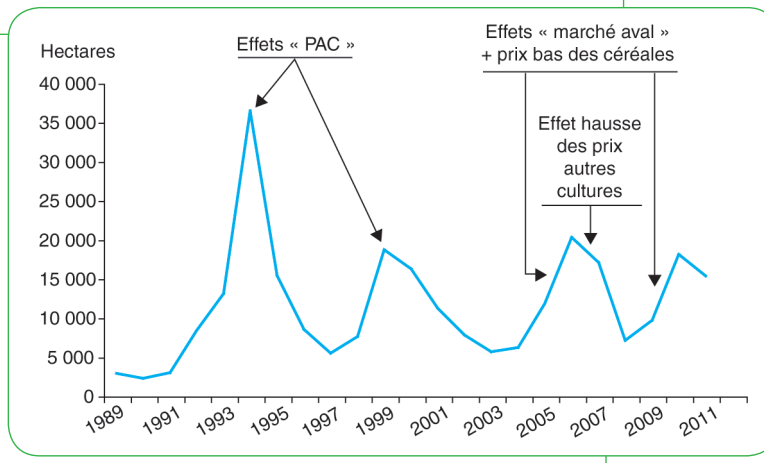
Le lin oléagineux en alimentation animale

L'émergence d'un nouveau marché pour la graine de lin

Un nouveau débouché en soutien aux surfaces

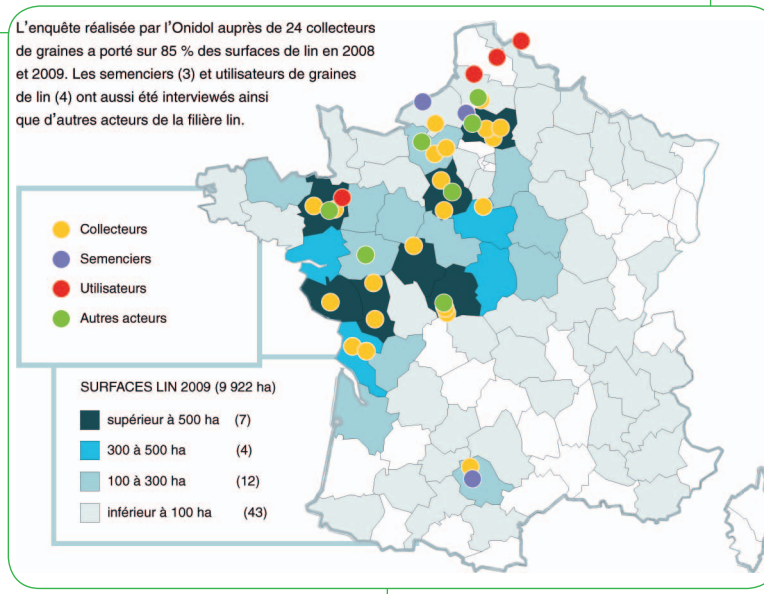
Le développement de divers débouchés pour la graine de lin (bâtiment, industrie, etc.) a permis une très forte augmentation des surfaces de lin oléagineux à partir des années 1990 (avec près de 40 000 ha en 1994), cependant fortement influencé par les évolutions de la PAC, tantôt favorable ou défavorable à la culture (figure 15). Mais, alors que le soutien public à la production s'est atténué au cours des années 2000, le développement d'un nouveau marché à destination de l'alimentation animale a permis d'observer une nouvelle augmentation des surfaces à la fin des années 2000, contrebalançant en partie la forte concurrence des cultures dominantes. Ce renouveau s'est appuyé sur une filière qualité reposant sur l'utilisation de graines de lin thermo-extrudées dans les rations animales et valorisant certaines propriétés nutritionnelles spécifiques de la graine (forte teneur en oméga 3). Les surfaces, retombées à 6 000 ha au début des années 2000, remontent par à-coups pour atteindre 15 000 ha en 2010. L'ouest de la France devient une région fortement productrice (figure 16). La consolidation de ces filières a été soutenue par une recherche variétale publique relativement dynamique dans les années 1990 (malgré de faibles surfaces) et par la création d'un GIE pour le transfert de la sélection au secteur privé.

Figure 15. Évolution de la surface cultivée en lin oléagineux.



Source : Agreste, 2012.

Figure 16. Localisation de la production de lin oléagineux en France.



Source : Onidol, 2009 (d'après les chiffres PAC 2009).

Un marché soutenu par des allégations santé : création d'un signe de qualité

Dans les années 1990, la mise en évidence du lien entre la teneur en acides gras polyinsaturés linoléniques (ALA) de la ration des animaux et le profil lipidique de leurs produits (lait, viande) suscite un regain d'intérêt pour les espèces végétales à forte teneur en ALA, dont le lin. De nombreux travaux scientifiques en zootechnie soulignent l'intérêt du lin dans l'alimentation de différents types d'animaux : bovins laitiers et viande, porcs et volailles. Sa valeur est notamment démontrée sur le profil en acide gras des produits, mais également sur d'autres paramètres zootechniques (augmentation de la production de lait, baisse du risque d'acidose) qui participeront de son attrait croissant pour les éleveurs.

Parallèlement, les pouvoirs publics établissent le constat d'une alimentation humaine de mauvaise qualité en matière d'apport lipidique. Le PNNS (Programme national Nutrition Santé) met notamment l'accent sur le déséquilibre nutritionnel des rations alimentaires, pointant les aliments d'origine animale à cause des acides gras saturés (AGS) qu'ils contiennent. Le lien entre l'alimentation des animaux et la nutrition humaine est mis en évidence à la fin des années 1990 et au début des années 2000, par différentes études cliniques. Ces résultats vont constituer un socle scientifique pour la construction de filières de produits animaux à forte teneur en oméga 3 (viande, lait, œufs), les filières sous label Bleu-Blanc-

Cœur, créées en 2000. La commercialisation de ces produits repose sur la construction d'une demande spécifique des consommateurs en produits riches en oméga 3. Le prix de vente de ces produits, supérieur à celui d'un produit standard, permet de financer le fonctionnement de la filière, et notamment le respect des cahiers des charges.

Un marché différencié pour la valorisation des oméga 3 de la graine de lin

La graine de lin dans le marché de l'alimentation animale pour des produits « standardisés » n'est pas compétitive par rapport aux autres matières premières utilisables. Le développement de son utilisation dans les filières Bleu-Blanc-Cœur repose sur deux principales innovations : l'une technologique, l'autre organisationnelle.

Sur le plan technologique, le traitement de la graine par thermo-extrusion permet d'éliminer les facteurs antinutritionnels, d'améliorer la digestibilité de l'huile (riche en oméga 3) et de l'amidon des graines, et de protéger certaines protéines. Valorex dépose en 2006 la marque Tradi-lin, faisant l'objet d'un brevet sur le traitement de cuisson spécifique des graines oléagineuses et protéagineuses. Cette marque bénéficie d'une allégation nutritionnelle reconnue par les pouvoirs publics. Grâce à ses brevets, Valorex se présente comme le seul industriel à pouvoir réaliser cette transformation.

Sur le plan organisationnel, la construction de la filière sous signe de qualité, dont les cahiers des charges définissent des obligations de résultats pour les éleveurs et les transformateurs, amène ces derniers à rechercher spécifiquement un approvisionnement en aliments riches en oméga 3. Valorex, seul acteur à maîtriser une production à l'échelle industrielle, se positionne en fournisseur principal. Pour répondre aux cahiers des charges, l'enjeu pour Valorex devient la sécurisation d'un approvisionnement tracé, et donc le développement d'une stratégie d'incitation à la culture du lin auprès des producteurs.

Une filière intégrée : contrats et cahiers des charges

Les cahiers des charges : obligation de résultats et de moyens

Au niveau de l'alimentation animale, les obligations de moyens liées aux cahiers des charges n'imposent pas aux éleveurs le choix des matières premières utilisées dans les rations, exception faite pour certaines matières premières également interdites dans d'autres cahiers des charges (interdiction des OGM, des farines animales, de certains facteurs de croissance, des acides gras provenant d'huile et tourteau de palme, etc.). L'utilisation de graines de lin n'est donc pas spécifiée dans les cahiers des charges. Mais si l'obligation de moyens spécifie l'apport minimal en ALA dans l'alimentation, les obligations de résultats (équilibre entre oméga 3 et oméga 6) amènent les éleveurs à se tourner vers le fournisseur dont les aliments et les recettes peuvent répondre à ces objectifs de performance, à savoir Valorex. La demande spécifique en produits animaux riches en oméga 3 se répercute donc sur le marché des matières premières, avec une demande spécifique sur les matières premières riches en oméga 3. La graine de lin est donc commercialisée sur un marché qui se démarque du marché classique de

l'alimentation animale. On observe que, si la valeur ajoutée dégagée par les ventes des produits Bleu-Blanc-Cœur permet de financer ce système, la graine de lin entre également dans les schémas d'alimentation d'élevages inscrits dans des filières classiques, et ce en raison de la reconnaissance de l'amélioration des performances zootechniques.

Au niveau de la production de lin, les cahiers des charges ne comportent pas d'obligation de résultats sur la qualité de la graine. Celle-ci est cependant rémunérée, principalement par rapport à la teneur en oméga 3. Ce système de rémunération est spécifié dans le contrat de production entre les OS et Valorex, mais n'est pas toujours, comme on le verra plus loin, répercuté aux agriculteurs.

La contractualisation avec les producteurs : contourner le marché *spot* et concurrencer les autres cultures

C'est à partir de cette différenciation des produits en aval que se construit la filière, intégrant progressivement la production en amont, afin de garantir la traçabilité et de sécuriser un approvisionnement régulier en graines répondant aux exigences de l'aval. Pour répondre à ses besoins en matières premières, Valorex va développer une approche basée sur la contractualisation à prix garantis avec ses fournisseurs, accompagnée d'une démarche qualité-conseil auprès des agriculteurs et des OS. Le contrat de production, variable d'un fournisseur à l'autre, constitue un outil de coordination essentiel pour l'ensemble des acteurs de la filière.

Cependant, les enquêtes auprès de producteurs et les informations issues de centres de gestion indiquent que le lin oléagineux ne permet généralement de dégager qu'une faible marge, comparé aux cultures dominantes. Afin de s'assurer un approvisionnement aussi régulier que possible, Valorex établit des contrats de production avec des groupements de producteurs et des coopératives. Parmi les différents contrats existants, le contrat type dit « tunnel » apparaît comme un outil intéressant pour prendre en compte cette concurrence. Il repose en effet sur la fixation d'un prix d'achat maximum pour Valorex et d'un prix de vente minimum pour l'agriculteur, quelle que soit l'évolution du prix de la graine de lin sur le marché. Le prix garanti, qui est compris dans cette fourchette, fait l'objet de la négociation entre Valorex et chaque fournisseur, et est généralement indexé sur les prix de l'année passée ou en cours d'une ou plusieurs cultures de référence, comme le colza et le blé (cultures par rapport auxquelles les agriculteurs évaluent souvent l'intérêt économique d'une nouvelle culture), ainsi que sur les cours mondiaux du lin. Le prix est donc variable d'un contrat à l'autre, ainsi que d'une année à l'autre.

Aujourd'hui, près de 80 % des surfaces dont la production est destinée à l'approvisionnement de Valorex sont contractualisées. Cependant, le modèle de contractualisation tunnel est soumis à une limite majeure, inhérente à l'évolution des marchés agricoles : en contexte de forte hausse des prix des céréales ou du colza, le prix maximum d'achat par Valorex s'avère une limite potentielle forte. Même si le contrat est généralement considéré comme suffisamment incitatif, l'anticipation de la hausse des prix des autres cultures occasionne des négociations difficiles avec les fournisseurs.

Encadré 7. Organisation de la filière lin oléagineux en alimentation animale : représentation schématique d'une filière fortement coordonnée verticalement.

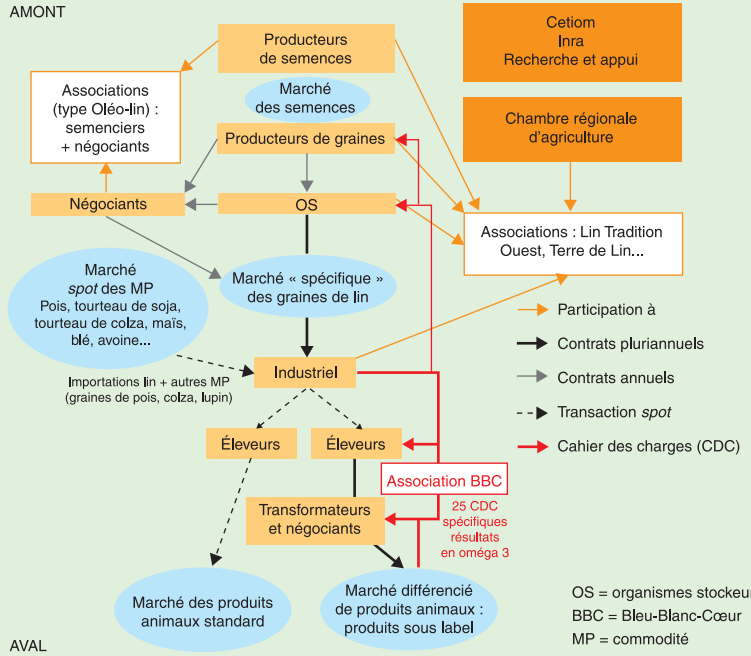


Figure 17. Lin oléagineux : une filière intégrée.

