

Diversité des agricultures – le cas des filières céréales, oléagineux et légumineuses à graines

Aude Barbottin, Jean-Michel Chardigny, Thierry Chardot, Gilles Charmet, Philippe Debaeke, Gérard Duc, Anthony Fardet, Marie-Hélène Jeuffroy, Valerie Lullien-Pellerin, Marie-Benoît Magrini, et al.

▶ **To cite this version:**

Aude Barbottin, Jean-Michel Chardigny, Thierry Chardot, Gilles Charmet, Philippe Debaeke, et al.. Diversité des agricultures – le cas des filières céréales, oléagineux et légumineuses à graines. Innovations Agronomiques, 2018, 68, pp.39-77. 10.15454/VRRBGL . hal-01974618

HAL Id: hal-01974618
https://hal.science/hal-01974618

Submitted on 8 Jan 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Innovations Agronomiques 68 (2018), 39-77

Diversité des agricultures – le cas des filières céréales, oléagineux et légumineuses à graines

Barbottin A.[1], Chardigny J.M.[2], Chardot T.[3], Charmet G.[4], Debaeke P.[5], Duc G.[6], Fardet A.[7], Jeuffroy M.H.[8], Lullien-Pellerin V.[9], Magrini M.B.[5], Marion D.[10], Mouloungui Z.[11], Renard M.[12], Sebillotte C.[13]

[1] UMR SADAPT, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, F-78850, Thiverval-Grignon

[2] INRA DPTI, F-75338 Paris Cedex

[3] UMR IJPB, INRA, AgroParisTech, CNRS, F-78026 Versailles Cedex

[4] UMR GDEC, INRA, Université Clermont-Auvergne, F-63000 Clermont-Ferrand

[5] UMR AGIR, INRA, INP-Toulouse, F-31326 Castanet-Tolosan Cedex

[6] UMR Agroécologie, INRA, AgroSup Dijon, Université de Bourgogne, F-21065 Dijon Cedex

[7] Université Clermont Auvergne, INRA, UNH, CRNH Auvergne, F-63000 Clermont-Ferrand

[8] UMR Agronomie, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, F-78850 Thiverval-Grignon

[9] IATE, INRA, CIRAD, Univ Montpellier, Montpellier SupAgro, F-34000 Montpellier

[10] UR BIA, INRA, F-44316 Nantes Cedex 3

11 LCAI, INRA, INPT-ENSIACET, F-31030 Toulouse Cedex 4

[12] UMR IGEPP, INRA, Agrocampus Ouest Rennes, Université Rennes 1, F-35653 Le Rheu Cedex

[13] UR ALISS, INRA, F-94205 Ivry-sur-Seine Cedex

Correspondance : aude.barbottin@inra.fr

Résumé

L'objectif de cet article est de décrire, sans être exhaustif, la diversité des agricultures en mobilisant des exemples au niveau du système technique et des pratiques culturales, pour la France métropolitaine et pour trois filières : les céréales, les oléagineux et les légumineuses à graines.

L'analyse de la diversité des agricultures montre que des voies de diversification des systèmes techniques et des pratiques culturales existent, mais que celles-ci sont fortement dépendantes de la diversité des voies de valorisation dans les filières. Au sein de ces dispositifs de valorisation, hormis quelques dispositifs spécifiques, les recommandations sur les pratiques sont suffisamment vastes pour permettre une diversité de systèmes de culture et de production, dès lors que les critères technologiques d'accès à la filière sont atteints. Il convient alors de s'interroger sur le poids de ces critères technologiques sur les choix techniques des agriculteurs. Il apparait également nécessaire de questionner la valeur donnée à la diversité par les différents acteurs des filières, de l'agriculteur au consommateur, en évaluant notamment la performance économique des systèmes agricoles les plus diversifiés ainsi que les leviers pour augmenter les performances d'une agriculture diversifiée. Il s'agit d'élargir le socle de connaissances sur lequel les acteurs pourront concevoir eux-mêmes de nouvelles formes de diversité et d'ouvrir le débat avec les acteurs des filières sur la préservation des formes de diversité des agricultures comme potentiel de résilience.

Mots-Clés : Diversité des agricultures ; Pratiques ; Variétés ; Facteurs de diversité ; Filières ; Questions de recherche

Abstract : Agricultural diversity –the cereals, the oleaginous and the grain-legumes supply chains

The objective of this article is to describe, without being exhaustive, the diversity of agriculture through examples of cropping systems and cultural practices, for metropolitan France and for three crop production sectors: cereals, oilseeds and legumes.

The analysis of the diversity reveals ways of diversification of technical systems and cultural practices, that are strongly dependent on the diversity of added values of the sectors. With a few notable exceptions, the recommendations on the practices are vast enough to allow a diversity of cropping and farming systems, once the technological criteria of the sector have been met. Then, it is worth considering the weighting allocated to these technological criteria on the technical choices of the farmers. It also seems necessary to question the value given to the diversity by the various actors, from farmers to consumers, by estimating, in particular, the economic performance of the most diversified agricultural systems as well as the levers to increase the performances of a diversified agriculture. To strengthen resilience, it seems necessary to widen the core of knowledge on which the actors can devise new forms of diversity and to open the debate on the agricultural diversity.

Keywords : Agricultural diversity ; Agricultural practices ; Genotype ; Way to diversify practices ; Production network ; Research questions

Préambule

Ce travail est issu d'une commande faite aux groupes filières céréales, oléagineux et légumineuses à graines de s'interroger sur la diversité des agricultures dans ces filières. L'objectif de cet article est de décrire, au travers d'exemples, la diversité des agricultures, les freins qu'elle rencontre et les leviers qui la favorise. L'hypothèse préalable est que la diversité est un facteur de résilience des systèmes de production et des filières pour faire face aux changements d'ordre socio-économique ou environnementaux.

Nous avons retenu plusieurs clés d'entrée pour décrire la diversité des agricultures, sans prétendre à l'exhaustivité: la structure économico-sociale des exploitations, l'orientation des débouchés, les techniques de production, les objectifs et les valeurs qui sous-tendent les pratiques des acteurs… Ces multiples entrées peuvent se combiner pour analyser les types de diversité d'agricultures rencontrées, comme cela a été conduit dans d'autres travaux sur la diversité des modèles agricoles (Plumecocq et al., 2018 ; Thérond et al., 2017). Cette diversité s'apprécie également au travers du vocable utilisé par les acteurs (par exemple, agriculture paysanne, agriculture familiale, agriculture de subsistance, agriculture marchande, agriculture collaborative…) ou de la manière dont leurs pratiques sont qualifiées (par exemple, agriculture raisonnée, intégrée, biologique, intensive…), tout en sachant que, là aussi, des recoupements s'opèrent entre ces caractéristiques. Nous renvoyons aussi à l'article Barbottin et al. (2018) du présent numéro dans lequel un certain nombre de qualificatifs sont présentés pour compléter notre analyse.

Le choix de l'échelle d'analyse est également fondamental. Différentes échelles peuvent être mobilisées pour caractériser la diversité des agricultures. L'échelle de l'exploitation agricole, où se définissent les objectifs de production en fonction d'un débouché visé, les choix techniques et économiques associés ; l'échelle du système technique où l'organisation des techniques mises en œuvre sur les cultures cherche à répondre au mieux aux objectifs fixés à l'échelle de l'exploitation en fonction des contraintes pédoclimatiques ; l'échelle de la technique elle-même où les différentes déclinaisons peuvent être mises en œuvre. Ce choix de l'échelle d'analyse de la diversité tient compte donc, d'une part des objectifs attendus de l'exercice de « typologie », et d'autre part des données disponibles aux différents niveaux d'échelle pour renseigner la diversité. Dans cet article, nous cherchons à caractériser la diversité des agricultures en mobilisant des exemples principalement à deux niveaux : l'orientation des

débouchés et des filières aval ; le système technique et les pratiques culturales de l'exploitation, en nous concentrant sur la France métropolitaine.

Appréhender la diversité des agricultures reste une tâche complexe. Nous espérons que cet article contribuera à éclairer la question posée et à alimenter un futur agenda de recherche pour poursuivre ces réflexions. La première partie de cet article est consacré à la description des filières céréales, oléagineux et légumineuses à graines ; la seconde partie traite de la diversité des structures et modèles d'exploitation, des systèmes techniques et des pratiques en grandes cultures en France métropolitaine ; la troisième partie s'intéresse à la valorisation de la diversité des agricultures au sein des trois filières.

1. Filières céréales, oléagineux et protéagineux : volumes et débouchés

Les surfaces de grandes cultures céréales, oléagineux et légumineuses à graines en France représentent plus de 12 millions d'hectares en 2016 (9,6 Mha pour les céréales, 2,3 Mha pour les oléagineux – soja inclus, 0,3 Mha pour les légumineuses à graines) (statistiques agricoles annuelles, 2015-2016, Agreste). Ces grandes cultures représentent plus de 40% des 29,5 Mha de la surface agricole utile en France métropolitaine.

Une particularité de ces trois groupes de cultures est qu'elles sont cultivées aussi bien dans des exploitations spécialisées en grandes cultures (orientées pour le commerce des grains à destination de l'alimentation humaine ou animale), que dans des exploitations tournées vers l'élevage (alimentation directe des animaux de l'exploitation en polyculture-élevage ou non). 45% de la production française de céréales et plus de 50% de la production de légumineuses à graines sont aujourd'hui destinés à l'alimentation animale.

1.1 Quelques chiffres clés de la production mondiale

La production de céréales est fortement poussée par les besoins de l'alimentation humaine et animale, mais aussi par les débouchés industriels et les exportations mondiales. A l'échelle mondiale, les principaux groupes de céréales (blé, maïs, orge et riz) représentent presque 1,8 milliards de tonnes, en augmentation de 30 Mt par an depuis 2000 (Tableau 1, source FAO stats, 2014). Au total, plus de 3 milliards de tonnes de graines de céréales, oléagineuses ou protéagineuses sont produites, dont 85% de graines de céréales, 14% de graines oléagineuses et 1% de graines protéagineuses.

Tableau 1 : Évolution de la consommation mondiale en céréales, oléagineux et protéagineux (millions de tonnes) (source FAO stats, 2014)

Consommation mondiale (million de tonnes)	**2000**	**2014**
Blé	585	729
Maïs	592	1038
Orge	133	144
Riz	599	741
Total céréales	**1909**	**2652**
Colza	40	74
Tournesol	27	41
Soja	161	307
Total oléagineux	**228**	**422**
Pois	11	11
Féverole	4	4
Lupin	1	1
Total protéagineux	**16**	**16**

En 2016, la production mondiale de graines d'oléagineux représentait 518Mt dans le Monde et 32Mt en EU (source : Oil World et Fédération des producteurs d'oléagineux). Les surfaces en légumineuses à graines ont elles, connu de fortes variations en fonction notamment des politiques européennes de soutien à leur production. Ces productions, en forte concurrence avec le soja pour l'alimentation animale, peinent à stabiliser leurs parts de marché (voir Magrini et al., 2015 pour un rappel historique). Au plan européen, les légumineuses à graines représentent moins de 4% des surfaces de grandes cultures. A l'échelle mondiale, la production de légumineuses à graines hors soja représente moins de 60 Mt annuelles, alors que la production de soja se situe à plus de 300 Mt à elle seule (FAO stats, 2016).

1.2 La production française

1.2.1 Les céréales

Les principales espèces valorisées dans la filière française des céréales sont le blé tendre, le maïs, l'orge le blé dur et le triticale ; les autres céréales comme le sorgho, l'avoine, le riz, l'épeautre ou le petit épeautre représentent des volumes très faibles, ou sont peu ou pas utilisées en alimentation humaine. Nous nous concentrerons ici principalement sur les filières blé tendre, blé dur, maïs, riz et orge de brasserie, ainsi que sur la filière amidon (blé tendre et maïs) (Tableau 2).

Une des caractéristiques des filières céréales est qu'elles brassent de gros volumes pour des produits qui ne sont pas, à l'exception du riz, directement consommables, et subissent un nombre parfois important de transformations. Les destinations de ces productions sont diverses : export (produits bruts ou transformés), alimentation animale (y compris animaux de compagnie), chimie, bio-raffinerie, en plus de la transformation pour l'alimentation humaine.