L'organisation de cette filière est caractérisée par des liens forts entre acteurs, sous forme de contrats engageant plusieurs maillons de la filière dans les négociations, de contrôle de la production par des cahiers des charges imposant des obligations de moyens et de résultats, ainsi que de participation active dans des structures de soutien et de coordination, telles que les associations. Ces dernières sont en effet caractérisées par une représentation importante de chaque maillon. L'association Bleu-Blanc-Cœur, organisée en collèges (producteurs, transformateurs, consommateurs, etc.), comprend également des instances d'appui à la filière, tel le comité scientifique, dont le rôle est essentiel dans la construction et la modification des cahiers des charges. Ce type de filière est donc caractérisé par une coordination verticale forte, autour d'un marché spécifique des espèces riches en oméga 3, dont le lin est le principal représentant.

Un important réseau de coordination

Un atout essentiel de la filière Bleu-Blanc-Cœur réside dans le réseau d'acteurs qui s'est construit progressivement (encadré 7). Ce réseau structure la filière et coordonne les acteurs à plusieurs niveaux :

– les échanges d'informations au sein de ce réseau permettent notamment d'apporter des éléments de réflexion par rapport à la contractualisation, et servent de base à la négociation entre les acteurs : on note par exemple le rôle clé de la chambre régionale d'agriculture de Bretagne dans les négociations entre les membres de l'association Lin Tradition Ouest regroupant Valorex, les coopératives, les producteurs et le GIE Linéa ;

– l'existence de relais locaux (négociants) faisant le lien entre les producteurs (groupements d'agriculteurs et coopératives) de différents bassins de production et Valorex permet d'organiser un approvisionnement à partir d'une collecte très dispersée sur le territoire. Ces relais locaux jouent également un rôle majeur, mais clairement insuffisant, d'après les enquêtes auprès des producteurs, dans les activités de conseil agricole ;

– l'organisation de l'association Bleu-Blanc-Cœur en collèges regroupant les différents maillons de la filière (production végétale, nutrition animale, production animale, consommateurs, distributeurs, etc.) apparaît comme un atout en matière de coordination et de renforcement des relations entre acteurs. Ce rapprochement permet également la construction d'une vitrine sur les marchés, *via* un logo partagé et visible auprès des consommateurs ;

– le contrôle du respect des cahiers des charges, *via* des organismes tiers, constitue également un élément fondamental de la coordination des acteurs autour de standards de production bien définis ;

– l'implication du Cetiom dans le réseau, *via* l'intégration du lin dans ses réseaux d'expérimentation, offre une opportunité de coordonner les travaux de sélection et les travaux de recherche agronomique et d'acquisition de références sur une culture encore mal maîtrisée par la plupart des agriculteurs ;

– enfin, le renforcement de la filière au sein de l'interprofession (Onidol) offre des ressources supplémentaires pour la coordination et l'organisation de la production.

Les flux d'informations (verticaux et horizontaux) et les processus de négociation sont facilités par l'existence de ces réseaux d'acteurs, à l'échelle nationale et locale, qui consolident notamment le lien entre les maillons de production (semenciers, agriculteurs, OS) et les maillons de transformation et d'utilisation (industriels, éleveurs, distributeurs et consommateurs).

Au niveau de la production, des résultats agronomiques et économiques variables

La compétitivité du lin par rapport aux autres cultures est variable d'une région à l'autre, à cause des différentiels de prix et de rendement entre cultures, mais également à cause de la variabilité de qualité (teneur en oméga 3) du lin. Ainsi, le lin oléagineux offre en moyenne une marge brute comparable à celles du blé et du maïs en Ille-et-Vilaine, mais largement inférieure à celles du blé, du colza et du lin textile dans l'Eure.

Même au sein d'un bassin de production donné, les résultats économiques du lin oléagineux varient fortement d'un agriculteur à l'autre, en particulier du fait de fortes différenciations du rendement en graine. Les agriculteurs peinent à comprendre l'origine de ces résultats décevants et à envisager leur amélioration ; études et experts les attribuent pour partie à une forte sensibilité aux stress climatiques et suggèrent que des ajustements des pratiques culturales pourraient les atténuer. Les agriculteurs soulignent le manque d'encadrement technique, pourtant indispensable à la réussite d'une culture dont la conduite nécessite des apprentissages (concernant les techniques de récolte en particulier) et une adaptation permanente à l'évolution des réglementations (produits phytosanitaires autorisés, interdiction de brûlage des pailles).

Par ailleurs, les déterminants de la qualité de la graine, qui présente également une forte variabilité interrégionale, étant mal connus et peu étudiés, il ne semble pas possible à l'heure actuelle pour les agriculteurs de miser sur une augmentation de cette performance afin d'améliorer le résultat économique du lin.

Enfin, l'effet précédent de cette culture, jugé globalement comparable à celui d'autres têtes de rotation (colza, pois, lin textile), n'est pas comptabilisé dans les références locales relatives à l'intérêt économique de la culture. Comme pour le pois, ni les conseillers de proximité, ni les centres de comptabilité et de gestion ne réalisent de calculs sur les performances globales de successions de culture.

L'introduction du lin dans les exploitations agricoles fait face à des limites agronomiques puisqu'on conseille généralement de respecter un délai de retour du lin sur une même parcelle de six ou sept ans, ce qui revient à limiter la culture à 15 % de la surface environ. Cependant, cette limite semble rarement atteinte dans les exploitations (la plupart des producteurs interrogés dans l'Eure et en Vendée intègrent seulement 3 à 10 % de lin à leur assolement). Certains agriculteurs soulignent qu'ils maintiennent le lin dans leur assolement avant tout pour son intérêt agronomique en tant que tête de rotation permettant d'allonger les successions de cultures (et en particulier de réduire des problèmes croissants de désherbage sur cultures d'hiver) ainsi que pour son intérêt vis-à-vis de l'organisation du travail (décalage des interventions par rapport aux autres cultures).

Les leviers pour le développement du lin oléagineux

La filière Bleu-Blanc-Cœur a permis, au moins en Bretagne, un développement des surfaces en lin oléagineux. Le « déverrouillage » du régime sociotechnique spécialisé a été obtenu grâce à :

– une différenciation du produit sur un critère de qualité reconnu par le marché ;

– une innovation technologique, le traitement des graines par thermo-extrusion ;

– une coordination forte entre les différents maillons de la filière, à l'échelle nationale et locale. La définition et la mise en œuvre des cahiers des charges liés aux contrats de production amènent l'ensemble des acteurs à interagir régulièrement.

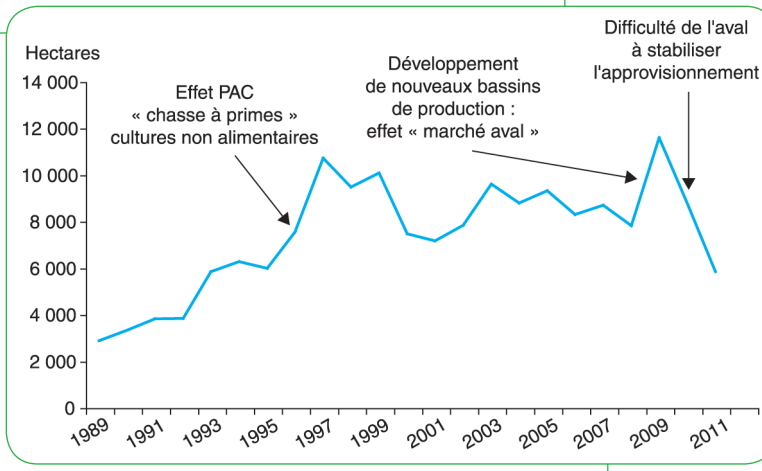
Cependant, les surfaces restent faibles et fluctuantes, à cause en particulier d'un défaut de rentabilité au niveau des exploitations agricoles. Plusieurs leviers complémentaires pourraient être mobilisés :
– la sélection de variétés de lin oléagineux d'hiver, qui ont des potentialités de rendement en graines plus élevées que les variétés de printemps. La récolte très précoce du lin oléagineux d'hiver pourrait autoriser à semer une seconde culture dans l'année. Cependant, cette évolution variétale pourrait faire perdre l'un des intérêts agronomiques du lin oléagineux, qui permet aujourd'hui de réduire la pression d'adventices par l'introduction d'une culture de printemps dans des rotations dominées par les cultures d'hiver (blé, orge, colza) ;
– un développement des débouchés pour les composantes de la plante autres que la graine (paille pour la construction et autres usages industriels, par exemple). Une concurrence ou une synergie pourrait s'instaurer avec la filière lin textile qui cherche aussi des débouchés pour les fibres les plus courtes ;
– l'indexation du prix de la graine sur les cours des cultures dominantes et l'implication de l'ensemble des acteurs et notamment des agriculteurs dans la construction du prix, afin de garantir la transparence ;
– un accompagnement technique renforcé des producteurs, appuyé en particulier sur l'acquisition de références agronomiques au niveau local, sur la base de la réalisation de diagnostics agronomiques visant une meilleure compréhension des déterminants de la variabilité du rendement et de la qualité. Ce diagnostic pourrait être associé au contrat de production en proposant aux agriculteurs de s'impliquer dans l'observation de quelques indicateurs clés sur la culture et sur le milieu, en complément de la connaissance de leur itinéraire technique. Cela permettrait une lecture collective de la variabilité des résultats et l'émergence de pistes pour aider les agriculteurs à adapter leurs choix techniques, plutôt que de rester sur des échecs mal expliqués. L'intérêt économique de la culture en serait renforcé par un rendement augmenté et une meilleure qualité, tous deux jugés sur un laps de temps plus long pour intégrer les apprentissages nécessaires ;
– le partage, au niveau national, entre bassins de production, des références et de l'expérience des agriculteurs les plus performants, et la consolidation des références sur les effets précédent (à l'instar de ce qui a été fait sur le pois).

Le chanvre industriel

L'émergence des « néo-industriels »

Essentiellement destinées à l'industrie papetière, les surfaces en chanvre sont restées stables autour de 5 000 ha jusqu'au milieu des années 2000, et principalement concentrées dans l'Aube. Les augmentations de surfaces observées dans les années 1990 s'expliquent par des effets de « chasse à la prime », de par l'octroi d'aides spécifiques pour la valorisation de terres en jachère par des cultures non alimentaires (figure 18). Dans le

Figure 18. Évolution de la surface cultivée en chanvre.

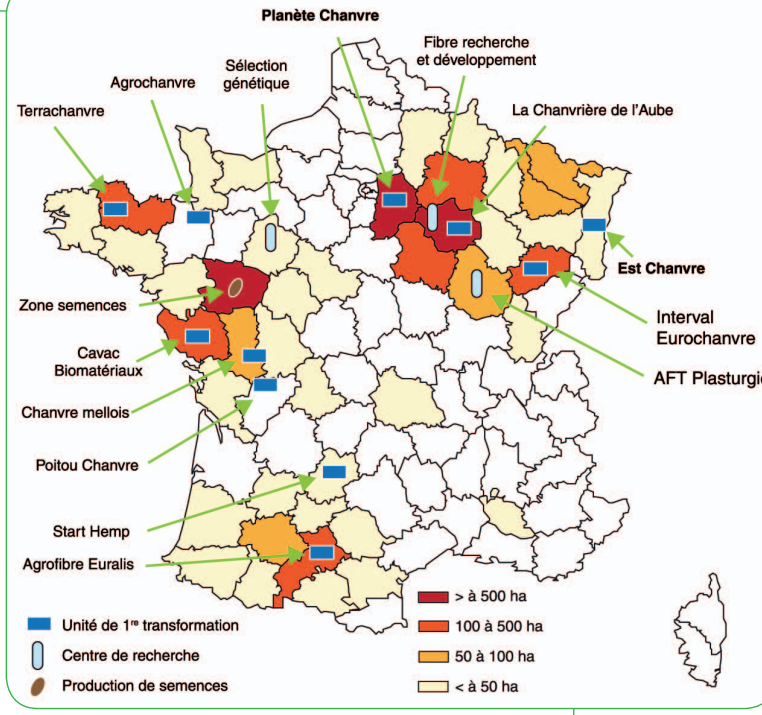


Source : Agreste, 2012.

cadre de la PAC, l'intégration de la culture du chanvre a permis aux agriculteurs disposant d'un contrat d'achat-vente avec un transformateur agréé de disposer de surfaces éligibles aux aides PAC, au même titre que les aides en grandes cultures.