Tableau 2 : Volumes collectés et principales voies d'utilisation des céréales en France (en millions de tonnes équivalent grains) (source : FranceAgriMer, campagne 2015/2016)

	Blé tendre	Blé dur	Maïs (grain)	Orge	Riz (2014)
Récolte / production	41 Mt	1,8 Mt	13 Mt	13 Mt	83 000 t
Collecte	37 Mt	1,7 Mt	12 Mt	11 Mt	81 000 t
Export	21 Mt	1,2 Mt	63 Mt	9,1 Mt (dont 1,4 Mt malt)	47 350 t (2013)
Alimentation humaine	Meunerie 5 Mt	Semoulerie 466 000 t	Semoulerie 126 000 t	Malterie 1,6 Mt (259 000 t marché intérieur)	Riz blanchi 42 300 t
Alimentation animale	5,2 Mt	2 000 t	2,8 Mt	1 Mt	
Non alimentaire	1,5 Mt		474 000 t		
Filière amidonnerie	2,8 Mt		2,2 Mt		

Pour les céréales, les quantités récoltées sont nettement supérieures aux besoins des industries françaises de l'alimentation humaine. La France exporte la moitié de sa production céréalière.

Lors des opérations de collecte et de stockage, les opérations d'allotement sont très importantes pour

répondre à la diversité des critères de qualité exigés par les différents débouchés (voir Magrini et al., 2013) pour un exemple des critères d'agréage dans le blé dur). Les principaux critères sont :

- D'ordre technologique, selon les débouchés (protéines, force boulangère, variétés…), et doivent être rapidement mesurables à la collecte.
- Liés à la santé et à la sécurité du consommateur (contaminants) avant l'entrée en transformation.

Ces contrôles en amont permettent d'orienter les lots non conformes vers des débouchés non alimentaires : alimentation animale, bio-raffinerie (Juin, 2015). Ces opérations d'allotement existent aussi dans les autres filières des oléagineux et des légumineuses à graines.

1.2.2 Les oléagineux

Les principaux oléagineux produits et collectés en France sont le colza, le tournesol et le soja. Ces espèces servent à la fabrication d'huiles pour des usages alimentaires et non alimentaires. Une des particularités de ces filières est le développement croissant de leurs coproduits pour l'alimentation animale, au travers des tourteaux d'oléagineux très riches en protéines. Certains experts avancent même le fait que désormais ce serait plus la composante « tourteau » que « huile », la clé de valorisation des oléagineux, de par la demande mondiale croissante pour les produits animaux (Pilorgé et Muel, 2016). La consommation d'huiles brutes et raffinées, en France, est en très forte augmentation depuis le développement des biocarburants, conduisant à une augmentation de la production de plus de 2,3Mt depuis 2012 (source : Huileries et Margarineries de France). Le Tableau 3 présente les volumes collectés et les voies d'utilisation de ces espèces.

Tableau 3 : Volumes collectés et principales voies d'utilisation des oléagineux en France (en millions de tonnes équivalent grains) (Source : Agreste & FranceAgrimer 2015/2016)

	Colza	Tournesol	Soja
Récolte / Production	5,3 Mt	1,2 Mt	334 000 t
Collecte	5,2 Mt	1,1 Mt	268 000 t
Export	1,5 Mt	328 000 t	96 000 t
Import	1,2 Mt	235 000 t	846 000 t
Trituration	4,65 Mt	1,08 Mt	678 000 t
Production huiles	1,96 Mt	530 000 t	120 000 t
Production tourteaux	2,53 Mt	680 000 t	510 000t
Import huiles	0,03 Mt	80 000 t	60 000t
Import tourteaux	0,50 Mt	98 000 t	3,47Mt
Alimentation humaine : huiles	0,5Mt	400 000 t	100 000t
Alimentation animale : tourteaux	2,5 Mt	1,4 Mt	3,91Mt
Non alimentaire : huiles	1,5Mt	-	-

1.2.3 Les légumineuses à graines

Comparativement aux deux autres groupes, les légumineuses à graines concentrent les plus petits volumes. Les volumes de production des légumineuses à graines sont variables d'une espèce à l'autre

(Tableau 4). En particulier, le volume des protéagineux (pois, féverole et lupin) traditionnellement utilisés en alimentation animale, est de l'ordre de 900 000t en moyenne annuelle sur les 5 dernières campagnes, alors que les volumes de légumes secs (traditionnellement utilisés pour l'alimentation humaine) sont de l'ordre de 90000 t. Ces derniers sont en légère progression depuis le début des années 2000. Ainsi, malgré les plans de relance en faveur des protéagineux, les superficies françaises en légumineuses à graines ont fortement diminué (- 68 %) sur la période 1989-2013, passant d'un peu moins de 800 000 ha à 258 000 ha. Au total, les légumineuses à graines représentent aujourd'hui moins de 3% de l'assolement des grandes cultures en France : les pois et féveroles 1,8%, le soja 0,6% et les légumes secs 0,2% (d'après Agreste, 2014). La France reste très déficitaire en légumes secs, avec une production nationale ne couvrant que 27 % de la consommation : la consommation annuelle de légumes secs est de 1,7 kg/an/habitant en France contre une moyenne mondiale d'environ 7 kg/an/hab. (Denhartigh, 2015).

Tableau 4 : Production de légumineuses à graines en France (moyenne 2011-2015, source Statistiques Agricoles Annuelles Agreste)

	Pois	Féverole	Lupin	Lentille	Haricots secs	Haricots demi-sec et à écosser	Pois cassé	Pois chiches (Données France AgriMer 2014)
Surface (ha)	150 465	76 281	4 263	15 127	3 862	5 698	5 311	8 600
Rendement (q/ha)	38,8	37	24,8	15,6	20,4	62,5	17,8	Entre 10 et 20
Production récoltée (t)	578 919	278 988	10 704	23 105	7 826	35 495	9 445	Environ 12 000t

Les débouchés des légumineuses à graines se partagent entre l'alimentation animale et humaine. Le Tableau 5 présente les principaux débouchés selon les espèces.

Tableau 5 : Principaux usages des légumineuses à graines hors tourteaux de soja (sources : Bilan PROLEA, données FNLS – moyennes pour 2011 - 2015)

Principaux débouchés	Alimentation animale	Alimentation humaine		
Volume moyen des 5 dernières années (2015-2011)	Graines entières	Graines entières	Graines Entières	Fractionnement-ingrédients
	410 000 t consommation à la ferme ou FAB ; 180 000 t exportés UE	300 000 t exportées hors UE	100 000 t consommation (dont 80 000 t importées)	Environ 130 000 t (dont 122 000 t pour pois et féverole) Part de marché ingrédients exportée inconnue,
Principales espèces concernées	Pois, Féverole	Pois, Féverole	Lentilles, Haricots, Pois cassé, Pois chiche…	Pois, féverole ; marchés de niche sur lupin, pois chiche…

2. Diversité des structures et modèles d'exploitation, des systèmes techniques et des pratiques en grandes cultures en France métropolitaine

2.1 Diversité des structures et des modèles d'exploitation

Près des deux tiers des exploitations en France métropolitaine cultivent des grandes cultures. La part des grandes cultures dans les surfaces cultivées est variable en fonction de la taille des exploitations. Ainsi, 95% des exploitations de plus de 200 ha cultivent des grandes cultures alors que seulement un tiers des exploitations de 20 ha ou moins en cultivent (Agreste, 2012). La surface moyenne des exploitations spécialisées en grandes cultures était de 76 ha en 2010, en augmentation de 20% par rapport à 2000.

Sur la période 2010-2013, au regard du produit brut standard (indicateur de la dimension économique des exploitations) le nombre d'exploitations de grande dimension (PBS>100 000€) a augmenté (+9%) alors que celui des exploitations de petite et moyenne taille (PBS<100 000€) a diminué (respectivement de -20% et -12%). Ces exploitations de grande dimension valorisent 69% de la Surface Agricole Utile (SAU) de la France métropolitaine et dégagent 84 % de la production brute standard. 26% des grandes et moyennes exploitations, qui représentent la majorité des surfaces cultivées, valorisent des grandes cultures.

Pour les exploitations de grandes cultures, en 2010, 37% des exploitations relevaient d'une exploitation individuelle (100% du capital détenu par l'exploitant), 9% d'un GAEC, 31% d'une EARL, 22% d'une entreprise sociétale commerciale/coopérative et 1% étaient sous un autre statut (Agreste, 2014).

2.2 Diversité des pratiques, quelques exemples disponibles à l'échelle nationale ou régionale

La classification des systèmes techniques s'appuie sur la mise en œuvre ou non d'un ensemble de pratiques telles que la durée des rotations de culture, le type de travail du sol, le nombre de variétés cultivées au sein de l'exploitation et au sein de la parcelle, la gestion de la fertilisation azotée… Ces pratiques individuelles sont principalement renseignées à l'échelle nationale ou régionale pour décrire la diversité des agricultures, notamment à travers le Recensement Général Agricole tous les 10 ans, les Enquêtes pratiques culturales ou les enquêtes spécifiques de Terres Inovia sur le colza et le tournesol par exemple (suivi tous les 2-3 ans des pratiques culturales pour ces 2 cultures). Si elles apportent une information sur la diversité des agricultures, celle-ci n'est que partielle, compte tenu des combinaisons de pratiques et des logiques qui permettent de décrire les systèmes techniques. Ces systèmes techniques étant eux-mêmes choisis par les agriculteurs en fonction des débouchés qui leur semblent les plus rémunérateurs dans une certaine échelle de temps (i.e. en blé tendre, optimiser la stratégie de gestion des apports azotés pour optimiser le taux de protéines en fonction du débouché envisagés : meunerie ou alimentation animale).

Trois exemples sont présentés ici pour illustrer la diversité qui peut être renseignée à travers les données recueillies à l'échelle nationale ou régionale : **la diversité des cultures** mises en œuvre dans les successions et les assolements, **la diversité variétale cultivée, en prenant comme exemple le blé tendre,** et **la diversité des stratégies de gestion phytosanitaires, en prenant comme exemple le blé tendre et le colza**. Pour chacun de ces points, une ouverture sur les leviers pour aller vers des systèmes plus diversifiés du point de vue de ces pratiques sera évoquée. De plus amples exemples sont disponibles dans l'étude de Duc et al. (2013).

2.2.1 Diversité des assolements et des successions de culture impliquant les céréales, oléagineux et légumineuses à graines

Les résultats du dernier recensement agricole (2010) montrent un accroissement du nombre

d'exploitations spécialisées en grandes cultures, qui représentent 24 % de l'ensemble des exploitations métropolitaines en 2010 contre 19 % en 2000. On observe une spécialisation des systèmes de grandes cultures autour de 4 classes de cultures majoritaires : les céréales à paille (blé tendre, blé dur et orge principalement), maïs, colza et tournesol qui représentent 70% de la sole cultivée en France métropolitaine (Fuzeau et al., 2012), les successions impliquant des céréales à paille représentant 90% des successions observées (Enquête pratiques culturales 2011) (Figure 1). Cette spécialisation centrée sur quelques cultures s'est faite au détriment des surfaces en herbe et en légumineuses (voir Schott et al., 2010 ; Mignolet et al., 2012 pour le bassin de la Seine par exemple). La spécialisation des assolements et des successions sur un petit nombre d'espèces s'est accompagnée d'une augmentation de la consommation en intrants (en volume global) (Tristant et al., 2009) dont les conséquences environnementales négatives sont largement commentées.

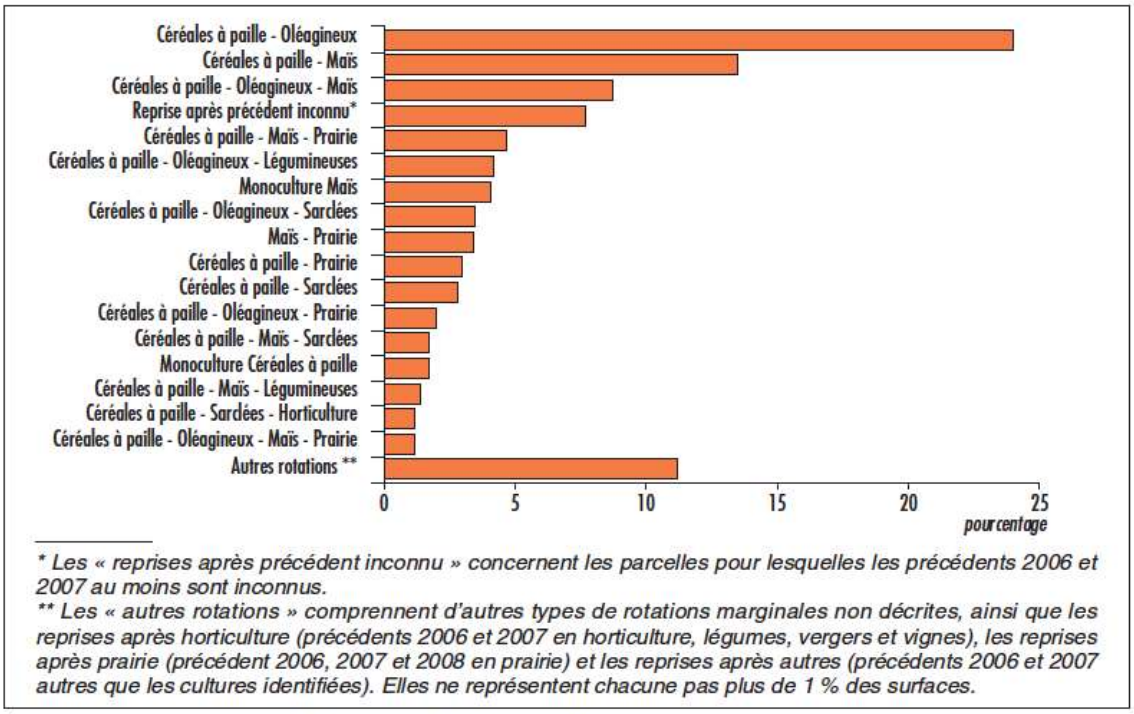


Figure 1 : Part des surfaces suivant les types de successions de cultures (Agreste, 2014)

L'indicateur de diversité des assolements calculé à partir des données du recensement agricole 2010 montre une répartition géographique structurée de la diversité des assolements pour les régions productrices de céréales (Figure 2). La diversité des assolements est faible, voire très faible dans le Sud-Ouest et la région Alsace, zones principalement productrices de maïs et en Languedoc-Roussillon, zone de production du blé dur (Fuzeau et al., 2012).

Cette diversité des assolements a des conséquences sur les successions de cultures qui sont réalisées sur les parcelles. Le développement continu depuis 20 ans des surfaces implantées en céréales s'est accompagné d'une simplification des rotations, les espèces cultivées étant choisies pour leur rentabilité, souvent calculée annuellement. Ainsi un petit nombre de séquences de cultures au niveau régional représente plus de 50% des surfaces cultivées. Au niveau national, parmi les séquences les plus fréquentes, la succession colza / blé tendre / orge est la plus pratiquée (9 % de la sole cultivée française). La monoculture de maïs et les rotations courtes blé tendre / maïs expliquent respectivement de 6 % et 5 % de la sole cultivée (Fuzeau et al., 2012). La monoculture du maïs est très présente dans

les régions de production de maïs grain. Les surfaces de maïs considérées par les statistiques en monoculture représentent environ 600 000 ha (dont 350 à 400 000 en culture non irriguée). Cette succession du maïs par lui-même se retrouve également dans les exploitations d'élevage disposant de peu de terres, en complément des surfaces pâturées. Au total, le quart des surfaces de maïs est en monoculture depuis 2001.

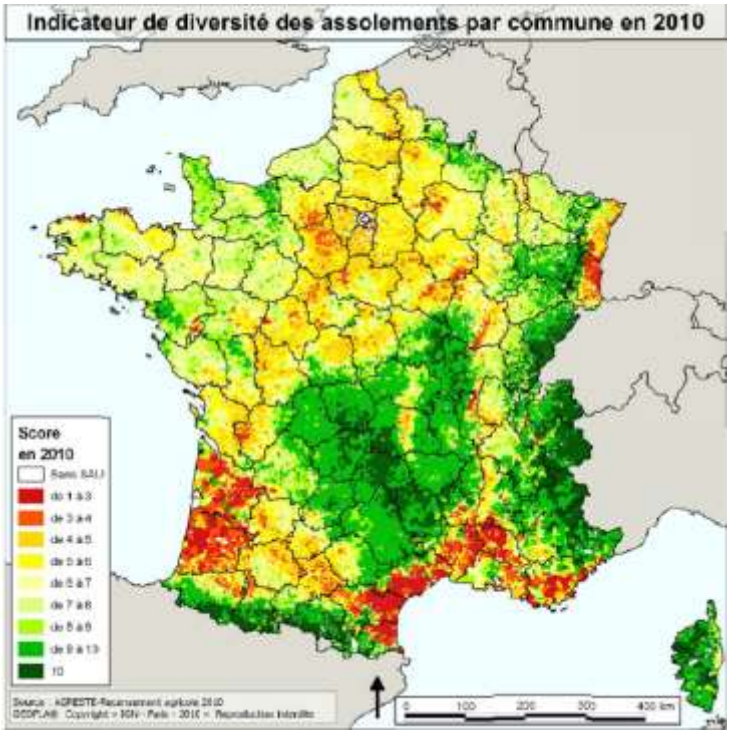


Figure 2 : Indicateur de diversité de l'assolement en France métropolitaine (Agreste, 2010)

Un score est établi pour chaque exploitation (de 1 à 10) selon l'importance relative des cultures dans son assolement, rapporté à la superficie de l'exploitation. Les prairies permanentes ainsi que les cultures faiblement représentées (<10% de la SAU) ne diminuent pas le score. Une exploitation dont toutes les surfaces sont en herbe ou dont aucune culture ne dépasse 10% de la SAU aura un score de 10. Une exploitation qui consacre l'ensemble de ses sols à une seule culture autre que la prairie (maïs ou vigne par exemple) aura un score de 1.

Dans les systèmes de production céréaliers, les céréales rentrent dans des rotations plus ou moins longues suivant la diversité des cultures qui peuvent être implantées compte tenu des contraintes pédoclimatiques et des filières existantes sur le territoire. Si la diversité des espèces qui peuvent être implantées sur une même parcelle peut parfois être importante, les céréales, et notamment les céréales à paille, sont présentes en général au moins un an sur deux sur une même parcelle. Les successions « céréales à pailles – céréales à paille » représentent environ 2% des successions mises en œuvre (données pratiques culturales, Agreste 2014).

Pour les zones où le choix cultural est plus large et permet de diversifier les assolements (Nord-Ouest et Sud de la France), la succession peut intégrer des légumineuses, des légumes secs, des plantes à fibre ou des oléagineux tels que le soja (Figure 3). Par contre en zone intermédiaire (axe Charente-Maritime-Moselle), le colza reste la seule tête d'assolement disponible (39% des surfaces en colza en 2014). Le retour fréquent du colza sur une même parcelle augmente alors la présence des bioagresseurs (insectes, champignon, adventices) et induit des coûts en engrais et en produits phytosanitaires plus élevés que dans les deux autres zones dont l'assolement est plus diversifié.

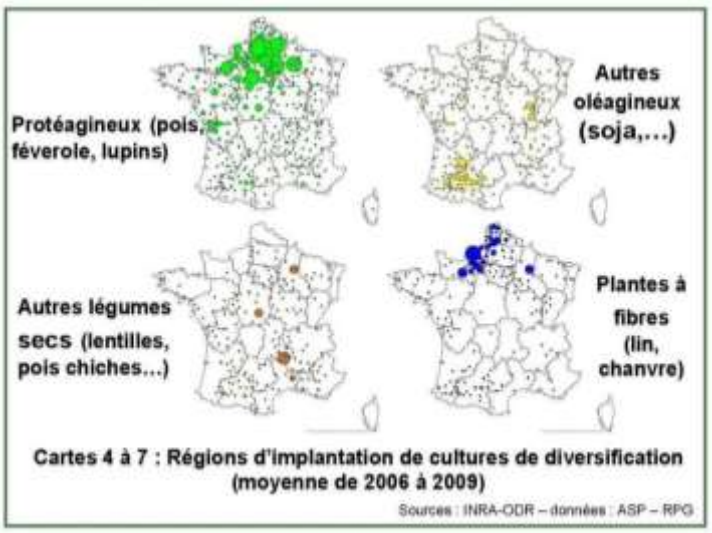


Figure 3 : Zones géographiques d'implantation de cultures permettant la diversification des assolements et des successions (Fuzeau et al., 2012)

Dans les principales régions productrices, Lorraine, Bourgogne, Centre, Picardie et Île-de-France, les successions de plus de trois céréales à paille sur cinq ans touchent plus de 60 % de la surface implantée en céréales à paille. Ces céréales à paille rentrent généralement dans des rotations avec des oléagineux ou des plantes sarclées. Dans le Sud-Ouest, 50 % des surfaces de tournesol sont cultivées dans le cadre de rotations courtes tournesol-blé (dur ou tendre). En Poitou-Charentes, le tournesol revient 1 à 2 fois sur 6 ans dans 84 % des parcelles et dans 97 % des parcelles en région Centre (Lecomte et Nolot, 2011 ; Charbonnaud, 2014 ; Palleau, 2014). Ainsi, selon les régions, le tournesol contribue ou non à diversifier les successions. Au Sud, le tournesol, assez tolérant à la sécheresse, est souvent incontournable dans l'assolement des exploitations non irriguées en sols argilo-calcaires moyennement profonds ; il est moins présent dans la sole irriguée (sols de vallées et terrasses) où le maïs est dominant. Plus au nord, le tournesol est un levier pour la diversification des assolements car il permet de rompre les successions chargées en cultures d'hiver (blé, orge, colza) et peut constituer un atout croissant dans le cadre d'EcoPhyto (http://agriculture.gouv.fr/ecophyto). Néanmoins, dans ces zones, la surface en tournesol dépend essentiellement de l'écart de marge avec le colza, de l'intensité des problèmes parasitaires en colza et des conditions climatiques automnales et hivernales qui jouent sur la réussite des implantations de blé et de colza (Lecomte et Nolot, 2011).

Le soja est principalement cultivé dans deux grands bassins (Sud-Ouest et Bourgogne). Dans ces deux zones, 62% des surfaces de soja sont destinées à l'alimentation animale et 31% à l'alimentation humaine avec peu d'écarts entre les deux bassins. Dans le Sud-Ouest, le soja est principalement conduit dans les systèmes de culture irriguée et dans les systèmes de culture en agriculture biologique (1/3 des cas). Dans l'Est, le soja n'est pas irrigué et seules 10 % des surfaces sont en conduites en Agriculture Biologique (Lieven et Wagner, 2013 ; Lecomte et Wagner, 2017). Ces différences de contribution du soja biologique entre les 2 régions reflètent également la part de la SAU conduite en bio (12 % en Occitanie, 1ère rang *vs* 5 % en Bourgogne-Franche-Comté, 7ème rang) et l'importance des opérateurs aval en AB (1900 vs 700) (Agence Bio, 2017). Le soja peut également être cultivé en dérobé (après l'orge ou colza) avec une irrigation d'appoint. Dans une majorité de parcelles, le délai de retour du soja dans les parcelles est long (1 an sur 6), en particulier dans le bassin nord-est ; en revanche, en système biologique, des rotations courtes avec le soja sont assez fréquentes (soja/soja/maïs, soja/maïs/blé, soja/maïs/maïs, soja/céréales à paille). Compte tenu de sa capacité à s'insérer dans une large gamme de systèmes de production et de la croissance de la demande pour un

soja métropolitain, le soja constitue une culture de diversification en forte croissance. Néanmoins, le nombre de variétés de soja reste assez réduit malgré des efforts remarquables au cours des dernières années (voir plus loin dans ce chapitre). Afin de soutenir le développement de cette culture, une charte « soja de France » a été adoptée par l'interprofession Terres Univia (Lecomte et Wagner, 2017).