À partir de la fin des années 2000, le développement de la R&D sur les utilisations de fibres végétales a accru l'intérêt pour de nombreuses cultures, dont le chanvre en particulier. L'aboutissement de ces travaux s'est traduit par la construction de nouvelles unités de transformation en France, répondant à une anticipation de producteurs sur de nouveaux marchés, et a vu la promotion de la culture (« verdir » l'agriculture tout en valorisant certaines terres difficiles pour les cultures dominantes). Parmi les marchés potentiels issus de ces nouveaux développements, le marché de l'isolation en bâtiment, et particulièrement celui des panneaux d'isolation, se développe dans un contexte de stabilisation des procédés industriels. L'émergence de nouveaux bassins de production, sous l'impulsion de coopératives investissant ces marchés (« néo-industriels »), provoque une forte hausse des implantations en 2008. Mais devant les difficultés techniques rencontrées par les agriculteurs, la concurrence entre les bassins de production et un marché en aval décevant pour les transformateurs, les surfaces chutent en 2011 à 6 000 ha. Actuellement, la culture du chanvre représente en France environ 1 000 producteurs, répartis dans cinq grands bassins de production, organisés et localisés autour des unités de première transformation (figure 19). À ces cinq bassins s'ajoutent des surfaces regroupées autour de petites unités de transformation, généralement propriété de groupements de producteurs ou d'artisans, pour un usage local de la fibre et de ses coproduits.

Figure 19. Localisation de la production de chanvre en France.



Source : Interchanvre, 2011.

La structuration d'une filière de production : intégration en amont

Les coopératives investissent le marché de l'isolation

Si de multiples débouchés se développent pour l'utilisation de la paille de chanvre au cours des années 2000, le marché de l'isolation apparaît comme le plus mûr. L'évolution de « la » filière se caractérise par une augmentation importante du nombre d'acteurs (producteurs, transformateurs, constructeurs, artisans, distributeurs, etc.) dans plusieurs régions françaises. Le développement de ces bassins de production, très indépendants les uns des autres, est notamment marqué par l'investissement de deux acteurs coopératifs majeurs, la Cavac en Pays de la Loire et Euralis en Midi-Pyrénées, dans des unités de transformation de la paille et de fabrication de panneaux isolants. La filière vendéenne est plus particulièrement approfondie dans cette étude, en particulier la stratégie déployée

pour inciter les agriculteurs du bassin de collecte de la Cavac à intégrer le chanvre dans leurs systèmes de culture.

L'intégration en amont pour inciter les agriculteurs

Ces nouveaux acteurs ont mis en place des mécanismes d'incitation auprès de leurs adhérents pour encourager l'introduction du chanvre dans les assolements, mécanismes basés sur une contractualisation à prix fixe et un accompagnement important de la production. L'objectif étant de sécuriser un approvisionnement de l'usine en paille, cette stratégie se traduit par un engagement fort de la coopérative auprès des producteurs. Le prix fixé est généralement au-dessus du prix du marché de la paille (130 €/t en 2012, pour un prix du marché d'environ 100 €/t), auquel s'ajoutent diverses primes relatives au stockage et à la livraison de la production à l'usine, afin d'optimiser la logistique. L'engagement du producteur se traduit par la surface mise en culture sur une campagne, et repose sur la garantie de l'exclusivité de livraison à l'autre partie contractante. L'agriculteur s'engage également à respecter un cahier des charges portant sur les modalités de production, et notamment l'utilisation de semences certifiées achetées par la coopérative.

Afin de favoriser l'adoption de la culture par ses adhérents, la Cavac a opté pour une stratégie visant à contrôler un maximum de paramètres de production. L'objectif était d'une part de contourner l'aversion potentielle des agriculteurs envers une nouvelle culture (autrement dit, « faciliter » leur adhésion au projet), et d'autre part de contrôler les modes de production afin de viser une qualité requise de la paille pour le traitement à l'usine de défibrage. Du choix des semences au suivi de la qualité à la parcelle et aux opérations de semis et de récolte, les producteurs sont accompagnés par les services techniques de la coopérative. La récolte est notamment réalisée par des entreprises de travaux agricoles contractualisées avec la coopérative, qui planifie l'organisation de la majorité des opérations (définition des dates de semis et de récolte en particulier).

Cette stratégie d'intégration des activités vers l'amont, *via* un renforcement des liens par la contractualisation et l'appui technique, témoigne d'une volonté de partage du risque entre les différents maillons de la filière et, par extension, de partage de la valeur ajoutée dégagée par la chaîne de production. Toutefois, malgré les incitations, les choix d'assolement des agriculteurs reposent en grande partie sur l'évolution des prix des autres cultures dominantes, et la concurrence reste difficile pour le chanvre. Si les résultats ont globalement été décevants dans les premières années de la production, les nouveaux bassins de production arrivent aujourd'hui à stabiliser un approvisionnement minimal, par la consolidation de « noyaux durs » de producteurs.

La concurrence en aval : un marché *spot* défavorable

En aval de l'industriel, la vente des panneaux de chanvre, dont le prix est relativement élevé, fait face à la concurrence des autres produits d'isolation, dont les performances techniques (résistance thermique notamment) sont équivalentes, voire parfois supérieures. La diversité de l'offre en matériaux d'isolation amène les professionnels du

Encadré 8. Organisation verticale de la filière chanvre vendéenne : représentation schématique d'une organisation « hybride ».

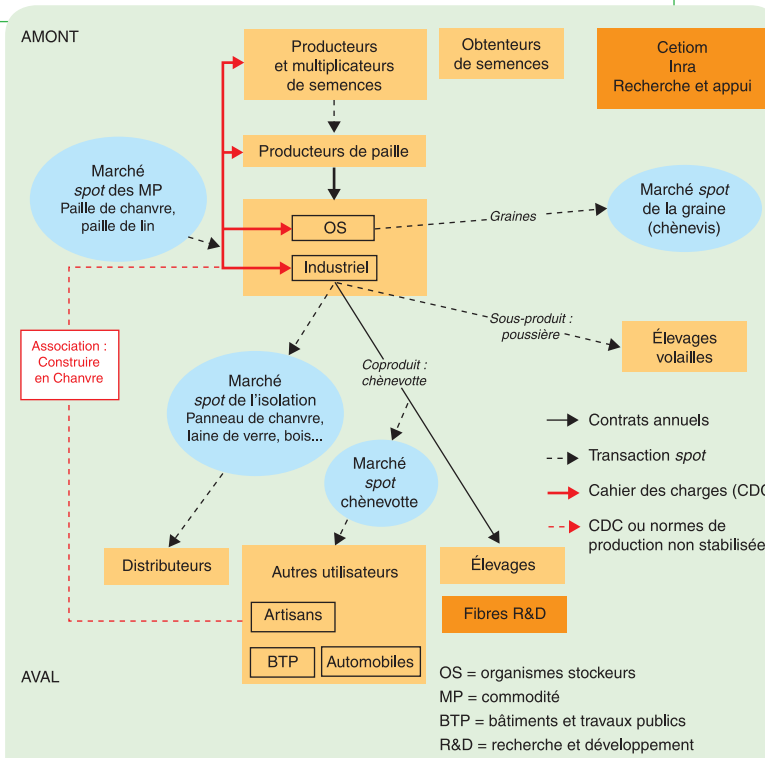


Figure 20. Chanvre industriel : intégration en amont et forme *spot* en aval.

L'organisation de cette filière est caractérisée par des liens forts en amont, sous forme de contrats, de cahiers des charges régissant les modes de production et d'un conseil technique apporté aux producteurs par la coopérative, qui possède l'outil industriel. Cette forte intégration permet d'ajuster la production de matière première aux besoins de l'usine. Mais l'organisation *spot* du marché en aval, caractérisé par une concurrence forte exercée par d'autres produits d'isolation, freine le développement de ce marché pour le chanvre. La demande, insuffisante, ne « tire » pas la production.

bâtiment à comparer les performances techniques spécifiques de chaque type de matériau. Si les propriétés thermiques et environnementales des panneaux de chanvre sont intéressantes, elles ne permettent pas de démarquer suffisamment le produit sur le marché. Aussi cette diversité questionne-t-elle les modes d'établissement des normes de construction et des critères de comparaison, potentiellement nombreux : résistance thermique (critère principal), résistance au feu, comportement à l'eau, résistance mécanique, ou encore impact environnemental.

Dans la situation actuelle, les panneaux de chanvre produits par la Cavac Biomatériaux se retrouvent dans une configuration similaire à celle du pois en alimentation animale : un produit substituable par des produits moins chers, dont la qualité est maîtrisée et qui répond aux standards technologiques pour la construction d'un produit standardisé : l'isolation d'un bâtiment. Les principaux clients des industriels étant des grandes et moyennes surfaces (GMS), l'organisation du marché sur une logique *spot* est un frein au développement d'une demande spécifique sur les panneaux de chanvre. Devant la difficulté à concurrencer les produits de substitution en aval, les industriels ont du mal à gagner des parts de marché. Finalement, la demande ne « tire » pas l'offre, et il apparaît difficile de rehausser le prix garanti de la paille auprès des agriculteurs, sans répercuter le prix sur les produits finis, déjà relativement chers par rapport à leurs concurrents. Ainsi, malgré une intégration forte de la production, permettant à l'amont de contrôler théoriquement l'offre, le marché *spot* en aval ne permet pas d'ajuster une stratégie de production suffisamment incitative pour amortir l'outil industriel (encadré 8).

La difficile coordination d'une filière « atomisée »

La coordination pour la stabilisation des innovations

Dans un tel contexte de marché, les industriels semblent dans une impasse pour la valorisation de la fibre de chanvre sur le marché de l'isolation. La question de l'évolution des normes de l'habitat apparaît centrale pour que les produits à base de chanvre puissent trouver leur place sur le marché de la construction immobilière. S'il s'agit là d'une voie explorée par les industriels et l'interprofession, d'autres pistes sont à l'étude pour inciter les agriculteurs à développer des surfaces en chanvre. L'objectif est de capter des marchés à plus haute valeur ajoutée à travers la valorisation d'autres parties de la plante, mais surtout d'augmenter l'offre en panneaux de chanvre et d'en faire baisser le prix final pour gagner en compétitivité par rapport aux autres produits d'isolation. Ces marchés à forte valeur ajoutée sont potentiellement multiples : la valorisation de la graine (huileries, cosmétique, etc.) permettrait de dégager une marge brute à la parcelle très intéressante pour les agriculteurs ; la chènevotte, auparavant considérée comme un sous-produit du défibrage de la paille, est susceptible de devenir un coproduit valorisé sur différents marchés (construction de bétons de chanvre pour le bâtiment, éléments de tissu automobile, etc.) ; enfin, l'industrie de la plasturgie est également un marché potentiel supplémentaire pour la fibre et la chènevotte.

Mais le développement de ces nouveaux marchés se heurte à certains verrous technologiques à différentes étapes de la production (récolte de la graine, construction de bétons de chanvre homologués, définition des normes des produits, etc.). L'« atomisation » de la filière, constituée par de nombreux acteurs positionnés dans des logiques de bassins de « production/transformation/utilisation » localisés, ainsi que la concurrence auprès des GMS, ayant exacerbé certaines tensions entre les bassins de production, compliquent la coordination pour lever ces verrous et l'organisation de la mise en marché des produits. Toutefois, les acteurs de ces bassins de production restent très actifs pour lever ces verrous, à travers la mise en place de collaborations interentreprises (« coopétition » ou partenariats avec des industriels de l'aval), de partenariats entre acteurs publics et privés.

Quelles réponses aux agriculteurs et industriels au niveau de la production de semences ?

L'éclatement de la filière à l'échelle nationale n'a pas été suivi au niveau de la sélection et de la production de semences. En effet, le secteur de la sélection (Fédération nationale des producteurs de chanvre, FNPC) et de la multiplication (Coopérative centrale des producteurs de semences de chanvre, CCPSC) se caractérise par une situation de monopole pour la vente de semences aux producteurs. Cette situation de concentration de l'activité en amont se traduit par le fait qu'un seul fournisseur de semences certifiées doit répondre à une forte hausse de la demande. Les coûts associés aux procédures de contrôle, obligatoires pour les producteurs de semences étant donné les particularités du chanvre (teneur en molécules psychotropes), semblent contribuer à la hausse des prix des semences, et affecter la marge brute des producteurs.

D'autre part, les multiples utilisations potentielles de la plante ont fait émerger autant de variabilité dans les exigences de l'aval en ce qui concerne la sélection. En effet, selon les marchés visés, les critères de sélection prioritaires diffèrent. Alors que la sélection était orientée vers une amélioration du comportement de la paille dans l'industrie papetière, les efforts de sélection et de multiplication doivent désormais s'orienter vers d'autres procédés industriels, comme la teneur en fibre ou en chènevotte, ou la qualité de la graine. Et, alors que certains marchés et procédés industriels ne sont pas stabilisés, la concurrence entre les firmes et les différents débouchés limite la coordination pour une définition consensuelle des priorités de sélection à l'échelle de la filière. Cette coordination est d'autant plus nécessaire que les sélectionneurs (FNPC) disposent de moyens limités étant donné la taille relativement faible de la filière.

Le sous-système d'information de la filière : de l'échelle locale à l'échelle nationale

La construction de références agronomiques contextualisées par rapport aux différentes conditions pédoclimatiques est un enjeu majeur pour la filière. D'une production de connaissances essentiellement référencées au contexte de production du bassin de l'Aube, la nécessité d'élargir géographiquement les activités de recherche finalisée a

considérablement modifié l'organisation de l'appui à la filière. Alors que les agriculteurs se sont engagés dans la culture du chanvre dans différentes régions, le manque de références technico-économiques disponibles et accessibles s'est avéré un facteur non négligeable de l'échec de certaines cultures peu après leur introduction. Dans un premier temps, les activités d'élaboration de ces références n'ont pas été redéployées et n'ont donc pas suivi l'éclatement géographique de la production, occasionnant alors certaines tensions entre les acteurs du bassin historique de production et les « néo-industriels ».

Le fort dynamisme des projets de R&D témoigne d'une filière active, qui se structure et qui progresse. Mais l'atomisation de ces projets et l'autonomie des bassins de production dans leur accès à l'information sont des enjeux qui appellent à davantage de coordination. Les pouvoirs publics peuvent utilement aider à ce processus de coordination. Toutefois, la réorganisation progressive de l'interprofession et l'évolution des instituts techniques à l'échelon national (intégration de l'Institut technique du chanvre au Cetiom) traduisent une volonté de dépasser ces difficultés de coordination *via* une facilitation des flux d'informations entre les bassins de production, et de renforcer la visibilité de la filière à l'échelle nationale et internationale.

Filières en circuits courts : contourner les difficultés de coordination à l'échelle nationale

Parallèlement à l'émergence des bassins industriels de production, la filière est également caractérisée par l'émergence de productions localisées dans différentes régions de France, à l'initiative de groupements de producteurs qui s'organisent autour d'une petite unité de transformation. Ces groupements de producteurs représentent au total entre 1 000 et 3 000 ha de surface selon les années, soit près d'un tiers des surfaces totales implantées en chanvre. La culture du chanvre est apparue comme très intéressante pour ces producteurs, indépendamment du développement des industriels. Réalisant eux-mêmes les travaux de récolte, ils s'affranchissent des charges opérationnelles importantes liées à la réalisation des travaux par des entreprises de travaux agricoles, comme dans le cas des bassins industriels.

Ces groupements sont parfois le siège d'innovations (modification d'outils de récolte, acquisition d'homologations pour différents produits phytosanitaires, etc.) et se positionnent sur des marchés de niche ayant pour principaux partenaires des petites entreprises et des artisans locaux, s'affranchissant ainsi des coûts de production de l'échelle industrielle. Il en résulte la création d'un réseau local, au sein duquel les interactions entre acteurs sont relativement fortes. Au niveau national, l'association C3 (Chanvriers en circuits courts) fédère l'ensemble des producteurs qui sont dans une logique de circuits courts, et travaille à la standardisation et à l'harmonisation des normes de production. Devant les difficultés des approches industrielles, les initiatives locales, impulsées dans un premier temps à petite échelle, semblent être une voie pour insérer la culture du chanvre progressivement dans les systèmes de culture. En ce sens, le soutien des collectivités locales et l'implication des structures du système d'information de la filière

(Interchanvre, Cetiom, chambres régionales d'agriculture, Inra, etc.) apparaissent comme des facteurs clés pour l'introduction de la culture dans les assolements, notamment à l'échelle réduite dans un premier temps.

Une culture potentiellement rémunératrice pour les agriculteurs

Le chanvre, qui a fait ses preuves auprès des agriculteurs dans le bassin traditionnel de l'Aube, a su séduire de nombreux agriculteurs dans les différentes régions où une filière a été mise en place autour de cette « nouvelle » culture, grâce aux intérêts agronomiques et environnementaux qu'on lui prête. Ses faibles besoins en intrants (et la faible charge de travail qui y est associée) ainsi que d'autres propriétés agronomiques qui s'expriment à l'échelle de la rotation — comme son effet précédent sur le rendement de la culture suivante (bien qu'il ne soit précisément évalué ni par les agriculteurs ni par les organismes de développement), mais aussi son caractère nettoyant vis-à-vis des adventices ou encore ses effets sur la structure du sol — sont en effet attestés par les agriculteurs.

Le développement rapide des surfaces dans le nouveau Bassin vendéen, favorisé par un mode de contractualisation peu contraignant, a été accompagné par la mise en place d'une organisation relativement efficace des travaux agricoles orchestrée par la coopérative, mais a laissé peu de temps aux agriculteurs et techniciens pour maîtriser l'itinéraire technique de la culture. Cela a conduit de nombreux agriculteurs à abandonner la culture, du fait de rendements en paille (et donc de résultats économiques) décevants par rapport aux performances annoncées et de difficultés lors de la récolte. La nette progression des rendements observée de 2009 à 2011 a toutefois conforté un noyau dur de producteurs. Celle-ci masque cependant une forte variabilité interexploitations, observée également dans le bassin traditionnel de l'Aube. Les déterminants de cette variabilité du rendement en paille commencent à être étudiés, mais le rendement en graine (récoltée en plus de la paille dans certains bassins) et la qualité de la paille et de la graine sont peu étudiés.

La comparaison des marges brutes annuelles sur la période 2007-2011, sur la base des enquêtes auprès de producteurs et des informations issues de centres de gestion, indique qu'en moyenne interannuelle la rentabilité du chanvre est de l'ordre de celle du blé et du colza dans l'Aube, malgré les prix élevés de ces deux dernières cultures sur les années les plus récentes. La compétitivité du chanvre est moindre en Vendée, où sa marge est inférieure à celles des cultures les plus représentées (blé, colza, tournesol, maïs irrigué). Celle-ci est cependant en nette amélioration du fait de l'augmentation des rendements ; en outre, les marges de progression existent, notamment par la valorisation de la graine qui devrait rapidement être effective grâce aux moyens investis par la coopérative.

Le chanvre est introduit à raison de 9 % en moyenne et jusqu'à 20 % dans les assolements des agriculteurs interrogés dans les bassins de l'Aube et de Vendée. La zone cultivable peu contrainte du chanvre fait que, même lorsque sa sole est importante, les agriculteurs n'ont pas de difficulté à respecter le délai de retour conseillé de quatre

à cinq ans. Celui-ci est en effet indispensable afin de prévenir l'apparition de risques phytosanitaires sur la culture du chanvre, comme ce fut le cas dans le bassin de l'Aube dans les années 2000 avec le développement de l'orobanche rameuse, qui constitue l'unique parasite du chanvre à l'heure actuelle. On note que si le colza, culture fortement présente dans les régions de production du chanvre, est également hôte de l'orobanche rameuse, des cultures de diversification comme le lin ou le pois permettent de réduire le stock de semences dans le sol en favorisant la germination de l'orobanche sans permettre sa multiplication.

Leviers pour le développement du chanvre industriel

L'étude de l'émergence des nouveaux bassins de production met en évidence le rôle clé des coopératives dans le développement de nouvelles cultures sur un territoire. La stratégie d'intégration et d'accompagnement de la production vers l'amont permet d'identifier plusieurs leviers pour inciter les agriculteurs à insérer la culture dans leur système : la contractualisation à prix garanti, l'appui des techniciens des coopératives, traduisant une volonté de partage du « coût du changement ». Cependant, à l'échelle de la production agricole, un frein majeur réside dans l'acquisition de références technico-économiques dans les différents bassins de production. Ces références devraient objectiver plus précisément les performances possibles et les risques dans différents milieux (y compris à faibles potentiels), et permettre de raisonner les pratiques en tenant compte des conditions d'expression des effets précédent positifs du chanvre. Enfin, si le chanvre s'étend dans un bassin, il faudra être vigilant aux risques d'apparition d'orobanche, qui constitue aujourd'hui, dans le plus ancien des bassins (l'Aube), une cause d'arrêt de la culture.

Comme pour le lin, l'approfondissement des connaissances concernant d'une part l'impact de l'introduction de cette culture dans les rotations, et d'autre part les déterminants de la variabilité du rendement, de la qualité de la paille et de la qualité de la graine de chanvre, constitue une priorité pour la R&D. Au niveau local, la mise en place de dispositifs permettant d'affiner la compréhension des causes de variation interannuelle et interparcellaire de la production ainsi qu'un accompagnement des agriculteurs dans la conception de systèmes de culture adaptés permettraient d'améliorer les performances agronomiques et économiques de la culture pour les agriculteurs.

En aval, la difficile concurrence des autres produits d'isolation freine la demande. Les leviers ont été identifiés principalement à deux niveaux :
– la reconnaissance de caractéristiques spécifiques des panneaux de chanvre permettrait de différencier ce produit sur le marché. L'appui public aux utilisateurs, *via* une reconnaissance de qualités environnementales et technologiques spécifiques des « constructions écologiques », peut se matérialiser par une labellisation ou par différents outils de soutien (crédit d'impôt). La question de la définition des normes de construction, des procédures d'homologation des produits est également au cœur de cet enjeu ;
– la valorisation des autres parties de la plante (chènevis, chènevotte, graine) sur de nouveaux marchés permettrait d'améliorer aussi bien la marge brute à la parcelle que la

rentabilité de l'outil industriel. La stabilisation des innovations sur lesquelles repose la valorisation de ces parties de la plante questionne la capacité de la filière à innover et à définir des standards de production partagés entre acteurs.

Ces leviers renvoient à l'organisation de la filière dans son ensemble, et à la coordination des acteurs au sein de l'interprofession. Le développement et l'organisation des flux d'informations sont un enjeu majeur pour la stabilisation des débouchés en aval, pour la définition de priorités de recherche et de sélection, et pour la maîtrise technique de la culture en amont.

Regard transversal sur les trois organisations de filières

Au regard de la littérature en économie des organisations, trois grands types d'organisations de filière ont été mis en évidence, dont le tableau 3 synthétise les caractéristiques.

Organisations de type *spot*

La plupart des filières de l'alimentation animale dans lesquelles sont valorisées les espèces de diversification (à l'exception du lin) sont caractérisées par ce type d'organisation. Si le pois protéagineux est l'exemple choisi dans cette étude, d'autres cultures parmi les douze espèces abordées sont également valorisées dans de telles filières. Les freins au développement de la féverole, du lupin et du sorgho trouvent ainsi leur origine dans le mode d'organisation du marché, qui les met en concurrence avec les matières premières dominantes (tourteau de soja, blé, maïs, tourteau de colza, etc.). Ces filières sont caractérisées par une concurrence forte entre les matières premières qui sont aisément substituables dans les pratiques de formulation qui visent une standardisation des débouchés. Par conséquent, les incitations à insérer ces cultures dans les assolements sont difficilement efficaces ; il en est de même pour les incitations des acteurs de l'aval à les utiliser. Seule la compétitivité-coût de ces cultures est un signal économique intéressant pour les acteurs de ces filières ; or celle-ci est défavorable pour ces espèces de diversification par rapport aux cultures dominantes. La dispersion de la collecte, face à la concentration géographique des FAB, génère des coûts de transaction importants pour ces derniers, les dissuadant de chercher un approvisionnement régulier pour une espèce de diversification donnée.

Ces filières sont ainsi caractérisées par une faiblesse des liens de coordination entre l'amont et l'aval, que ce soit dans leur mode de transaction (peu de contrats) ou dans l'échange d'informations (connaissances, références techniques, etc.). Par conséquent, les agriculteurs ont non seulement des difficultés à valoriser ces cultures sur un marché concurrentiel, mais ils font face également à un manque d'appui technique spécifique.

Organisations de type intégration verticale

Ces filières sont caractérisées par une coordination verticale forte, à travers la mise en place de contrats de production et de cahiers des charges pour le développement d'une production tracée, mais répondant également à une recherche de qualité spécifique de la matière première. Pour s'assurer un approvisionnement régulier, les industriels contractualisent avec les OS, qui à leur tour contractualisent avec les agriculteurs. Ces derniers sont donc incités à pratiquer ces cultures par les acteurs en aval (industriels ou coopératives), par des contrats de production dont les prix sont indexés sur les cultures dominantes dans l'assolement, mais également par un dispositif d'accompagnement et de formation. Le risque est partagé entre l'agriculteur et les autres structures de la filière. La filière lin oléagineux en alimentation animale est l'exemple illustratif de ce type de filière, mais on retrouve aussi ce mode d'organisation dans les cas de la moutarde condiment (contrats entre les industriels et les producteurs) et de plusieurs filières en alimentation humaine (féverole à destination du marché égyptien, lupin, pois chiche).

Ces filières sont également structurées par des réseaux d'acteurs rassemblant les différents maillons de la filière à l'échelon national (association Bleu-Blanc-Cœur, GIE Linéa) ou local (Lin Tradition Ouest, Terre de Lin, Association moutarde de Bourgogne, etc.). Ces réseaux facilitent les échanges d'informations entre les différents opérateurs, mais également entre les opérateurs et les structures du système d'information (instituts techniques agricoles, instituts de recherche, associations de consommateurs, etc.).