Dans les **systèmes de polyculture-élevage et les systèmes d'élevage**, deux modalités d'assolements et de rotations sont observées :

- La fabrication de l'aliment du bétail est réalisée à la ferme à partir, pour partie, des cultures cultivées sur l'exploitation ; les céréales s'insèrent dans des rotations alternant une céréale principale (maïs, blé tendre ou orge), une culture fourragère voire une culture tête de rotation (colza par exemple dont la valorisation n'est pas évidente au sein de l'élevage). Ces céréales peuvent également être cultivées en association avec une légumineuse comme par exemple les associations pois-blé ou le méteil. Dans les régions où le maïs fourrage occupe des surfaces importantes, l'introduction d'autres cultures dans la rotation est presque systématique. Ce sont alors les successions maïs-blé qui sont observées. Le fabricant à la ferme peut aussi intégrer dans ses rotations des légumineuses à graines qu'il peut valoriser pour l'alimentation de son troupeau (ces situations sont notamment favorables à l'implantation d'associations d'espèces telles légumineuses-céréales au sein d'une même parcelle).
- Les animaux sont nourris avec des aliments du bétail achetés sur le marché. La gestion des successions est alors réalisée indépendamment de l'atelier d'élevage et des successions similaires à celles observées dans des exploitations céréalières spécialisées sont observées. Ce sont pratiquement deux systèmes indépendants, mis à part les effluents d'élevage qui passent du système animal au système végétal. En retour, les pailles des céréales sont valorisées dans l'atelier élevage.
  Une modalité intermédiaire parfois observée s'appuie sur l'organisation de complémentarités entre groupes d'exploitations (exemple d'échanges paille-fumier). La proximité géographique de ces exploitations sur un territoire sera un paramètre décisif de ces choix.

2.2.2 Voies de diversification des assolements et des successions

Les travaux réalisés dans le cadre de l'étude des freins et leviers à la diversification des cultures ont montré que la diversification des assolements et des successions peut être réalisée de différentes manières : en augmentant le nombre d'espèces dans la succession culturale, mais cette voie reste dépendante des filières de valorisation des cultures de diversification (Meynard et al., 2013) ; en associant des espèces en couverts plurispécifiques ou en cultures associées, donnant lieu au nouveau vocable de CIMS « cultures intermédiaires multi-services » (voir le volume 62 de la revue Innovations Agronomiques, 2017) ; ou, plus récemment, en implantant des cultures dérobées. Nous présentons ici quelques exemples.

- **Des espèces oléagineuses en culture dérobée, une opportunité pour la diversification des successions**

Les cultures dérobées ont pour objectifs la valorisation d'une culture supplémentaire implantée (i) dans les systèmes grande culture en cycle court entre une culture à récolte précoce et une culture d'hiver ou de printemps ou (ii) dans les systèmes polyculture-élevage, comme culture fourragère fauchée ou ensilée ou pâturée entre deux cultures de printemps.

Dans les systèmes de grandes cultures, il s'agit de réaliser trois cultures en deux ans, avec la nécessité de semis début juillet pour récolte au plus tard mi-octobre. Le potentiel de production (rendement et valeur économique) de ce type de culture est dépendant de l'adaptation à la zone de culture, notamment de la disponibilité en eau, et du prix contextuel des intrants. L'intérêt agronomique est un apport de matières organiques supplémentaires, par restitution des pailles avec toutefois un risque de

dégradation de la structure du sol si la récolte de la culture en dérobée est faite en mauvaises conditions. L'introduction de cette culture, surtout si elle appartient à une espèce peu ou pas présente dans la succession conduit également à une réduction de la pression de sélection sur les bio-agresseurs. Elle permet également une gestion différente des adventices par un travail et une couverture du sol en dehors des périodes habituellement pratiquées dans des successions centrées sur quelques espèces. Les cultures dérobées contribuent également à un meilleur stockage du carbone dans les sols et une limitation des fuites de nitrate et indirectement du N_2O.

Des espèces de céréales et d'oléagineux adaptées à la demande de marchés des biocarburants avancés, (biokérosène), de l'oléochimie (moutarde d'Ethiopie et cameline[1]) ou encore de la méthanisation (avoine de printemps, maïs par exemple) peuvent être intégrées en cultures dérobées. Des essais sont par exemple réalisés depuis 2008 par l'Agro-transfert Ressources et Territoires et la Chambre d'Agriculture de Picardie pour évaluer différentes cultures dérobées (projet et consortium OPTABIOM).

- **Des cultures et des couverts associés pour diversifier les assolements et réduire la dépendance aux intrants**

Les associations de culture et couverts associés sont reconnus pour les services écosystémiques rendus, comme leurs effets positifs sur le contrôle des bio-agresseurs (Trenbath, 1993), la réduction des attaques d'insectes (Theunissen et al.,1995) ou de l'enherbement par des adventices (Corre-Hellou et al., 2011), ainsi que pour l'augmentation de la productivité à l'échelle de la parcelle (Malézieux et al., 2008). Parmi les différentes façons d'associer des espèces, ce sont les associations de cultures et tout particulièrement les associations céréales-légumineuses, qui ont été le plus étudiées. Ces associations inter-espèces (pois-blé tendre ou pois chiche-blé dur par exemple) permettent de limiter la diffusion de maladies au sein du couvert en associant culture hôte et non hôte et en valorisant la fixation de l'azote par les légumineuses. Ces associations, en plus de réduire les risques associés aux bio-agresseurs permettent une meilleure valorisation de l'azote par les céréales et des taux de protéines plus élevés pour les blés conduits en association en comparaison des cultures pures sans apport azoté (Chan, 2012). En France, on estime à 50 000 hectares la surface des associations céréales – légumineuses. Elles sont principalement destinées à l'autoconsommation dans les élevages en agriculture biologique. En 2014, 3,5% des parcelles de pois étaient semées en mélanges de culture : 2,8% avec le triticale, 0,4% avec l'orge, 0,3% avec le colza et 0,1% avec le blé et le maïs (Agreste – enquête pratiques culturales 2014).

Des expérimentations sur des associations de colza avec des plantes légumineuses de service, non récoltées, ont été réalisées dans le cadre de deux projets Casdar depuis 2009 : Picoblé et Redusol. Ces expérimentations en parcelles agricoles et en stations expérimentales Terres-Innovia sont actuellement poursuivies. Les résultats des essais réalisés en Chambre d'Agriculture ou au sein d'instituts techniques montrent des résultats prometteurs (Sauzet et Cadoux, 2014).

- **Diversifier les assolements et les couverts en mobilisant les légumineuses, intérêts et limites : l'exemple des légumineuses dans les systèmes en Agriculture Biologique**

Les légumineuses apportent un intérêt réel dans les modes de production en AB, car la fertilité des sols et la maîtrise des adventices sont les principales préoccupations agronomiques (systèmes céréaliers) et la recherche de l'autonomie alimentaire (systèmes en polyculture-élevage) un facteur de durabilité. Dans un contexte où les engrais organiques sont rares et chers, l'entrée d'azote via la **fixation symbiotique de l'azote atmosphérique** par les légumineuses présente un avantage certain dans les systèmes d'agriculture biologique, en particulier les systèmes spécialisés ne disposant pas d'effluents d'élevage.

[1] Cette plante donne une huile particulièrement riche en oméga 3 (que l'on trouve dans le marché AB) offrant des perspectives en alimentation humaine.

En systèmes de grandes cultures, des enquêtes menées en 2010 à l'échelle nationale montrent que 30 à 55% des cultures implantées sont des légumineuses, en y incluant les cultures intermédiaires (Fontaine et al., 2012). L'insertion des légumineuses, au-delà de leurs avantages agronomiques (entrée d'azote atmosphérique dans le système, structuration du sol…), est recherchée car elle participe à la construction d'**assolements et rotations diversifiés**, où l'alternance de familles de culture est l'un des premiers leviers activés pour limiter la pression des maladies, ravageurs et flore adventice ; la succession deux ans de suite d'une même culture annuelle y est extrêmement rare.

Parmi les légumineuses à grosses graines, **le soja** est très cultivé en AB en France (en 2015, il représentait près de 15% des surfaces totales cultivées en soja, bien au-dessus des 2.5% de surfaces en grande culture cultivées en AB) (Agence Bio, 2016). **La féverole**, malgré des rendements aléatoires selon les années climatiques, est assez présente, plus fréquente en AB qu'en conventionnel. Elle est cultivée à destination des fabricants d'aliments pour le bétail lorsqu'introduite dans les systèmes céréaliers spécialisés (par exemple en précédent d'un second blé dans la rotation). **Le pois** (protéagineux et fourrager) est moins développé, certainement car plus sensible aux adventices, maladies et ravageurs, mais néanmoins présent ; il connait des utilisations semblables à la féverole. Enfin, on peut citer la part importante, en comparaison à l'agriculture conventionnelle, consacrée à la culture de **légumes secs**, lentilles et pois chiches en particulier. Ces cultures répondent aux demandes des consommateurs Bio, intégrant plus de protéines végétales dans leur alimentation.

Il est important de signaler que nombre de ces cultures sont **cultivées en association**. L'association de culture pour produire des légumineuses est en effet un mode de culture particulièrement adapté à l'AB où les facteurs de croissance sont le plus souvent très limitants (Corre-Hellou et al., 2013) ; elle participe à sécuriser la production en limitant les adventices, les maladies et la verse. Enfin, la pratique de **cultures intermédiaires** se répand, malgré les limites de la destruction du couvert par le gel ou des moyens mécaniques. Les objectifs recherchés sont la restitution d'azote à la culture suivante (une culture d'été par exemple, comme le maïs), la couverture du sol pour concurrencer la flore adventice, la structuration du sol. Les légumineuses sont très présentes dans ces **couverts** pratiqués en AB, qu'ils soient semés en post-récolte, ou en relais dans la culture précédente. On trouve des exemples de culture en pur (exemple : trèfle blanc semé après récolte ou en relais sous couvert d'une céréale), mais aussi de nombreux cas d'implantation de **couverts associés comprenant des légumineuses**.

D'un point de vue **économique**, le fait que les systèmes Bio soient globalement diversifiés, et ceci en profitant de la diversification apportée par les légumineuses, apporte de la résilience économique (sécurisation des rendements ; multiplication/diversification de débouchés, notamment avec des légumineuses à forte valeur ajoutée – soja, légumes secs), d'autant plus que les écarts de rendements entre céréales et légumineuses sont plus réduits en AB qu'en conventionnel.

Les limites rencontrées pour l'insertion de légumineuses dans les systèmes AB

Un frein important à l'insertion d'une partie des légumineuses réside, dans la sensibilité des espèces aux maladies, ravageurs ou à la concurrence des adventices. Un levier essentiel se situe au niveau du choix variétal, peu de cultivars étant adaptés aux conditions spécifiques de production en AB. Il est clair que des **sélections plus adaptées** à ce mode de production, mais aussi aux demandes des utilisateurs (transformateurs, consommateurs) conforteraient la place des légumineuses dans ces systèmes. Dans le secteur des couverts végétaux, on regrette d'ailleurs aussi le manque de **caractérisation des variétés** (par exemple des diverses espèces de trèfle) pour faciliter leur choix dans des conduites en AB. Si les **associations de cultures** sont très présentes chez les éleveurs Bio (petites et grosses graines) et participent à leur recherche d'autonomie, leur développement dans les systèmes spécialisés est encore limité. Des marges de progression existent dans les règles d'assemblage des associations de cultures (notamment graminées-légumineuses et en particulier céréales-protéagineux), sur les choix d'espèces en fonction des objectifs de production poursuivis, et les choix variétaux. Les itinéraires techniques de conduite sont aussi perfectibles, notamment à la récolte pour limiter la casse des grains.

En termes de collecte, triage et stockage (que ce soit à la ferme et/ou chez un collecteur), la qualité des équipements et le coût des opérations constituent également un frein au développement des cultures associées, bien qu'on constate leur progression régulière en AB.

L'acceptation par les transformateurs de productions issues de cultures associées est un autre levier qui peut contribuer à faire évoluer l'ensemble des filières de production (protéagineux, légumes secs). Sans oublier bien sûr le levier majeur que constitue la demande des consommateurs ou des fabricants d'aliments pour bétail.

Enfin, si la diversification des systèmes peut être un atout économique pour limiter les risques en multipliant les débouchés, elle peut s'avérer parfois facteur de risque pour des marchés restreints, de niche (exemple : cameline associée à la lentille). La forte progression des marchés et surfaces en bio à laquelle on assiste depuis deux ans peut participer à limiter ces risques, via l'organisation des filières.

2.2.3 Diversité variétale disponible et exploitée – l'exemple du blé tendre d'hiver

De nombreuses variétés sont disponibles pour les différentes espèces de céréales. Il y a par exemple 358 variétés de blé tendre d'hiver inscrites au catalogue français en 2015 (toutefois seules une quarantaine sont cultivées sur des surfaces significatives) et 929 variétés de maïs.