Organisations dites « hybrides »

Caractérisées par un degré d'intégration variable entre les différents maillons de la chaîne de production, ces filières présentent généralement une intégration verticale relativement forte en amont (contrats de production entre les OS et les agriculteurs), mais les produits en aval sont soumis à une concurrence importante sur un marché plus indifférencié face à d'autres produits ayant des propriétés similaires (par exemple, les panneaux de chanvre sont concurrencés par la laine de verre, les vêtements en lin par ceux en coton, les bouchons de luzerne par les tourteaux de soja, etc.). Les industriels, qui sont souvent structurellement liés à des coopératives cherchant à diversifier leurs marchés, cherchent spécifiquement à s'approvisionner en une matière première (chanvre, luzerne, etc.) et souhaitent donc inciter les agriculteurs à intégrer ces cultures dans leurs assolements. Mais les difficultés concurrentielles rencontrées par le marché en aval ne leur permettent pas de dégager suffisamment de valeur ajoutée pour financer ces incitations et étendre ainsi leur bassin d'approvisionnement. Cette difficulté concurrentielle tient peut-être à la perception d'une insuffisante différenciation des produits aux yeux du consommateur.

Ces filières sont caractérisées par un ancrage territorial relativement fort, l'approvisionnement des usines étant principalement localisé aux alentours. Cependant, ces logiques de bassins génèrent dans le cas du chanvre des rivalités et rendent plus difficile la coordination d'une filière ayant de multiples débouchés pour les échanges d'informations

Tableau 3. Comparaison des trois filières de diversification.

Filière		Pois	Lin	Chanvre
Mode d'organisation de la filière		*Spot*	Intégré	Hybride
Mode d'organisation des relations amont		*Spot*	Contractualisé	Contractualisé
Incitation à la production en amont	Incitations à adopter la culture	Incitations faibles (prix du marché peu incitatif, aides ponctuelles)	Incitations plus ou moins fortes et crédibles (prix garantis indexés) selon les bassins	Incitations relativement fortes sur les différents bassins
	Coûts de transaction (liés à la logistique)	Élevés (offre trop dispersée)	Faibles (existence d'intermédiaires agrégeant une offre dispersée)	Moyens (concurrence entre bassins)
	Appui technique	Limité au niveau local, perte de technicité sur la culture	Important : réalisé par les OS, les associations, etc., mais variable selon les bassins	Existence de références localisées, mutualisation des références difficile
Mode d'organisation des relations amont-aval		Lien « perdu », filière « a-territorialisée »	Fort : organisation en collèges pour chaque maillon de la filière	Contractualisé au niveau de l'industrie
Mode d'organisation des relations aval		*Spot*	Intégré	*Spot* (concurrence des débouchés)
Organisation du système d'informations		Faible transmission d'informations amont-aval	Forte transmission d'informations amont-aval (nombreux intermédiaires)	Transmission forte, mais uniquement au sein des bassins de production Transmission faible entre bassins
Maîtrise technique de la production		Références sur les effets précédent disponibles Rendements irréguliers, causes connues	Références sur les effets précédent à conforter Rendements irréguliers, causes souvent inconnues	Références quasi inexistantes sur les effets précédent Rendements irréguliers même dans les bassins traditionnels

OS : organismes stockeurs.

ou la construction de références techniques accessibles aux agriculteurs. Dans le cas de la luzerne déshydratée, la mise en place d'une structure unique de commercialisation permet de contourner cet obstacle.

L'analyse de ces trois modes d'organisation questionne donc largement les modalités d'évolution du système de production agricole français. Elle reflète la diversité des acteurs et la complexité des relations entre les entreprises et entre le sous-système d'information et le sous-système opérant d'une filière de production. Le développement des surfaces pour une espèce de diversification donnée requiert une analyse fine de cette complexité, et appelle une diversité de leviers à actionner simultanément, dans une logique systémique.

Conclusion générale et recommandations

L'HYPOTHÈSE RETENUE AU DÉBUT DE L'ÉTUDE est que la diversification des cultures suppose un déverrouillage du régime sociotechnique qui domine l'agriculture actuelle. Les cas d'étude, et particulièrement les trois cas approfondis, ont permis de valider cette hypothèse et de la préciser : l'ensemble des acteurs (des agriculteurs aux industriels, des organismes de recherche et de R&D aux structures de conseil, des semenciers aux OS) ont organisé leurs stratégies autour des « grandes espèces », que ce soit pour des raisons organisationnelles ou logistiques, pour répondre à l'offre ou à la demande de leurs partenaires économiques, pour réaliser des économies d'échelle ou pour réduire des coûts de transaction. De nombreux mécanismes d'autorenforcement, caractéristiques d'un verrouillage technologique, ont été décrits dans la présente étude, dont les interconnexions sont particulièrement mises en évidence par les études approfondies des filières pois et chanvre. Le régime sociotechnique organisé autour des cultures dominantes et de la simplification des assolements freine ainsi le développement des cultures de diversification par différents processus étroitement imbriqués :

– une difficulté à coordonner l'évolution de la demande des filières et celle des volumes de production. Quand la demande croît (lin), les volumes de production ne suivent pas toujours, et le différentiel est comblé par des importations ; quand la production croît sous l'effet d'un soutien public (pois), les utilisateurs potentiels, qui se sont organisés autrement (FAB près des ports), ne sont pas forcément intéressés ;

– un manque de références techniques sur la plupart des espèces mineures, concernant la conduite des cultures dans différentes conditions pédoclimatiques, leurs effets précédent, les causes d'accidents de rendement (qu'il faudrait connaître pour les corriger). Ces lacunes affectent la compétitivité de la production. Lors de la montée en puissance d'une nouvelle culture, les concurrences entre bassins peuvent en outre retarder l'élaboration de ces références ;

– un progrès génétique moins rapide que sur les « grandes espèces », dû à un investissement en sélection plus faible, mais aussi à une difficulté des sélectionneurs à anticiper les besoins de filières qui ne sont pas encore stabilisées. Les entreprises de sélection ont besoin d'un minimum de lisibilité sur la demande future pour décider d'investir sur une espèce mineure, ou de sélectionner sur des critères de qualité précis liés à un procédé industriel susceptible de faire décoller une filière.

Les réseaux d'acteurs, les innovations et les acquisitions de références et de compétences clés qui ont accompagné la structuration des filières des cultures majeures leur confèrent autant d'atouts pour renforcer leur position concurrentielle sur les marchés. Si l'on souhaite favoriser la diversification, il est essentiel, ainsi que l'ont montré les trois études de cas approfondies, que ces cultures puissent présenter des avantages concurrentiels suffisamment incitatifs. Pour cela, il apparaît indispensable d'agir simultanément et

de manière coordonnée sur trois leviers complémentaires : les débouchés, la coordination des acteurs des filières, l'amélioration des techniques de production et de la génétique.

Promouvoir la diversification des cultures, c'est d'abord promouvoir de nouveaux débouchés

Dans un contexte de déréglementation des politiques agricoles, les États affichent la volonté de s'appuyer sur davantage de régulations par les marchés. Même si elle doit, pour s'initier, être soutenue par les pouvoirs publics, la diversification ne perdurera sur le long terme que si l'action des pouvoirs publics est relayée par les mécanismes du marché. D'où le choix, dans cette étude, d'entrer par les débouchés et d'appréhender les logiques productives agricoles en fonction des logiques de marché.

Pour créer de nouveaux débouchés, une constante dans les cas étudiés est l'importance de fonder la différenciation des produits issus des cultures de diversification sur des qualités reconnues par le marché : qualité nutritionnelle (valorisée par Bleu-Blanc-Cœur dans le cas du lin) ; qualité technologique, souvent associée à un nouveau procédé breveté (thermo-extrusion des graines oléoprotéagineuses par l'industriel Valorex, fabrication de poudre de protéine de lupin par la coopérative Terrena, extraction de l'amidon de pois par l'industriel Roquette, etc.) ; qualité environnementale dans l'usage du produit (chanvre dans l'écobâtiment) ; qualité liée à l'origine (signes officiels déjà présents ou à construire). La valorisation de ces qualités par le marché octroie un supplément de valeur ajoutée susceptible de favoriser et de soutenir la production de ces espèces de diversification. Cependant, cette différenciation peut entraîner des coûts de transaction (collecte, stockage, traçabilité, etc.) qui peuvent réduire son intérêt économique, tout particulièrement en présence d'une offre de cultures de diversification éclatée sur le territoire. La coordination des acteurs le long de la filière est essentielle pour réduire ces coûts de transaction.

La coordination des acteurs et la structuration des filières

Étant donné que seule une stratégie de différenciation par la qualité permet de générer une plus-value suffisante pour favoriser le développement des cultures de diversification, les filières liées à ces cultures doivent gérer l'ensemble des coûts de transaction qui peuvent les affecter à différents stades : la production en amont (choix d'itinéraires techniques, choix variétaux, etc.), la transformation (choix de procédés technologiques, choix d'additifs et d'ingrédients, etc.), la commercialisation (choix de circuits de distribution, etc.). Pour un agriculteur, l'adoption d'une nouvelle culture implique la mise en place d'investissements spécifiques (en matériels, mais aussi en formations et connaissances nouvelles afin de maîtriser les itinéraires techniques) d'autant plus coûteux que

le choix de la diversification est risqué. Pour inciter les agriculteurs à faire ces choix, il est crucial de garantir un rendement suffisant et stable de leurs investissements. Pour cela, il importe que la filière qui assure un accès au marché aux cultures de diversification soit coordonnée autour de contrats, garantissant aux agriculteurs un accompagnement technique et un débouché, et aux transformateurs un approvisionnement sur le long terme. D'une manière générale, la contractualisation pluriannuelle permet d'engager les différents maillons de la filière dans la pérennité du processus de production spécifique qui est mis en place. Elle permet ainsi de donner plus de lisibilité dans les choix productifs de l'amont jusqu'à l'aval ; elle peut permettre de renforcer la cohésion entre les filières agricoles et alimentaires, ainsi qu'entre les filières végétales et animales, en assurant une meilleure transmission de la valeur ajoutée et des connaissances entre les acteurs des filières. Cependant, l'efficacité d'une telle contractualisation suppose que les contractants aient un poids suffisant pour qu'aucun ne puisse tirer à l'excès le contrat dans un sens qui le favorise. Pour cela, une politique publique réglementant ces contrats de long terme pourrait s'avérer utile.

Cette coordination des acteurs est fondamentale. Le cas du lin illustre le risque qu'un débouché s'ouvre et qu'il soit pourvu par des importations, faute d'une coordination suffisante entre les acteurs de la production et ceux de la transformation. Cette coordination passe par un cahier des charges garantissant la qualité du produit agricole et sa traçabilité. Elle doit aussi inclure l'élaboration et la diffusion de références, comme le montre le cas du pois : il est apparu possible de motiver des agriculteurs à produire une culture à faible marge annuelle en les sensibilisant à l'intérêt d'une évaluation pluriannuelle de leur système de culture. L'insuffisance de la structuration des filières et de la coordination entre les acteurs, de l'aval à l'amont, semble constituer une cause majeure de l'échec de la construction de certaines filières de diversification.

Dans la plupart des cas analysés, les dynamiques de diversification ont été initiées au niveau local, le bassin de production semblant constituer une échelle propice à l'émergence d'une nouvelle filière et à la coordination des acteurs qui s'y engagent. Parfois la filière reste limitée à cette échelle (pois chiche, moutarde), parfois elle s'étend à d'autres régions (lin, chanvre). Les coopératives jouent un rôle majeur dans la construction de ces filières locales, en mobilisant des agriculteurs et en nouant avec l'aval des accords ouvrant des débouchés. Mais l'analyse approfondie des trois cas montre l'importance d'une mobilisation simultanée d'autres acteurs : R&D agricole, sélectionneurs, centres de gestion. Le développement de niches d'innovation suppose de promouvoir l'émergence et la consolidation de telles dynamiques locales : comment peut-on procéder pour que des acteurs des filières (coopératives, transformateurs, distributeurs), de la R&D agricole (organismes de recherche, instituts techniques, chambres d'agriculture, coopératives, Civam, etc.) et les agriculteurs coordonnent leurs stratégies autour d'une culture de diversification ? Peut-on imaginer des dispositifs de partenariat originaux s'inspirant des *clusters* industriels développés dans d'autres secteurs d'activité (par exemple dans l'aéronautique ou l'informatique) ? Ces derniers, soutenus par des politiques publiques

de long terme (dix ans avec évaluation à mi-parcours, par exemple), pourraient favoriser la mise en œuvre d'innovations technologiques, agronomiques et organisationnelles et la capitalisation des expériences (techniques et économiques) nécessaires à la construction et à la pérennisation de nouvelles filières agro-industrielles. À ce titre, les partenariats européens pour l'innovation (PEI) en agriculture tels qu'ils sont envisagés par la Commission européenne pourraient offrir un cadre adapté. En effet, ces PEI veulent développer des « groupes locaux d'innovation » associant les différents acteurs d'un territoire autour d'enjeux locaux, tout en favorisant la capitalisation des connaissances et des expériences.

La mobilisation des acteurs de la recherche et développement, du conseil et de la sélection

Si les dynamiques de coordination entre acteurs s'initient souvent au niveau local, un investissement des organismes de R&D nationaux, en coordination avec leurs homologues européens, est indispensable à la fois pour créer des connaissances sur les espèces de diversification (génétique, écophysiologie, agroécologie, technologie de transformation, économie des filières, etc.) et pour assurer un soutien méthodologique aux acteurs des filières émergentes (méthodes de sélection, appui à la construction d'itinéraires culturaux et de systèmes de cultures ou de procédés industriels, par exemple). D'ores et déjà, l'investissement sur certaines espèces de diversification est très significatif, comme le montre l'analyse bibliométrique réalisée dans cette étude (voir encadré 3, p. 36). Cependant, plusieurs espèces ne semblent faire aujourd'hui l'objet d'aucun investissement réel en R&D pour les conditions françaises : lupin, moutarde condiment, pois chiche, mais aussi lentille, sarrasin, etc. ; d'autres sont relativement connues sur le plan agronomique, mais ne font pratiquement pas l'objet de travaux de base en génétique : chanvre, lin, avoine, etc. Se donner comme objectif national d'enrayer le processus de spécialisation suppose de s'interroger sur l'équilibre des investissements en R&D entre les espèces majeures (blé, maïs, colza, etc.) et les mineures. Un réinvestissement sur ces dernières doit être réfléchi, de manière articulée, aux niveaux régional, national et européen.

Au niveau régional, il apparaît indispensable de consolider et d'adapter les références sur la productivité, les marges et les effets précédent des cultures de diversification. Si, au niveau national, la littérature technique souligne souvent les effets bénéfiques des cultures de diversification sur les cultures suivantes (et parfois quantifie ces avantages), les références sont rarement régionalisées. Les organismes de comptabilité et de gestion, qui calculent pour leurs clients des marges moyennes par culture dans leur région, ne disposent pas de données permettant de nuancer ces marges selon le précédent ou, mieux, de faire des calculs pluriannuels. Alors que la fluctuation des prix pousse à des raisonnements d'assolement court-termistes, les agriculteurs tendent à perdre de vue l'intérêt d'un raisonnement au niveau des rotations. Un effort soutenu (de la part des organismes

de R&D, de conseil et de gestion) de diffusion d'informations quantifiées sur les marges comparées des rotations plus ou moins diversifiées est indispensable pour contrebalancer cette tendance. Toujours au niveau régional, l'organisation d'un accompagnement des agriculteurs dans l'apprentissage des nouvelles cultures, par le renforcement des réseaux d'expérimentation et de conseil, mais aussi par le partage d'expériences innovantes au sein de groupes d'agriculteurs, est apparu crucial. Les contrats de production proposés aux agriculteurs pourraient prévoir des dispositifs légers de recueil d'indicateurs propres à expliquer la variabilité des performances (entre parcelles, entre années) et à guider l'évolution des pratiques. Parties prenantes, par là même, du processus collectif d'innovation lié au développement de la culture de diversification, les agriculteurs seraient ainsi plus enclins à s'impliquer de manière durable dans la nouvelle filière.

Cependant, des tensions ont été relevées entre des dynamiques régionales en concurrence, qui peuvent être préjudiciables à la fixation d'objectifs de sélection consensuels et au partage des références. Si le développement des cultures de diversification reste le fait d'acteurs locaux non coordonnés entre territoires, il plafonnera vite. Dès lors que se dessinent plusieurs bassins de production avec des acteurs différenciés, une structuration forte de l'interprofession apparaît nécessaire pour, d'une part, engager le dialogue avec les sélectionneurs sur les objectifs de sélection à privilégier et, d'autre part, organiser les échanges et l'adaptation des références entre territoires.

Pour un sélectionneur, investir dans une filière émergente constitue un risque important, d'autant plus si les critères de qualité recherchés sont encore mal stabilisés. Les pouvoirs publics ont certainement un rôle à jouer, en aidant les sélectionneurs à s'investir sur quelques espèces stratégiques (comme cela a été fait pour le pois ou le lupin durant les années 1970 et 1980). Une coordination au niveau européen des stratégies de sélection des espèces mineures est indispensable. Un réinvestissement de la recherche publique sur la génétique et la sélection des « petites » espèces est fortement souhaité par les acteurs des filières.

Paradoxalement, la gestion des bioagresseurs sur les cultures de diversification apparaît comme un frein à leur développement, alors même que c'est l'une des raisons pour lesquelles on cherche à diversifier les assolements et rotations d'un point de vue agronomique et environnemental. L'homologation de produits phytosanitaires adaptés aux cultures de diversification est freinée par le faible intérêt économique que ces cultures représentent pour les firmes agrochimiques et par la difficulté des filières concernées à la financer. L'absence de solution chimique pour répondre à des problèmes parasitaires ou d'adventices est perçue comme un risque supplémentaire par les agriculteurs, et constitue donc un frein au développement des cultures de diversification. D'autres solutions, biologiques ou agronomiques, existent souvent (pas toujours cependant), mais elles sont très peu utilisées, peut-être parce qu'elles sont encore peu connues, ou parce qu'elles reposent sur des logiques temporelles (principes agronomiques au niveau de la rotation) et spatiales (gestion collective à l'échelle du territoire) plus complexes à mettre en œuvre.

Quels leviers pour l'action publique ?

Une conclusion majeure de l'étude, appuyée à la fois sur la littérature scientifique (théories du verrouillage et des transitions) et sur les résultats de l'enquête de terrain, est que tout chemin vers la diversification repose nécessairement sur la mobilisation simultanée et organisée de nombreux acteurs. Pour impulser ou faciliter cette mobilisation, l'action publique doit être raisonnée de manière systémique, et combiner différentes mesures complémentaires visant à infléchir les stratégies des différents acteurs et les coordinations entre eux. Dans la situation complexe décrite dans l'étude, et compte tenu des nombreuses interdépendances et sources de verrouillage qu'elle souligne, les séduisantes simplifications du type « un problème, une solution » ou « un objectif de politique publique, un instrument » n'ont plus cours.

La théorie des transitions conduit à proposer de mobiliser simultanément et de manière coordonnée deux grandes catégories de leviers :
– développer des niches d'innovation, lieux de réalisation des processus d'apprentissage et de construction de nouveaux réseaux économiques ; ces niches auront vocation à abriter la construction et la consolidation de filières de diversification ;
– inciter le régime sociotechnique standard à évoluer, à ouvrir des fenêtres d'opportunités à la faveur desquelles certaines filières de diversification pourront se développer et dépasser le statut de niche, voire s'hybrider avec le régime standard en contribuant ainsi à son évolution (c'est-à-dire à sa transition).

Soutenir le développement de niches d'innovation

Les filières dont le développement sera soutenu pourront être choisies en fonction des débouchés potentiels et du dynamisme des acteurs concernés, mais aussi de leur impact sur les performances environnementales des systèmes de culture. Les actions envisageables auraient plusieurs objectifs.
– *Favoriser la mise en place et soutenir des dispositifs de partenariat* entre acteurs des filières, de la R&D, du conseil, de la recherche publique, de la sélection et des collectivités locales, de relativement longue durée (par exemple dix ans), visant à construire, au niveau local ou régional, des filières de diversification. Ces dispositifs devraient en particulier aider à construire et à pérenniser les réseaux d'acteurs, et contribuer à l'incubation et à la validation des innovations technologiques, agronomiques et organisationnelles nécessaires à la compétitivité de la filière… Ils auraient pour vocation de mobiliser ensemble les acteurs des filières et des territoires sur des projets favorables à la fois au développement territorial et à l'environnement. On pourrait imaginer que de tels dispositifs soient soutenus dans le cadre du second pilier de la PAC, et notamment des partenariats européens pour l'innovation en cours de construction.
– *Renforcer le dispositif des mentions valorisantes* (au premier rang desquelles les signes officiels de qualité) permettant de mieux positionner auprès du consommateur

final les produits issus des cultures de diversification, en mettant en avant une qualité spécifique telle qu'une qualité environnementale ou nutritionnelle. En ce sens, la certification HVE (haute valeur environnementale) pourrait contribuer au développement des cultures de diversification. La mise en place d'un signe de qualité « agriculture-santé » pour des produits à forte qualité nutritionnelle (tels que les produits animaux riches en oméga 3, les légumes secs) favoriserait aussi certaines des cultures de diversification.

– *Soutenir l'innovation technologique et génétique relative aux filières de diversification.* D'une manière générale, ce point renvoie à la programmation des choix de la recherche publique, au financement des *clusters* dans l'agroalimentaire et, sans doute, aux priorités de la banque d'investissement. Concernant plus particulièrement l'innovation variétale, plusieurs voies (non exclusives) peuvent être empruntées : susciter un réinvestissement de la recherche publique dans la sélection des espèces orphelines, organiser le partenariat entre acteurs publics et privés sur la sélection des espèces mineures, soutenir les sélectionneurs privés s'investissant sur des espèces de diversification, en coordination avec les acteurs de la production et de la transformation. Le soutien à l'innovation doit aussi concerner la mise à disposition de solutions phytosanitaires pour des usages mineurs, en particulier les couples « culture de diversification-bioagresseur » pour lesquels il n'y a pas de solution alternative efficiente.

– *Promouvoir un investissement de l'ensemble du dispositif de R&D agricole français* sur l'écophysiologie et la conduite des espèces de diversification pour comprendre et réduire l'instabilité du rendement, sur les systèmes de culture diversifiés ainsi que sur le rôle écologique de la diversification des cultures au niveau des paysages. Une priorité serait de mettre au point, pour toutes les espèces de diversification : des références adaptées régionalement sur leurs performances, considérées du point de vue quantitatif, qualitatif et environnemental ; des références sur leurs effets précédent et sur les marges pluriannuelles ; des outils de diagnostic pour aider les agriculteurs à analyser et à surmonter les échecs dans la phase d'apprentissage de la culture des nouvelles espèces. La création de références sur les cultures de diversification et sur les rotations diversifiées pourrait être un thème obligatoire des contrats d'objectifs des organismes financés par les fonds du ministère chargé de l'Agriculture dédiés au développement agricole et rural (Casdar). Les organismes de gestion des exploitations agricoles pourraient être incités à proposer à leurs clients des analyses pluriannuelles incluant les effets précédent ou les marges rotationnelles. Enfin, bien que l'étude n'ait pas approfondi ce point, il serait opportun d'intensifier les travaux sur les systèmes de polyculture-élevage, dont le recul historique a contribué à la simplification des assolements (voir encadré 1, p. 10).

– *Promouvoir un observatoire des cultures mineures dans les territoires et de leur place dans les assolements et rotations,* de manière à suivre les processus de diversification à l'œuvre et d'être en mesure d'en apprécier les implications agronomiques, écologiques et économiques. Pour cela, il serait nécessaire de différencier, dans les statistiques, les espèces mineures, souvent regroupées sous un intitulé global peu propice à leur suivi.

Inciter le régime sociotechnique standard à évoluer

Les propositions qui suivent visent à modifier le « paysage » du régime sociotechnique standard afin d'inciter les acteurs à faire évoluer leur comportement vis-à-vis des cultures et des filières de diversification. Ces leviers ne sont pas issus des trois cas approfondis, mais ont été évoqués par les experts interrogés pour la première partie de cette étude.

– *Susciter une diversification des cultures* via *les règlements de la PAC :* le volet diversification du verdissement de la PAC 2013 constitue un premier signal, même si les études réalisées, sous l'égide du Commissariat général au développement durable[3] par exemple, suggèrent qu'il n'aura en l'état que des effets limités. La pérennisation et l'augmentation d'un soutien spécifique aux légumineuses pourraient avoir un effet intéressant, à condition que les filières liées à ces cultures soient consolidées.

– *Promouvoir des filières de diversification par les marchés publics* (restauration collective des établissements publics, isolation à base de ressources agricoles locales dans les bâtiments publics, etc.), ce qui suppose sans doute une évolution des critères d'attribution de marchés.

– *Connecter la politique environnementale avec une politique de soutien aux filières de diversification.* Les politiques environnementales pourraient promouvoir la diversification des assolements et des rotations, sources de réduction de l'usage de pesticides et d'eau d'irrigation, et, dans le cas des légumineuses, de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Ainsi, par exemple, la politique de l'eau pourrait favoriser le développement des filières de diversification, par un encouragement à l'allongement des successions dans les aires d'alimentation de captages.

S'adressant à des processus à forte inertie, l'ensemble de ces propositions ne pourra être suivi d'effet que si les mesures correspondantes sont mises en œuvre sur la durée (dix ans plutôt que cinq ans) et affichées, dès leur mise en place, comme des mesures devant durer. Cette condition est essentielle pour susciter, tant en sélection que dans les filières de transformation, les investissements spécifiques et de long terme nécessaires à l'innovation et pour consolider, chez l'ensemble des acteurs, des stratégies crédibles de long terme.

3. Commissariat général au développement durable, 2012. « Diversification des cultures dans l'agriculture française – état des lieux et dispositifs d'accompagnement », *Études et documents*, n° 67, 20 p.

Références bibliographiques

Introduction

Altieri M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 74 (1-3), 19-31.

Fraser E.D.G., 2006. Crop diversification and trade liberalization: linking global trade and local management through a regional case study. *Agriculture and Human Values*, 23 (3), 271-281.