Le blé tendre est la céréale pour laquelle la diversité variétale exploitée est la plus importante. Si l'on s'intéresse au type de variétés implantées en France au cours des 20 dernières années, on observe que c'est principalement le débouché qui pilote le choix variétal (panification, alimentation animale ou biscuiterie). Les surfaces en blé implantées avec des variétés destinées à la panification sont largement majoritaires, elles occupent 91 % de l'emblavement. Les 9% restant sont occupés par des blés fourragers et des blés biscuitiers (regroupés sous le terme Blé Autres Usages, BAU). Jusqu'en 2005, on notait une faible diversité des variétés implantées : six variétés (ou moins) représentaient 50% des emblavements. On observe aujourd'hui une augmentation de la diversité variétale cultivée à l'échelle nationale, aucune variété ne dépassant 10 % de la sole nationale et les dix premiers cultivars ne dépassant pas 50 % de la sole en 2017 (Tableau 6, données pour l'année 2017, source FranceAgriMer).

Tableau 6 : Diversité des variétés de blé tendre en France en 2017 (Source : FranceAgriMer)

Variété	Année d'inscription	Classe technologique Arvalis	% des surfaces nationales	Surfaces cumulées
RUBISKO	2012	BP	9.47	9.47
FRUCTIDOR	2014	BPS	7.85	17.32
CELLULE	2012	BPS	7.45	24.77
BOREGAR	2008	BPS	5.00	29.77
OREGRAIN	2012	BPS	4.81	34.58
MELANGES VARIETAUX			4.75	39.33
APACHE	1998	BPS	2.94	42.28
BERGAMO	2012	BP	2.83	45.11
AREZZO	2008	BPS	2.72	47.83
NEMO	2015	BPS/BP	2.07	49.90
Autres variétés			50.10	100.00

Cette diversité variétale exploitée est variable à l'échelle nationale. Perronne et al. (2017) montrent qu'au cours de la période 1980-2006, les départements du quart nord-est de la France se caractérisent par une forte augmentation du nombre de variétés assolées et de la diversité spatiale des variétés. Au contraire, sur la même période, les départements du quart sud de la France se caractérisent par une augmentation beaucoup plus modérée, voire une stagnation du nombre de variétés assolées et de la diversité spatiale des variétés. Ceci s'explique à la fois par une offre variétale plus étoffée pour la région Nord (cf. inscriptions CTPS zone nord *vs* zone sud), et sans doute une plus grande volonté des distributeurs (souvent des groupes de coopératives) de renouveler la gamme variétale pour limiter l'usage de semences de ferme (Perronne et al., 2017). Dans la zone sud, le blé tendre est moins important et les facteurs limitants sont plus nombreux ne permettant pas toujours l'expression du potentiel génétique : on observe alors davantage de conservatisme dans le choix variétal.

L'augmentation de la diversité variétale cultivée, observée cette dernière décennie, n'est cependant pas associée à une augmentation de la diversité génétique (Perronne et al., 2017 ; Gallais, 2013). Cette différenciation entre diversité variétale et diversité génétique est le fait du processus historique de sélection qui sur les espèces autogames tel que le blé tendre a conduit à la transition de populations cultivées à des variétés en lignées pures (absence de diversité intra-variétale). Mais elle est également la conséquence de processus de sélection sur un nombre restreint de critères, principalement le rendement, l'adaptation au milieu au sens large (incluant les techniques culturales), ainsi que des critères de qualité des produits récoltés, entrainant une utilisation intensive d'un petit nombre de géniteurs apportant au départ les caractéristiques souhaitées (Perronne et al., 2016 ; Gallais, 2013). Néanmoins, la diversification récente de l'offre variétale, mais aussi l'utilisation plus large de géniteurs anciens ou exotiques dans les programmes de sélection a permis de stabiliser, voire de faire remonter la diversité globale, qui avait fortement baissé dans les années 1960-1980 suite à des effets de « goulots d'étranglement » dus à la sélection (par exemple pour réduire la hauteur des plantes lors de la « révolution verte »).

2.2.4 Voies de diversification des variétés

- **Des variétés rustiques pour valoriser des systèmes moins dépendants aux intrants**

Les critères de sélection et d'inscription au catalogue variétal se sont historiquement concentrés sur la productivité et l'adaptation aux critères de la meunerie des variétés (Gauffreteau et al., 2014). A ces critères, la résistance aux maladies fait également partie des dispositifs d'évaluation des variétés depuis les années 80, puisque deux conduites sont testées en dispositif d'homologation : avec et sans fongicides. Des bonifications et pénalités selon l'écart entre les rendements mesurés aux deux modalités ont été instaurées en 1990 et renforcées en 1994 (Boulineau et Leclerc, 2013). Cela s'est traduit par des résultats sensibles sur l'accroissement du niveau de résistance des variétés inscrites. Depuis 1995, des variétés dites « rustiques » sont donc disponibles au catalogue. Ces variétés présentent une plus grande résistance aux maladies et à la verse avec des niveaux de productivité comparables aux autres variétés. La diffusion de ces variétés est, de plus, très dépendante du prix du blé et du verrouillage dû au conseil technique dominant lié à la distribution des produits phytosanitaires qui a longtemps prévalu (Butault et al., 2010). En 2000, les variétés rustiques représentaient à peine 5 % de la sole française de blé. Leur part dans l'offre variétale ne cesse cependant de progresser (Figure 4) et elles trouvent un écho particulièrement favorable en agriculture biologique (Renan, blé améliorant de force inscrit en 1989 occupait 23 % des surfaces de blé biologique en 2011 et reste la variété la plus cultivée en agriculture biologique en 2017). Toutefois, les activités de conseil et de distribution sont de plus en plus découplées dans certains groupes coopératifs, qui semblent avoir reçu les messages liés à EcoPhyto ou aux CEPP (https://alim.agriculture.gouv.fr/cepp/#/content/ap-dispositif). La rédaction de fiches CEPP « variétés », coordonnée par Arvalis, devrait en principe renforcer l'attractivité des variétés rustiques.

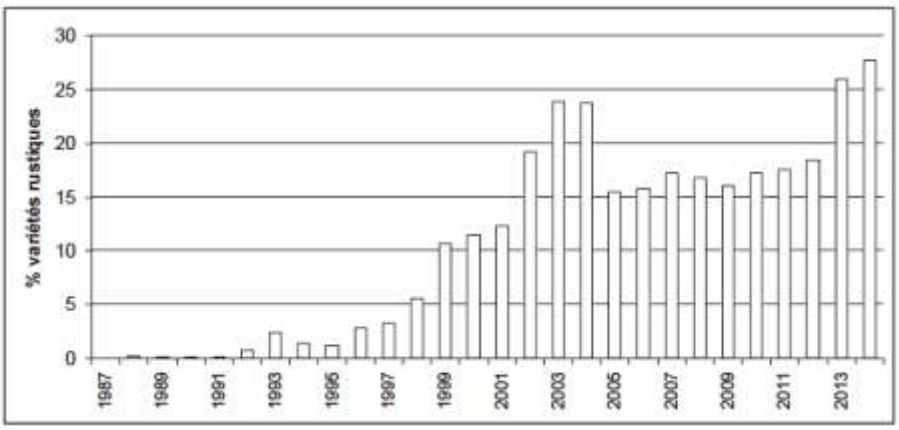


Figure 4 : Part estimée des variétés rustiques dans la multiplication de semences certifiées de blé tendre d'hiver en France (D'après Gauffreteau et al., 2014)

- **Les mélanges variétaux pour réduire la dépendance aux intrants – un exemple de verrouillage technologique**

L'augmentation de la diversité génétique dans les parcelles par le développement des mélanges variétaux au champ apparait comme une alternative permettant de réduire l'utilisation d'intrants chimiques (Meynard et al., 2014). Des études montrent que les performances agronomiques et écologiques des mélanges variétaux sont égales voire supérieures aux variétés pures, notamment dans les systèmes techniques s'appuyant sur les principes de l'agroécologie. Ces performances portent principalement sur une meilleure tolérance aux maladies (De Vallavieille-Pope, 2004), une sécurisation du comportement vis-à-vis d'accidents agronomiques ou climatiques (Ostergard et al., 2009) et une stabilisation du rendement pluriannuel (Bousseau, 2009). Un programme ANR récent, WHEATAMIX (https://www6.lnra.fr/wheatamix/) a permis d'inventorier l'intérêt agronomique des mélanges, ainsi que les services écosystémiques rendus. Pourtant, les mélanges variétaux ne sont pas ou peu utilisés en France aujourd'hui. Le développement des mélanges variétaux se heurte principalement à des problèmes organisationnels à l'aval de la filière liés à la différenciation des marchés (Salazar, 2015) :

- Les critères technologiques d'évaluation de la qualité meunière des blés récoltés ne sont pas pensés pour des mélanges variétaux. Bien que la majorité des volumes de blé récoltés soit à destination de l'export où les critères variétaux ne sont pas sélectifs, ce sont les critères des marchés meuniers qui portent les contraintes de valorisation des blés entre exploitants et coopératives car c'est ce marché qui porte la valeur ajoutée sur la production. Les coopératives encouragent donc leurs adhérents à cultiver des variétés pures, recommandées par la meunerie.
- La gestion du stockage s'organise avant moisson sur la base des informations disponibles telles que les achats de semences et les informations sur les assolements. Les allottements se font en fonction des critères technologiques, blé standard (exportation), blé pour la meunerie française, variété pure, etc. L'homogénéisation des lots est alors recherchée.

Ainsi, les filières agro-industrielles n'ont pas investi sur des techniques alternatives permettant à la fois la mesure et la transformation de lots fondés sur des mélanges variétaux, et continuent d'orienter les choix technologiques en faveur d'une grande stabilité des caractéristiques des matières premières.

2.2.5 Céréales, oléagineux, légumineuses à graines : une offre variétale contrastée

Les céréales, oléagineux et légumineuses à graines recouvrent une diversité d'espèces cultivées, certaines représentant des marchés à fort volumes (ex, le blé tendre d'hiver – 40,9 Mt produites en

2015), d'autres de faibles volumes (ex, avoine tous types – 0,40 Mt produites en 2015). Pour ce qui concerne les céréales, nous traiterons ici des principales céréales à paille (blé et orge), le maïs et le riz. Pour les oléagineux, nous avons regroupé l'information concernant principalement le colza, le tournesol et le soja tout en donnant un éclairage pour certains points sur des productions mineures (olivier, lin). Les légumineuses à graines couvrent une diversité d'espèces cultivées comme cultures de rente ou plantes de service du fait principalement de leur propriété biologique de fixer l'azote de l'air. Les pois et féveroles restent les cultures les plus importantes, couvrant 90% des surfaces de légumineuses à graines, le lupin et autres légumineuses comme les lentilles, haricots-grains, pois chiche couvrant le reste.

Ces grandes familles d'espèces présentent une plus ou moins grande diversité de variétés inscrites au catalogue français. Les espèces pour lesquelles le nombre de variétés inscrites au catalogue est le plus élevées sont également celles pour lesquelles les surfaces cultivées sont les plus importantes (Figure 5). Ainsi, le maïs et le blé disposent respectivement de 929 et 358 variétés inscrites au catalogue français en 2015 contre 16 et 7 variétés pour respectivement le riz et le lupin (types printemps et hiver confondus (http://cat,geves,info/Page/ListeNationale). Cette dichotomie entre espèces « majeures » et espèces « mineures » du point de vue de l'effort de sélection se retrouve également à l'échelle Européenne. 2 234 variétés de blé tendre étant inscrites au catalogue européen contre respectivement 392 et 134 variétés pour les pois et soja (Magrini et al., 2016).