Fuzeau V., Dubois G., Thérond O., Allaire G., 2012. Diversification des cultures dans l'agriculture française – état des lieux et dispositifs d'accompagnement. *Études et documents*, 67, 24 p.

Griffon M., 2006. *Nourrir la planète : pour une révolution doublement verte*, Paris, Odile Jacob (Sciences), 456 p.

Labarthe P., 2010. Services immatériels et verrouillage technologique : le cas du conseil technique aux agriculteurs. *Économies et sociétés*, 44 (2), 173-196.

Schott C., Mignolet C., Meynard J.M., 2010. Les oléoprotéagineux dans les systèmes de culture : évolution des assolements et des successions culturales depuis les années 1970 dans le bassin de la Seine. *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 17 (5), 276-291.

Vanloqueren G., Baret P.V., 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy*, 38 (6), 971-983.

Encadré « spécialisation »

Bennett A.J., Bending G.D., Chandler D., Hilton S., Mills P., 2012. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological Reviews*, 87 (1), 52-71, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00184.x>.

Chatellier V., Gaigné C., 2012. Les logiques économiques de la spécialisation productive du territoire agricole français. *Innovations agronomiques*, 22, 185-203, <http://www7.inra.fr/ciag/content/download/4745/36126/version/1/file/Vol22-12-Chatellier.pdf >.

Jeuffroy M.H., Michel L., Guichard L., Makowski D., Mignolet C., 2012. Conséquences de l'évolution des systèmes de culture en France sur l'évolution des rendements. *In : Colloque SFER-ABER « Le foncier dans tous ses états : productivité, marché et gestion »*, 25 mai 2012, Lille.

Pinochet X., Noël V., 2012. Colza : les changements de pratiques nuancent les progrès de la sélection. *Perspectives agricoles*, 393, 34-35.

Verrouillage

Arthur W.B., 1994. *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, Ann Arbor, Michigan, University of Michigan Press (Economics, Cognition, and Society), 224 p.

Cowan R., Gunby P., 1996. Sprayed to death: path dependence, lock-in and pest control strategies. *Economic Journal*, 106 (436), 521-542.

David P.A., 1985. Clio and the economics of qwerty. *American Economic Review*, 75 (2), 332-337.

Dosi G., 1988. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 26 (3), 1120-1171.

Fares M., 2012. Greening the supply chains. *In: International Conference « Public Procurement in a Warming World »*, 5-6 mai 2012, Paris.

Fares M., Magrini M.B., Triboulet P., 2012. Transition agroécologique, innovation et effets de verrouillage : le rôle de la structure organisationnelle des filières. Le cas de la filière blé dur française. *Cahiers Agricultures*, 21 (1), 34-45.

Geels F.W., 2005. *Technological Transitions and System Innovations: A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis*, Cheltenham, UK, Northampton, Mass., Edward Elgar Pub, 318 p.

Hart O., 1995. *Firms, Contracts, and Financial Structure*, Clarendon Press, Oxford University Press, 240 p.

Kemp R., 1994. Technology and the transition to environmental sustainability. The problem of technological regime shifts. *Futures*, 26 (10), 1023-1046.

Labarthe P., 2010. Services immatériels et verrouillage technologique : le cas du conseil technique aux agriculteurs. *Économies et sociétés*, 44 (2), 173-196.

Lamine C., 2011. Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM. *Journal of Rural Studies*, 27 (2), 209-219.

Sykuta M., James H.S., 2004. Organizational economics research in the US agricultural sector and the Contracting and Organizations Research Institute. *American Journal of Agricultural Economics*, 86 (3), 756-761.

Diversification

Chavas J.-P., 2001. Structural change in agricultural production: economics, technology and policy. *Handbook of Agricultural Economics* (Bruce L.G., Gordon C.R., eds), Elsevier, 263-285.

Hardaker J.B., Huirne R.B.M., Anderson J.R., Lien G., 2004. Strategies decision makers can use to manage risk. *In: Coping with Risk in Agriculture* (Hardaker J.B., Huirne R.B.M., Anderson J.R., Lien G., eds), Wallingford, CABI Publishing, 265-286.

Just R.E., Pope R.D., 2001. The agricultural producer: theory and statistical measurement. *Handbook of Agricultural Economics* (B.L. Gardner, G.C. Rausser, eds), Elsevier, 629-741.

Markowitz H.M., 1959. *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, New York, John Wiley and Sons (Monograph, 16), 384 p.

Moschini G., Hennessy D.A., 2001. Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers. *Handbook of Agricultural Economics*, 1, Amsterdam, Elsevier, 88-153.

Panorama pour douze cultures de diversification

Ademe-ITCF, 1998. Luzerne. *In : Les cultures ligno-cellulosiques et herbacées pour la production de biomasse à usage non alimentaire*, Paris, Ademe, 6 p.

Agreste, 2012. Exploitations de grandes cultures en France métropolitaine. Recensement agricole 2010. Des grandes cultures dans deux tiers des exploitations. *Primeur*, 283, 8 p.

Amigues J.P., Debaeke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F., Thomas A., 2006. Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, Paris, Inra, 72 p.

Arvalis-Unip, 2011. *Féveroles de printemps et d'hiver. Guide de culture 2011*, 28 p.

Butault J.P., Dedryver C.A., Gary C., Guichard L., Jacquet F., Meynard J.M., Nicot P., Pitrat M., Reau R., Sauphanor B., Savini I., Volay T., 2010. EcoPhyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Synthèse du rapport d'étude, Paris, Inra, 90 p.

Cavaillès E., 2009. La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ? *Études et documents*, (15), 44 p.

Chantre E., 2011. Apprentissages des agriculteurs vers la réduction d'intrants en grandes cultures : cas de la Champagne berrichonne de l'Indre dans les années 1985-2010. Doctorat, Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, spécialité Agronomie, Paris, AgroParisTech, 397 p.

Compagnone C., Hellec F., Morlon P., Macé K., Munier-Jolain N., Quéré L., 2008. Raisonnement des pratiques et des changements de pratiques en matière de désherbage : regards agronomique et sociologique à partir d'enquêtes chez des agriculteurs. *Innovations agronomiques*, 3, 89-105.

Dockès A.C., 2008. Cinq scénarios pour l'agriculture et les agriculteurs à l'horizon 2015. Paris, Institut de l'élevage, 4 p.

Dongmo A.L., Munier-Jolain N., 2011. Assessment of cropping systems with low herbicide inputs: technical feasibility and economic profitability at the farm level. *Cahiers Agricultures*, 20 (6), 468-479.

Dronne Y., 2003. L'approvisionnement en protéines de la France dans son contexte européen et mondial. *Fourrages*, (174), 107-128.

Duc G., Blancard S., Hénault C., Lecomte C., Petit M.-S., Bernicot M.H., Bizouard F., Blanc N., Blondon A., Blosseville N., Bonnin E., Bois B., Castel T., Challan-Belval C., Coulon C., Delattre M., Deytieux V., Dobrecourt J.F., Dumas M., Geloen M., Humeau F.H.E., Jeuffroy M.H., Killmayer M., Larmure A., Lelay D., Leseigneur A., Mabire J.B., Mangin P., Marget P., Million G., Raynard L., Robin P., Ronget D., Richard Y., Vaccari V., Vermue A., Villard A., Villery J., Vivier C., 2010. Potentiels et leviers pour développer la production et l'utilisation des protéagineux dans le cadre d'une agriculture durable en Bourgogne. *Innovations agronomiques*, 11, 157-173.

Filippi M., Triboulet P., 2006. Typologie des comportements à innover des coopératives agricoles. Une étude en région Midi-Pyrénées. *Économie rurale*, 296 (20-38), 70.

Gaume J.-F., Coulombel A., 2009. Fiche culture Lin oléagineux. *Alter Agri*, 97 (septembre-octobre 2009), 11-13.

Guidez B., 2011. L'agronomie dans l'exploitation agricole : quelle utilité ? *Agronomie, environnement et sociétés*, 1 (0), 16-18.

Justes E., Beaudoin N., Bertuzzi P., Charles R., Constantin J., Dürr C., Hermon C., Joannon A., Le Bas C., Mary B., Mignolet C., Montfort F., Ruiz L., Sarthou J.P., Souchère V., Tournebize J., Savini I., Réchauchère O., 2012. Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques. Synthèse du rapport d'étude, Paris, Inra, 60 p.

Labalette F., Lande N., Wagner D., Roux-Duparque M., Saillet E., 2011. La filière lin oléagineux française : panorama et perspectives. *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 18 (3), 113-122.

Lapierre O., 2005. Système des acteurs et stratégie de formulation. *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 12 (3), 217-223.

Lejars C., Fusillier J.L., Bouarfa S., Coutant C., Brunel L., Rucheton G., 2012. Limitation of agricultural groundwater uses in Beauce (France): what are the impacts on farms and on the food-processing sector? *Irrigation and Drainage*, 61, 54-64.

Mischler P., Lheureux S., Dumoulin F., Menu P., Sene O., Hopquin J.P., Cariolle M., Reau R. ; Munier-Jolain N., Faloya V., Boizard H., Meynard J.M., 2009. Huit fermes de grande culture engagées en production intégrée réduisent les pesticides sans baisse de marge. *Le courrier de l'environnement*, (57), 73-91.

Munier-Jolain N., Carrouee B., 2003. Quelle place pour le pois dans une agriculture respectueuse de l'environnement ? Argumentaire agri-environnemental. *Cahiers Agricultures*, 12 (2), 111-120.

Munier-Jolain N., Dongmo A., 2010. Fonctionnement des exploitations et organisation du travail en protection intégrée. *Innovations agronomiques*, 8, 57-67.

Peyronnet C., Pressenda F., Alibert L., Bouvarel I., 2010. Pois et tourteau de colza : deux matières premières complémentaires pour l'alimentation animale. *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 17 (5), 319-324.

Schaller N., 2012. La diversification des assolements en France : intérêts, freins et enjeux. Analyse. *Centre d'études et de prospectives*, 51 (août 2012), 4 p.

SupAgro Montpellier, 2007. Mémento technique sur la culture du pois chiche, 30 p.

Ternois N., 2005. Une nouvelle tête de rotation : du lin oléagineux pour suppléer le colza ou le pois. *Cultivar*, 590 (avril 2005), 30-33.

Tiers N., 2005. Le sorgho remplace le maïs avec brio. *Cultivar*, 59 (mai 2005), 34-37.

Tivoli B., 2011. Variétés de fèverole et de pois protéagineux résistantes aux pathogènes : identification des sources de résistance et méthodologies de sélection. Inra, filière Protéagineux, fiche 3.

Waligora C., 2010. Tournesol et sorgho : deux bonnes options agronomiques (dossier : en culture). *Techniques culturales simplifiées*, 56, 8-12.

Filière et exploitation pois

Agreste, Ambiaud E., 2010. Enquêtes sur les matières premières utilisées pour la fabrication d'aliments composés pour animaux de ferme. *Agreste Primeur*, 203 (décembre 2007), 4 p.

Agreste, Ambiaud E., Lesieur C., 2011. Les matières premières dans les aliments composés pour animaux à la ferme en 2009. De nouvelles sources d'approvisionnement. *Agreste Primeur*, 258 (mars 2011), 4 p.

Arvalis-Unip-FNAMS, 2011. *Pois protéagineux de printemps et d'hiver. Guide de culture 2011-2012*, Paris, Arvalis-Institut du végétal, 40 p.

Bétencourt E., 2009. Diagnostic agronomique en Midi-Pyrénées. Comment améliorer les rendements en pois protéagineux et féverole biologique ? *Alter Agri*, 94 (mars-avril 2009), 10-12.

Cavaillès E., 2010. Avantages environnementaux et économiques d'une relance des légumineuses en France. Paris, Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du développement durable (SEEIDD) du Commissariat général au développement durable (CGDD), Un point sur, 4 p.

Céréopa, 2000. Un éclairage original sur la consommation des matières premières en alimentation animale. Céréopa, Présentation du modèle Prospective aliment, <http://www.cereopa.com/actions/prospective-aliment.html>.

Coop de France, 2008. Comprendre les prix aliments composés pour animaux. Note technique, Paris, Coop de France, 4 p.

CTPS, 2010. Règlement technique d'examen des variétés de plantes protéagineuses.

Dronne Y., 2003. L'approvisionnement en protéines de la France dans son contexte européen et mondial. *Fourrages*, (174), 107-128.

Duc G., Mignolet C., Carrouée B., Huyghe C., 2010. Importance économique passée et présente des légumineuses : rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution. *Innovations agronomiques*, 11, 1-24.

Gueguen J., Duc G., Boutin J.P., Dronne Y., Munier-Jolain N., Sève B., Tivoli B., 2008. *La filière protéagineuse, quels défis ?* Versailles, Éditions Quæ, 160 p.

Jeuffroy M. H., Baranger E., Carrouée B., de Chezelles E., Gosme M., Hénault C., Schneider A., Cellier P., 2013. Nitrous oxide emissions from crop rotations including wheat, rapeseed and dry pea. *Biogeosciences*, 10, 1787-1797.

Lapierre O., 2004. Culture et élevage : quelles relations, quelles synergies ? *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 11 (4/5), 261-267.

Lapierre O., 2005. Système des acteurs et stratégie de formulation. *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 12 (3), 217-223.

Lapierre O., Pressenda F., 2002. Adaptation of high protein raw material supply strategies for European livestock feeding. *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 9 (2-3), 86-91.

Munier-Jolain N., Biarnès V., Chaillet I., Jeuffroy M.H., Lecoeur J., 2005. *Agrophysiologie du pois protéagineux*, Versailles, Éditions Quæ, coll. Mieux comprendre, 284 p.

Pressenda F., Lapierre O., 2003. Reconquête de l'autonomie protéique : quelles stratégies pour les productions avicoles ? *In : 5es Journées de la recherche avicole*, 26-27 mars 2003, Tours, 5 p.

Unip, 2012a. *Chiffres clés protéagineux 2011-2012 France – pois-féverole-lupin*, Paris, Unip, 2 p.

Unip, 2012b. Note aux opérateurs. *Lettre de l'Unip sur les productions et les marchés*, 364 (22 mars 2012), 2 p.

Valorex, 2011. *Valorex s'investit dans la filière végétale avec des prix garantis* (dossier de presse), 17 p.

Filière et exploitation lin

Bleu-Blanc-Cœur, 2008. *Charte Bleu-Blanc-Cœur d'engagements volontaires de progrès nutritionnel*, Paris, BBC-Programme national Nutrition Santé, 54 p.

Brunschwig P., Hurtaud C., Chilliard Y., Glasser F., 2010. L'apport de lin dans la ration des vaches laitières : effets sur la production, la composition du lait et des produits laitiers, et les performances de reproduction. *Productions animales*, 23 (4), 307-318.

Cetiom-ITL, 2011. *Lin graine d'hiver 2011*, Paris, Cetiom, 6 p.

Flénet F., 2004. *Références pour de nouveaux itinéraires techniques en lin graine*, Amiens, Alternatech, 130 p.

Hurtaud C., Agabriel C., Dutreuil M., Rouille B., 2010. Caractérisation de la composition des laits selon les pratiques d'alimentation dans les principales régions laitières françaises. *Rencontres Recherche Ruminants*, 17, 381-384.

Labalette F., Lande N., Wagner D., Roux-Duparque M., Saillet E., 2011. La filière lin oléagineux française : panorama et perspectives. *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 18 (3), 113-122.

Landé N., Labalette F., 2011. La culture du lin oléagineux relancée par les oméga 3. *Perspectives agricoles*, 381 (septembre 2011), 8-11.

Lessirard J., Bouvier C., Dupré J.-Y., 2009. *Amélioration de la qualité nutritionnelle des produits alimentaires. Analyse de la démarche mise en œuvre par la filière Bleu-Blanc-Cœur. Propositions pour une agriculture à vocation Nutrition Santé*, Paris, ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER n° 1824), 71 p.

Musella M., Cannata S., Rossi R., Mourot J., Baldini P., Corino C., 2009. Omega-3 polyunsaturated fatty acid from extruded linseed influences the fatty acid composition and sensory characteristics of dry-cured ham from heavy pigs. *Journal of Animal Science*, 87 (11), 3578-3588.

Noblet J., Jaguelin-Peyraud Y., Quemeneur B., Chesneau G., 2008. Valeur énergétique de la graine de lin chez le porc : impact de la technologie de cuisson-extrusion. *In : 40es Journées de la recherche porcine*, 5-6 février 2008, Paris, 203-208.

Onidol-Cetiom, 2011. L'avenir de la filière du lin oléagineux français. Brochure, Paris, Onidol, 6 p.

Poncet C., Rémond D., Lepage E., Doreau M., 2003. Comment mieux valoriser les protéagineux et oléagineux en alimentation des ruminants. Caractéristiques nutritionnelles des oléagineux (graines et tourteaux) et des protéagineux. *Fourrages*, 174, 205-229.

Razminowicz R.H., Kreuzer M., Leuenberger H., Scheeder M.R.L., 2008. Efficiency of extruded linseed for the finishing of grass-fed steers to counteract a decline of omega-3 fatty acids in the beef. *Livestock Science*, 114 (2-3), 150-163.

Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2004. *Tables de composition et de valeurs nutritives des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons*, Versailles, Inra Éditions-AFZ, 293 p.

Talpin J., 2003. Du lin graine en tête d'assolement. *La France agricole*, 3014 (19 décembre 2003).

Valorex, 2010. Quand les animaux sont bien nourris, l'homme se porte mieux ! Dossier de presse, Combourtillé, Valorex, 13 p.

Valorex, 2011. Valorex s'investit dans la filière végétale avec des prix garantis. Dossier de presse, 17 p.

Valorex, 2012. Valorex veut remplacer le soja importé par des graines oléoprotéagineuses françaises. Dossier de presse, Combourtillé, Valorex.

Weill P., Schmitt B., Legrand P., 2001. Évolution des paramètres lipidiques sanguins chez l'homme secondaire à l'introduction de lin, riche en acide alpha-linolénique (n-3), dans l'alimentation d'animaux destinés à la consommation humaine. *OCL – Oléagineux, corps gras, lipides*, 8 (4), 333-335.

Weill P., Schmitt B., Chesneau G., Daniel N., Safraou F., Legrand P., 2002. Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 46 (5), 182-191.

Filière et exploitation chanvre

Ademe-Alcimed, 2007. *Marché actuel des bioproduits industriels et des biocarburants. Évolutions prévisibles à échéance 2015-2030 : synthèse*, Paris, Ademe, 55 p.

Bertucelli S., 2009. L'isolation en chanvre. *In : Colloque Bâtiments écologiques : quelles solutions concrètes ?*, 27 janvier 2009, Sénat, Palais du Luxembourg, Paris, 16 p.

Bertucelli S., 2011a. *La filière française et européenne du chanvre industriel*, Interchanvre, 24 mai 2011, Toulouse, 15 p.

Bertucelli S., 2011b. Biomatériaux et pouvoirs publics : quelles actions pour l'avenir. *In : Congrès Construire en chanvre*, 9-11 juin 2011, Sens.

Caron P., Barbier M., 2010. Collaborative research and sustainable agricultural innovation: the role of non-absorptive intermediary actors. The case of industrial hemp and flax sectors in France. *In: Proceedings of a Symposium on Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food*, 28 juin-1er juillet 2010, Cirad, Montpellier, France.

Cetiom, 2011. *Tableau récapitulatif des variétés de chanvre inscrites au catalogue Cetiom 2011. Chanvre industriel*, Paris, Cetiom, 4 p.

Chopin S., 2009. Amortir plus rapidement sa presse avec la récolte du chanvre. *La France agricole*, 3305, 38-39.

Couderc P., Boutrou F., 2011. La filière chanvre en Aquitaine et Midi-Pyrénées. Présentation Euralis et Agrofibre. *In : Journée Chanvre et techniques textiles en Midi-Pyrénées*, 4 mai 2011, Cazères, 16 p.

Ernst &Young-AND International, 2005. Évaluation de l'organisation commune de marché dans le secteur du lin et du chanvre. Rapport final, Bruxelles, Commission européenne, DG Agriculture, 123 p.

Fibres recherche développement-Meirhaeghe C., 2011. Évaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux en France. Rapport final, Paris, Ademe, 84 p.

FNPC, 2008. *Les variétés de chanvre de la FNPC. Objectifs de sélection, gamme développée*, Paris, Fédération nationale des producteurs de chanvre, 31 p.

Garnier E., Nieddu M., Barbier M., Kurek B., 2007. The dynamics of the French hemp system and its stakeholders. *Journal of Industrial Hemp*, 12 (2), 67-87, DOI: 10.1300/J237v12n02_05.

La France agricole, 2005. Un réel engagement des producteurs. *La France agricole*, 3090 (24 juin 2005).

Oléopro, 2012. *Le chanvre, plante modèle du développement durable*, Paris, Cetiom, 4 p.

Salviac D., 2011. La filière française du chanvre industriel et l'évolution de sa structuration. *In : Congrès Construire en chanvre*, 8 juin 2011, Sens.

Liste des principaux sites internet consultés

AFIP	<http://afip.asso.fr>
Agreste	<http://agreste.agriculture.gouv.fr>
Arvalis	<http://www.arvalis-infos.fr>
BASF	<http://www.agro.basf.fr>
Céréopa	<http://www.cereopa.com/fr>
Cerfrance	<http://www.cerfrance.fr>
Cetiom	<http://www.cetiom.fr>
Chanvre Mellois	<http://www.chanvre-mellois.com>
Construire en chanvre	<http://www.construction-chanvre.asso.fr>
Coop de France	<http://www.coopdefrance.coop/fr>
Coop de France Déshydratation	<http://www.luzernes.org>, <http://culture-luzerne.org>
DRIAAF Ile-de-France	<http://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr>
E-phy	<http://e-phy.agriculture.gouv.fr>
Commission européenne	<http://ec.europa.eu/agriculture>
Feedbase	<http://www.feedbase.com>
GNIS	<http://www.gnis.fr>
Guide Ecocert	<http://www.ecocert.fr>
Inra	<www.inra.fr>
Insee	<http://www.insee.fr>
Interchanvre	<http://www.interchanvre.com>
LCDA (La Chanvrière de l'Aube)	<http://www.chanvre.oxatis.com>. Culture du chanvre en Champagne-Ardenne (consulté le 11 septembre 2012).
OCDE	<http://www.oecd.org/fr>
Unip	<http://www.unip.fr>
Valorex	<http://www.valorex.com>

Liste des auteurs

Aude Charlier. Unité Inra « Impacts écologiques des innovations en production végétale » (EcoInnov), Grignon ; UMR Inra-AgroParisTech « Sciences pour l'action et le développement – Activités, produits, territoires » (SAD APT), Grignon

François Charrier. UMR Inra-INPT « Agrosystèmes et développement territorial » (AGIR), Toulouse

M'hand Fares. UMR Inra-INPT « Agrosystèmes et développement territorial » (AGIR), Toulouse

Marianne Le Bail. UMR Inra-AgroParisTech « Sciences pour l'action et le développement – Activités, produits, territoires » (SAD APT), Grignon

Marie-Benoît Magrini. UMR Inra-INPT « Agrosystèmes et développement territorial » (AGIR), Toulouse

Antoine Messéan. Unité Inra « Impacts écologiques des innovations en production végétale » (EcoInnov), Grignon

Jean-Marc Meynard. Département Inra « Sciences pour l'action et le développement » (SAD), Grignon

Olivier Réchauchère. DEPE, Délégation à l'expertise scientifique, à la prospective et aux études, Inra

Isabelle Savini. DEPE, Délégation à l'expertise scientifique, à la prospective et aux études, Inra

Édition : Juliette Blanchet
Formaté typographiquement par DESK (53) :
02 43 01 22 11 – desk@desk53.com.fr

Dans un contexte où les assolements continuent à se simplifier avec des rotations de plus en plus courtes et un recours massif aux intrants agricoles — pesticides, engrais et eau —, la diversification des cultures apparaît indispensable pour réduire l'usage de ces intrants et les nuisances environnementales associées à leur utilisation excessive.

Cependant, malgré son intérêt écologique et économique pour les systèmes de production, et son inscription dans divers plans et dispositifs incitatifs, la diversification des cultures progresse peu. Les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement ont donc commandé à l'Inra une étude visant à identifier les freins à cette diversification en France, mais aussi les leviers mobilisables par les pouvoirs publics et les acteurs motivés pour la favoriser.

Reposant sur des études de cas représentatifs de la diversité des caractéristiques agronomiques des cultures de diversification, des modes d'organisation des filières et de l'engagement des acteurs économiques, cet ouvrage montre que les freins à la diversification sont directement liés au fonctionnement global du système agro-industriel dominant.

Cet ouvrage analyse les principaux obstacles au niveau des filières agro-industrielles et des exploitations agricoles. Il propose aux pouvoirs publics et aux acteurs motivés des pistes pour favoriser l'émergence de nouvelles filières, capables de bousculer les schémas productifs très spécialisés, en mobilisant conjointement et de manière coordonnée les acteurs de l'agriculture, de la transformation, de la recherche et développement et de la sélection variétale.

Conduite par une équipe composée d'agronomes et d'économistes, cette étude a mobilisé un cadre d'analyse multidisciplinaire associant de manière très intégrée agronomie des pratiques et économie des filières. Elle repose sur un inventaire des freins et leviers à la diversification des cultures établi à partir d'une étude bibliographique et d'entretiens avec des experts des douze espèces étudiées, inventaire complété par une analyse approfondie de trois filières de diversification réalisée à partir d'enquêtes.

En couverture : vue aérienne autour de Chalon-sur-Saône, région de Bourgogne, © Slagmulder Christian, Inra.

25 €

ISBN : 978-2-7592-2278-0

9 782759 222780

ISSN : 2115-1229
Réf. : 02470

éditions Quæ

Éditions Cirad, Ifremer, Inra, Irstea
www.quae.com

INRA SCIENCE & IMPACT