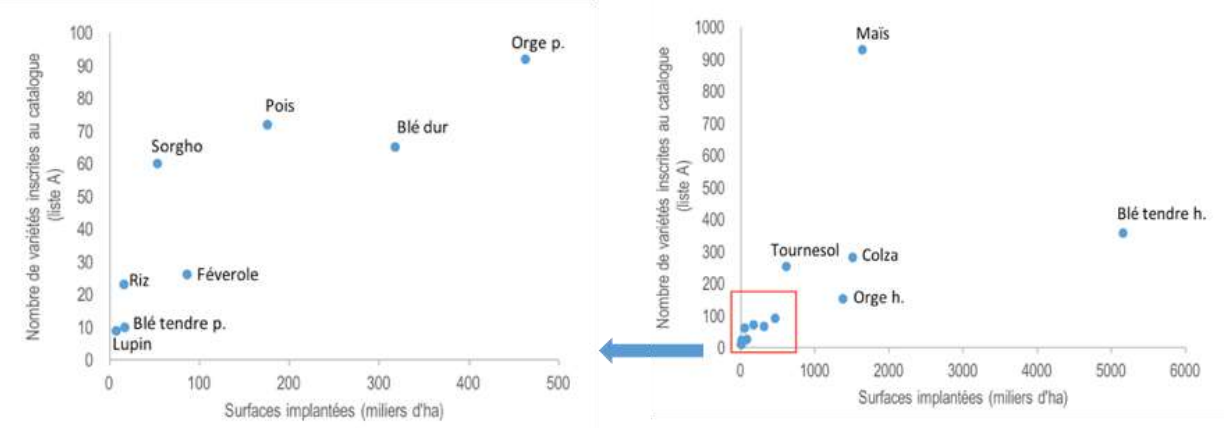


Figure 5 : Nombre de variétés inscrites au catalogue officiel français en fonction des surfaces associées à chaque espèce (p : printemps ; h : hiver)

Le nombre variable de variétés inscrites ne rend pas seulement compte des différences de proportion dans l'assolement, et donc de potentiels retours économiques pour les obtenteurs de ces variétés ; il rend compte aussi de dynamiques de filières variables. Par exemple, des variétés récentes ont été inscrites pour le soja pour le débouché de l'alimentation humaine alors que ce débouché reste peu élevé (5 variétés inscrites par an depuis 2015) (Figure 6). Mais ce débouché est très soutenu par les filières concernées afin par exemple de valoriser des variétés ayant des propriétés organoleptiques améliorées et une teneur réduite en facteurs indésirables (par exemple les isoflavones du soja).

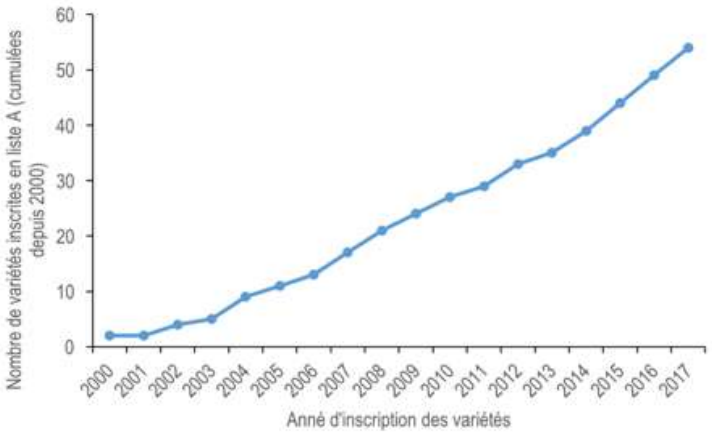
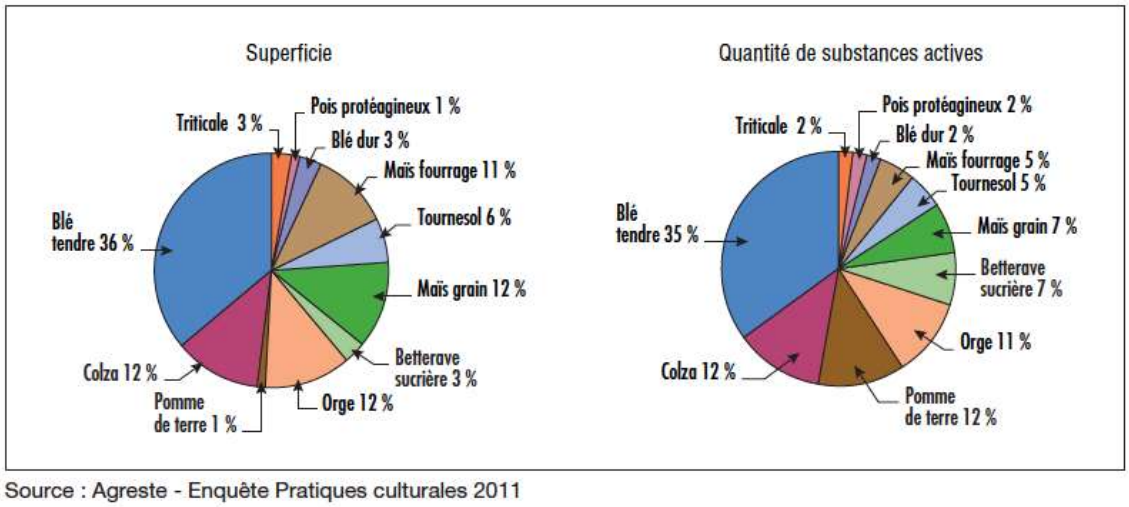


Figure 6 : Nombre de variétés de soja inscrites sur la liste A du catalogue officiel depuis 2000 (Source : Geves)

2.2.6 Diversité des stratégies de protection phytosanitaire – exemples du blé et du colza

Les enquêtes « pratiques culturales » montrent que les systèmes de culture en place aujourd'hui sont fortement dépendants des produits phytosanitaires. La France est aujourd'hui le quatrième utilisateur mondial de pesticides à usage agricole, après les Etats-Unis, le Brésil et le Japon. Le poids des produits phytosanitaires dans les systèmes de grandes cultures céréaliers est d'autant plus important que les cultures qui les constituent (céréales et colza par exemple) couvrent une grande partie des surfaces agricoles françaises (Butault et al., 2010 ; Figure 7) et représentent une part importante des ventes de produits phytosanitaires (39% du chiffre d'affaire des entreprises productrices de produits phytosanitaires) (source UIPP, repères 2013).



Source : Agreste - Enquête Pratiques culturales 2011

Figure 7 : Superficies et parts des substances actives utilisées associées aux principales cultures en France (source Agreste – Enquêtes pratiques culturales, 2011)

L'objectif de la protection des cultures est de réduire les pertes de récoltes occasionnées par les bio-agresseurs. Le terme produits phytosanitaires recouvre une diversité d'usages, de produits, de molécules et de modes d'action. On distingue classiquement les herbicides, les fongicides, les insecticides, les nématicides, les substances de croissance (ou régulateurs de croissance), les rodonticides, les acaricides, les molluscicides et les produits divers. Il existe un très grand nombre de matières actives (et encore plus de produits commerciaux) s'adressant aux grandes cultures. En 2012,

309 substances actives phytopharmaceutiques étaient autorisées pour un usage en France. Ces substances actives concernent majoritairement des herbicides, des fongicides et des insecticides (Expertise collective INSERM – Pesticides-Effets sur la santé, 2013). A titre de comparaison, l'index phytosanitaire de l'ACTA enregistrait 489 substances actives autorisées en 2004 et 520 en 2000 (Aubertot et al., 2005).

Le nombre et la nature des traitements réalisés dépendent de l'espèce. Pour les principales céréales cultivées, le blé tendre est l'espèce qui reçoit le plus de traitements (5,8 traitements en moyenne) contre 3 traitements en moyenne pour le maïs fourrage (Tableau 7). Ce sont les herbicides et les fongicides qui constituent les principaux types de traitement réalisés sur les céréales à paille. Les régulateurs de croissance concernent spécifiquement les céréales à paille. Ils sont utilisés plus fréquemment pour le blé et l'orge (47 % des surfaces en blé et 58 % des surfaces en orge), et dans une moindre mesure le blé dur et le triticale.

Tableau 7 : Nombre moyen de traitements phytosanitaires (traitement : un produit appliqué en un passage) pour les principales espèces céréalières cultivées en France (source Agreste – Enquête Pratiques Culturales, 2011).

	Herbicide	Fongicide	Insecticide	Régulateur de croissance	Molluscicide	Total
Blé tendre	2,1	2,6	0,4	0,6	0,1	5,8
Blé dur	1,8	1,7	0,2	0,2	0,1	3,9
Orge	2,0	2,3	0,1	0,8	0,1	5,3
Triticale	1,5	0,8	0,1	0,1	0,0	2,6
Maïs	3,0	0,0	0,1		0,0	3,0
Maïs grain	2,9	0,0	0,3		0,1	3,2

Le nombre et la nature des traitements réalisés dépendent également de la zone de culture en lien avec le potentiel pédoclimatique de celle-ci. Le niveau de traitement des cultures par les pesticides peut être approché, bien que de façon insatisfaisante, par l'indice de fréquence de traitement (IFT). L'IFT permet d'évaluer la « pression phytosanitaire » exercée sur une parcelle. Il est exprimé en « nombre de doses homologuées par hectare » appliquées sur la parcelle pendant une campagne culturale. Les régions du nord de la France montrent des niveaux de traitements phytosanitaires plutôt supérieurs à la moyenne nationale quelle que soit la culture. À l'opposé, les régions du sud de la France appliquent plutôt moins de traitements phytosanitaires (Figure 8). Des conditions pédoclimatiques, des pressions sanitaires et des pratiques différentes contribuent à expliquer cette variabilité qui peut être importante pour certaines espèces. Ces conditions sont directement en lien avec le potentiel de rendement qui peut être attendu dans ces différentes zones, les zones à plus fort potentiel étant celles où les pressions sanitaires sont potentiellement les plus élevées (Agreste, 2013).

Pour une même région, des variations interannuelles et entre exploitations des indices de fréquence de traitement et du nombre de traitements réalisés existent. Elles concernent principalement les postes insecticides et fongicides qui font l'objet d'ajustements annuels en fonction du niveau de pression qui est lié au climat. En revanche, l'ensemble des cultures céréalières présente le même niveau d'IFT moyen sur les herbicides, cet IFT restant globalement stable entre années. Cette homogénéité correspond au fait que la maîtrise de l'enherbement reste un facteur problématique dans l'itinéraire technique pour tous les types de cultures et que sa gestion s'effectue à l'échelle pluriannuelle de la succession des cultures, avec des rotations de plus en plus courtes.

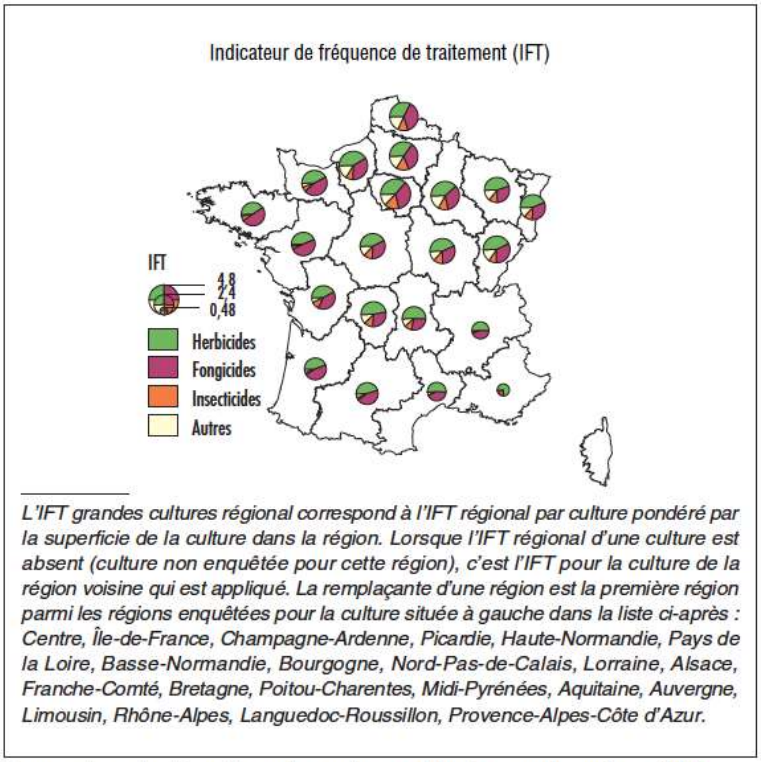


Figure 8 : Niveaux de traitements phytosanitaires par poste et par région (source Enquêtes pratiques culturales. Agreste, 2011)

L'analyse des résultats des enquêtes « Pratiques culturales » montrent que les systèmes techniques sont principalement basés sur le recours aux intrants, dans des systèmes dominés par un nombre restreint de cultures et s'appuyant sur des variétés dont le choix est majoritairement piloté par le débouché. Il n'est pas possible, si on considère chaque pratique prise indépendamment, de distinguer la diversité des systèmes. A partir de ces enquêtes « Pratiques culturales », Guichard et al. (2013) se sont intéressés à la combinaison des pratiques mises en œuvre dans les systèmes techniques associant céréales et colza. Les auteurs distinguent six types de conduites du colza variant par le niveau de dépendance aux produits phytosanitaires (IFT), le niveau de fertilisation azotée, le travail du sol, la nature des semences utilisées… Par exemple, les niveaux de couverture phytosanitaire caractérisant chacun des types sont très variables, jusqu'aux itinéraires techniques à très faibles niveaux d'intrants. La majorité des systèmes techniques mobilisant peu d'intrants se retrouve dans des exploitations de polyculture /élevage alors que les systèmes les plus « intensifs » sont principalement mobilisés dans des systèmes céréaliers spécialisés sur un petit nombre d'espèces dans la rotation. Les auteurs notent là aussi de fortes disparités régionales dans la part relative des différents systèmes techniques sur colza.

2.2.7 Voie de réduction des pesticides

- **Diversifier les systèmes techniques en développant les conduites à bas niveau d'intrants ou intégrés**

Il s'agit ici de combiner au sein d'un même itinéraire technique un ensemble de solutions agronomiques : valoriser le potentiel génétique et s'appuyer sur les outils d'aide à la décision. Les itinéraires économes en intrants chimiques sont principalement mis en œuvre sur le blé tendre mais existent également pour l'orge, le maïs ou le triticale en Picardie par exemple (Mischler et al., 2009). Ces itinéraires techniques sont basés sur une réduction cohérente car coordonnée des intrants : un retard

du semis, une réduction de la densité de semis et la suppression des apports précoces d'azote. Les adventices sont contrôlées par l'application d'herbicides, la fertilisation azotée est réduite à la montaison, les régulateurs de croissance sont exclus et l'utilisation de fongicides est limitée (Felix et al., 2012 ; Loyce et al., 2012). Ces choix techniques réduisent de 30% les intrants et le rendement de 5 à 10% mais aussi les risques et, de fait, autorisent une réduction forte du nombre de traitements. Ces solutions sont mises en œuvre chez certains agriculteurs mais leur diffusion est cependant limitée. Parmi les freins identifiés à l'adoption de ces itinéraires techniques, la perception du risque associé à un niveau réduit d'intrants est mise en avant, notamment le risque d'irrégularité du rendement.

D'autres solutions peuvent être trouvées intégrant les cultures intermédiaires, les périodes de semis, des associations d'espèces ou de cultures, de variétés ou le paysage et qui permettent de réviser les itinéraires techniques (protection phytosanitaire et azote) sans modifications drastiques des rotations. Les travaux réalisés dans le cadre du programme EcoPhyto 2018 ont permis de montrer que ces systèmes de culture étaient performants pour réduire le recours aux pesticides sur les cultures testées par rapport au modèle de référence et que leurs performances économiques étaient globalement satisfaisantes (Emonet et al., 2016). Néanmoins, face à la fluctuation peu prévisible des prix des produits agricoles, un agriculteur pourra hésiter à se lancer dans un itinéraire à bas niveau d'intrants sur blé tendre qui s'accompagne en moyenne d'une réduction de 10 % du rendement (Verjux, 2011), le rendement étant souvent perçu comme un estimateur de la marge brute.

Le verrouillage technologique est la clé principale d'une faible diffusion des itinéraires techniques intégrés. En effet la logique de mise en œuvre des plans EcoPhyto doit être restituée dans le contexte sociotechnique de l'usage des pesticides : la faible place de la reconception des systèmes de culture, l'évolution des objectifs du réseau DEPHY, ou les ambiguïtés concernant les indicateurs, peuvent être expliquées par l'existence d'un verrouillage sociotechnique impliquant une grande partie des acteurs du monde agricole (Meynard et al., 2010 ; 2014).

- **Substituer les intrants, un premier pas pour aller vers des systèmes agroécologiques : la lutte biologique en substitution de la lutte chimique**

Il s'agit généralement de lutter contre les parasites des céréales via l'utilisation d'auxiliaires de culture introduits dans les parcelles par lâchers. Très peu d'exemples existent en grande cultures sur céréales. La principale application porte sur la gestion de la pyrale du maïs par des lâchers de trichogrammes et/ou de *Macrocentrus cingulum.* En céréales à paille, le bio-contrôle n'offre à court terme aucune solution de remplacement.

- **S'appuyer sur le travail du sol pour lutter contre les bio-agresseurs**

Parmi les recommandations visant à réduire l'usage des intrants, la gestion des adventices à travers une modification du travail du sol est préconisée par exemple par les instituts techniques (cf. Arvalis - Produire plus et mieux : 53 solutions concrètes pour réduire l'impact des produits phytosanitaires, 2012). Il s'agit généralement 1) de réaliser des faux semis sur les céréales d'automne avant implantation, ces faux semis étant rendus possibles par un décalage des dates de semis des céréales d'automne ; 2) de réaliser des désherbages mécaniques comme pratiqués en agriculture biologique, cette solution nécessite alors d'augmenter les écartements inter-rangs ou 3) de recourir au labour. Cette dernière solution au regard du développement des techniques culturales simplifiées et de leur intérêt dans la préservation de la macrofaune du sol et du stockage de la matière organique a pu être largement débattue. Néanmoins avec la perspective de l'interdiction du glyphosate d'ici trois ans, le recours au moins partiel au labour (agronomique plus que profond et facultatif plus qu'obligatoire) ne fait guère de doute. Notons que dans le cadre d'une évolution vers des systèmes s'appuyant sur les principes de l'agroécologie il est, dans une première phase, impossible de produire plus et mieux, en effet pour produire mieux, il faut produire moins**.**

Peu de données quantitatives sont disponibles sur la diversité des modes de production et des

pratiques mises en œuvre dans les exploitations. Les données disponibles permettent à travers quelques informations sur une pratique ou un élément du système de culture de dresser un bilan des grandes tendances observées, tendances qui ne traduisent pas la diversité locale.

3. Valorisation de la diversité des agricultures au sein des filières

Pour rendre compte de la prise en compte par les filières de la diversité des formes d'agricultures, nous avons choisi d'analyser un ensemble de dispositifs de valorisation de ces productions (charte, cahiers des charges privés, signes officiels de qualité…). A partir des informations collectées sur ces dispositifs, nous avons caractérisé : leurs objectifs, les volumes concernés, les dispositions relatives aux pratiques agricoles et le gain de valeur associé si celui-ci était indiqué. Trente-deux dispositifs ont été analysés (12 relatifs aux céréales, 7 aux oléagineux et 12 aux légumineuses à graines), 30 des 32 dispositifs analysés sont orientés pour la production de produits destinés à l'alimentation humaine (dont 2 situations associant des débouchés industriels spécifiques), un dispositif est exclusivement dédié aux débouchés industriels et un dispositif s'adresse à la labellisation des exploitations. Quatorze dispositifs relèvent de cahiers des charges privés (dont 5 adossés à une certification par un organisme tiers[2]) et 19 dispositifs relèvent d'un signe officiel de qualité (10 appellations AOC, AOP et IGP et 9 appellations Label Rouge ou Label Agriculture Biologique). Le tableau présentant les grandes caractéristiques de ces dispositifs est présenté en Annexe 1. Un focus est aussi proposé sur le développement de produits bio-sourcés (cf. 3.1.3).

3.1 Des dispositifs variés pour valoriser la diversité des systèmes de production en grandes cultures

Pour la plupart des dispositifs, il a été possible d'estimer les volumes concernés par les filières, soit directement en volume de produit brut, soit indirectement par une estimation des surfaces ou des exploitations engagées dans les filières associées (Tableau 8). Quatre catégories de volumes ont été définies : collecte de moins de 50 000 t de produit/an ; de 50 000 à 100 000 t de produit/an ; de 100 000 à 200 000 t de produit/an et plus de 200 000t de produit/an. Les pratiques spécifiées dans les dispositifs ont été classées en quatre groupes : **Recommandations variétales**, lorsque le dispositif spécifiait une liste de variétés sans indiquer plus d'élément sur les pratiques ; **Recommandations sur le raisonnement des pratiques**, lorsque le dispositif spécifiait l'emploi d'outil d'aide à la décision et/ou de seuil pour les interventions ainsi qu'une liste de variétés recommandées ; **Valorisant l'agronomie**, lorsque le dispositif indiquait une volonté de réduire les intrants (engrais et/ou produits phytosanitaires) en s'appuyant sur des solutions agronomiques ainsi qu'une liste de variétés recommandées et **Pratiques fixées par cahier des charges (CC)**, lorsque les caractéristiques de l'itinéraire technique sont fixées par le cahier des charges du produit.

Les objectifs poursuivis par les différents dispositifs visent pour une grande partie d'entre eux à développer des filières valorisant des produits locaux (signes d'officiels de qualité) ou à favoriser la diversification des cultures dans des zones dominées par la monoculture de maïs (ex. Blé Herriko). Les volumes associés à ces dispositifs sont alors restreints (< 50 000 t de produit brut). Les dispositifs mobilisant des volumes plus conséquents cherchent principalement à créer une valeur ajoutée en s'adossant à un cahier des charges valorisant des produits dont les modes de production sont plus respectueux de l'environnement (valorisant des solutions agronomiques ou s'appuyant sur des recommandations d'usage de pratiques raisonnées, ex. Charte LU'Harmony) ou valorisant un territoire de production (ex. Blé Alpina Savoie). Pour l'ensemble des dispositifs analysés, des critères de tri/ d'acceptation à l'entrée dans la filière sont spécifiés. Ceux-ci font référence à des caractéristiques

[2] Les autres dispositifs n'indiquant pas explicitement la certification par un tiers dans les documents disponibles.

technologiques (tailles des grains, aspect, taux d'impuretés, d'humidité, taux d'oméga 3…) et sanitaires (taux de contamination en mycotoxines).

Tableau 8 : Nombre de dispositifs analysés en fonction du volume traité et types de pratiques spécifiées par le dispositif (CC : Cahier des Charges)

Volume de produit estimé/an (France entière)	Nombre de dispositifs de valorisation associés	Type de pratiques spécifiées	Nombre de dispositifs associés aux types de pratiques
200 000t ou plus	7	Recommandation raisonnement des pratiques	2
		Valorisation agronomie	3
		Recommandations variétales	2
De 100 000 à 200 000t	1	Pratiques fixées par CC	1
De 50 000 à 100 000t	2	Recommandation raisonnement des pratiques	2
Moins de 50 000t	22	Recommandation raisonnement des pratiques	1
		Pratiques fixées par CC	12
		Valorisation agronomie	5
		Recommandations variétales	3
		Non indiqué	1

Les recommandations sur les pratiques présentes dans les cahiers des charges portent sur le raisonnement à la marge des pratiques agrochimiques sans réelle remise en cause de celles-ci (par ex. « utiliser une méthode de raisonnement des fumures… », « ne pas traiter un mois avant la récolte », « le recours aux produits phytosanitaires est autorisé et doit être raisonné… ») le délai de retour de la culture cible dans la rotation ou le type de précédent cultural, la distance à une parcelle de la même culture ou la proximité à une route. Lorsque ces recommandations portent sur la valorisation des leviers agronomiques, celles-ci sont généralement englobantes (par ex. « incitation à tester des pratiques plus agroécologiques », « prise en compte de l'empreinte écologique ») et peu précises quant aux éléments qui permettent de différencier ces pratiques de pratiques « raisonnées ». Les spécifications relatives aux moyens à mettre en œuvre sont, dans 5 cas sur 32, faibles et limitées au choix variétal. Une liste de variétés à implanter est alors proposée.

Pour les dispositifs relevant de signes officiels de qualité, dans 12 cas sur 19, l'itinéraire technique associé à la production est défini par le cahier des charges. Les préconisations portent alors principalement sur les moyens techniques permettant d'atteindre les critères technologiques et sanitaires attendus par la règlementation. Pour les autres dispositifs relevant de label ou signe officiel de qualité, les préconisations portent sur le respect d'engagements généraux (ex. Agriculture Biologique), obligation de moyens en dehors de critères technologiques, et permettent une plus grande diversité de pratiques.

Six dispositifs sur les 32 préconisent ou imposent la mise en œuvre de pratiques valorisant les connaissances agronomiques pour substituer/réduire le recours aux intrants. Ces dispositifs se retrouvent à la fois dans des filières de tailles importantes (>2 000 000 t/an) et de faible volume (<50 000 t/an). Huit dispositifs sur les 32 indiquent une valeur ajoutée associée à la valorisation du

produit dans la filière. Cette valeur ajoutée varie de 2 à 50 euros par tonne de produit brut et peut être plus élevée par exemple en agriculture biologique (blé tendre AB >350 €/t *vs* conventionnel 150€/t) par rapport au prix du marché ou propose un prix payé indiqué sur une culture de référence (ex. lin oléagineux). Un dispositif spécifie une prime pour le respect des principes agroécologiques. Cette prime (15 euros par tonne) intègre notamment l'obligation de tester des pratiques innovantes ou de calculer des indicateurs.

L'analyse de quelques dispositifs de valorisation des productions montre que dans le cas de quelques dispositifs sous signes officiels de qualité, les pratiques à mettre en œuvre sur la culture ou sur la rotation sont globalement restrictive de la diversité. Cette spécification se fait en lien avec la typicité du produit et a vocation à satisfaire les critères technologiques qui la définissent. Pour les dispositifs ne relevant pas de SOQ (Signe Officiel de la Qualité) ou relevant de dispositifs tels que l'Agriculture Biologique, les recommandations sont suffisamment vastes pour inclure une diversité de pratiques et de modes de production **dès lors que ceux-ci permettent d'atteindre les critères technologiques ciblés pour l'insertion dans la filière**. Ils n'apparaissent pas en soi restrictifs de la diversité des modes de production. Certains dispositifs enfin affichent le souhait de promouvoir des modes de production plus respectueux de l'environnement et s'appuyant sur les principes de l'agroécologie, qui a plusieurs définitions en France. Il faut cependant noter que la plupart des dispositifs, à l'exception de l'agriculture biologique, sont des marques commerciales avec des cahiers des charges assez peu contraignants donc sans impact significatif sur la diversité. Il s'agit principalement de démarche permettant une démarcation commerciale.

3.1.1 La transformation/les transformateurs : frein ou levier pour la diversité des agricultures

Les céréales, oléagineux et protéagineux produits dans les exploitations de grandes cultures sont principalement destinés à l'alimentation animale et humaine (on fera abstraction ici des usages non alimentaires). Les critères qualitatifs pour l'alimentation animale sont principalement ciblés sur la valeur énergétique (blé, oléagineux) et l'apport protéique (protéagineux) ramené à un prix le plus faible possible. Dans le cas du blé, on est par exemple amené à utiliser des blés déclassés ou des issus de meunerie (sons, remoulage, germe) et pour les oléagineux les co-produits de l'huilerie (tourteaux par exemple). Les traitements thermiques comme le toastage sont effectués sur les protéagineux et sont indispensables afin de détruire les facteurs anti-nutritionnels (important surtout pour les monogastriques) et d'empêcher la dégradation par les bactéries du rumen (essentiellement pour les ruminants). Pour les oléagineux, les traitements thermiques sont nécessaires afin d'obtenir un rendement satisfaisant d'extraction d'huile.

Dans le contexte de la diversité des agricultures, le cas des mélanges d'espèces (par exemple blé-féverole, orge-pois et triticale-pois-féverole) réalisés afin de diminuer les apports d'intrants, suppose une organisation logistique adaptée. En effet, pour ces productions, il est nécessaire de trier et de nettoyer les graines avant d'appliquer des traitements thermiques. Le tri est d'autant plus indispensable qu'un décorticage peut être nécessaire (cas des fèveroles riches en tanins) et qu'il faut contrôler la balance énergie-protéines dans la composition des aliments pour animaux. Les mélanges céréales-protéagineux nécessitent donc des installations de tri dont le coût, appliqué à l'agriculteur, peut être un frein au développement de ces associations d'espèces. Le débouché de l'alimentation humaine, plus rémunérateur, est en revanche susceptible de mieux amortir ce coût du triage.

Dans le cas des mélanges variétaux, on est dans une situation plutôt favorable pour l'alimentation animale, sachant qu'on pourra aisément corriger des défauts énergie-protéines dans la formulation des aliments en jouant par exemple sur les proportions des différentes sources végétales (ce qui se fait actuellement) sans recourir à un tri qui serait par ailleurs impossible.

Pour la nutrition humaine, la majeure partie des grains de céréales et de protéagineux nécessite, pour

être consommés, d'être transformés, pour isoler les fractions les plus adaptées à la consommation humaine, c'est-à-dire permettant de fabriquer des aliments sains, sûrs, de bonne qualité organoleptique et technologique. Ces procédés de transformation permettent, par exemple, la diminution de contaminants de type spores, bactéries, moisissures, toxines fongiques, pesticides, métaux lourds, composés phénoliques ou fibres insolubles qui posent des problèmes d'amertume ou d'indigestibilité, diminution de facteurs antinutritionnels, etc. Ces procédés ont souvent été développés sur la base de savoirs ancestraux, tels que les industries de la meunerie, de la malterie, de l'huilerie…, qui ont été standardisés et normés pour garantir un minimum de risques lors de la transformation des matières premières en aliments et pour garantir la qualité sanitaire, nutritionnelle et organoleptique de ces produits.

Une modification drastique de la nature des ressources végétales peut entrainer une remise en cause de ces procédés. Dans le cas des mélanges d'espèces, le tri est indispensable afin de générer des fractions nutritionnellement et technologiquement acceptables. Ce tri est d'autant plus important qu'on ne maîtrise pas les proportions des espèces à la récolte, proportions qui vont conditionner la qualité des produits à transformer. Le tri d'un mélange blé-pois par exemple n'est pas acceptable en termes de fractionnement ultérieur de ces grains en raison de contaminations interspécifiques résiduelles trop importantes ; ces contaminations résiduelles peuvent être incompatibles avec les débouchés visés, par exemple le pois en alimentation humaine est en partie à destination des marchés « sans gluten » spécifiant dans les cahiers des charges 0% de présence de céréales.

Le développement de procédés efficaces de tri s'avère aujourd'hui un frein important pour le développement de ces co-cultures pour l'alimentation humaine. Quand bien mêmes les trieurs optiques offrent des performances de tri élevées, le coût associé peut rendre l'intérêt du tri rédhibitoire.

En ce qui concerne les mélanges variétaux le meunier adapte les mélanges afin d'uniformiser la qualité des farines en fonction du cahier des charges des utilisateurs. Si demain il ne dispose que de mélanges déjà constitués, sa marge de manœuvre sera plus limitée pour garantir la qualité du produit. Le meunier en amont pourra être confronté à des disparités de qualité de ces mélanges de grains issus de différentes variétés, et ne pourra pas les transformer avec les équipements actuels (disparité de taille, forme, résistance mécanique des grains, hétérogénéité de la distribution des contaminants…), sachant que la mise en œuvre de tri ne peut se faire pour certains mélanges de variétés. Ceci peut amener (i) à des correctifs tels qu'ajout de gluten vital ou d'additifs (tensioactifs, enzymes, oxydo-réducteurs…) et/ou (ii) à réaliser à nouveau des mélanges avec d'autres farines. Ces modifications entrainent des coûts significatifs, des changements dans les quantités et qualités des produits. Les filières de valorisation des co-produits associés peuvent être aussi revues en conséquence.

A ce stade, il apparait qu'une diversification des agricultures vers les co-cultures d'espèces (céréales-légumineuses notamment) ou de mélanges variétaux nécessite des adaptations importantes des procédés de transformation. Pour des usages en alimentation animale, ces adaptations pourraient s'avérer réalisables à moyen terme, à condition que les surcoûts soient acceptables. Il ne faut pas négliger des problèmes de règlementation quant aux usages alimentaires des mélanges d'espèces végétales notamment en ce qui concerne la définition actuelle des produits céréaliers (pains, pâtes alimentaires notamment). Bien que non évoqués, des freins similaires et particuliers seront rencontrés pour les autres filières céréalières, orge de brasserie et amidonnerie en particulier. Il conviendra donc d'analyser ces freins technologiques pour chacune de ces filières.

3.1.2 Les consommateurs/modes de consommation frein ou levier à la diversité des agricultures

Le but premier de l'agriculture est de fournir des produits de bonne qualité tant sur les plans sanitaires et nutritionnels, aux consommateurs mais aussi aux animaux d'élevage. Avec la raréfaction annoncée des matières fossiles, l'agriculture devient également une source de biens destinés à des usages non

alimentaires (biocarburants, plastiques, etc.). Aujourd'hui, elle se doit d'être aussi la plus durable sur le plan environnemental tout en préservant la sécurité alimentaire.

Depuis un peu plus de 50 ans, l'agriculture a évolué en même temps que les procédés de transformation des productions agricoles et de fabrication des aliments et que nos modes de consommation. Nous consommons de plus en plus d'aliments transformés industriellement, de peu transformés à ultra-transformés[3] comme les boissons et desserts sucrés, plats cuisinés industriels, céréales pour petit-déjeuner (Fardet et al., 2017, 2018 ; Monteiro et al., 2016). Par exemple, en France les produits ultra-transformés constituent au moins 36% des calories ingérés quotidiennement chez les adultes (Julia et al., 2018) et dépasse les 50% au Canada (Moubarac et al., 2014). Les aliments transformés peuvent être issus d'une transformation artisanale ou industrielle, cette dernière étant associée à la notion d'industrie agroalimentaire.

L'essor des industries agroalimentaires et le changement du mode de vie des sociétés occidentales (industrielles et aujourd'hui post-industrielles) a conduit à la production d'aliments ultra-transformés en masse, standardisés répondant à des normes sanitaires et organoleptiques précises tout en apportant un gain de temps (aliments de service) aux consommateurs. Cette standardisation des aliments a été rendue possible par la rationalisation des formulations à base d'ingrédients (agents de texture, conservateurs, aromes, etc..) et de matières premières issues du « cracking » industriel des productions agricoles tels que les amidons de maïs, de blé et de pomme de terre, gluten, lécithines de soja, poudres de lait, de blanc d'œuf, gélatine, etc...

Au niveau mondial, l'expansion de l'industrie agroalimentaire a entrainé une réduction de la diversité des espèces cultivées. Depuis un siècle, quelques 75 % des espèces de plantes cultivées ont disparu selon les estimations de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2011)[4] et aujourd'hui seules 150 espèces de plantes servent de support à l'alimentation de la planète, dont seulement 12 plantes et 5 espèces animales représentent 75 % de l'alimentation mondiale. La mondialisation de la production agricole, de concert avec celle de l'industrie agroalimentaire, a par ailleurs conduit à diminuer les cultures vivrières locales dans les pays du sud au profit de cultures destinées à l'alimentation animale ou au secteur non alimentaire des pays développés (soja, maïs, coton, palme, etc.).

Au-delà de l'industrialisation, les évolutions des régimes alimentaires vers plus de produits d'origine carnée ont impacté la diversité des espèces cultivées dans les successions de culture, notamment la place des espèces de légumineuses. Majoritairement cultivées en tant que source de protéines pour l'alimentation humaine les légumineuses à graines représentaient 161 000 ha au début des années 1960. Pour les seuls haricots secs plus de 150 000 ha étaient cultivés avant le milieu du 20ème siècle. 1950 marque le début d'une phase de déclin des surfaces avec 110 000 ha en 1960, puis 38 000 ha en 1970, 12 000 ha en 1980 et seulement 4 074 ha en 2013 (Denhartigh, 2015). Entre 1950 et 1985, la consommation annuelle de légumineuses à graines est ainsi passée de 7,3 à 1,4 kg par personne (Voisin et al., 2013). Les légumineuses cultivées sont aujourd'hui majoritairement destinées à l'alimentation animale comme une part importante de la production céréalière (maïs, blé, orge).

Pour répondre aux critères des procédés industriels, des critères de qualité technologique ont été définis au niveau des matières premières agricoles. En ce qui concerne les céréales, ce point peut être illustré à travers la teneur en protéines des lots de blé tendre et d'orge destinés respectivement à la

[3] Le concept d'aliment ultra-transformé a été défini en 2009 par des épidémiologistes brésiliens : « Ce sont des formulations par ajout d'ingrédients et/ou d'additifs à usage principalement industriel pour imiter, exacerber ou restaurer des propriétés sensorielles (texture, goût et couleur) ». Ils sont peu rassasiants, souvent enrichis en sucres, sel et gras, et sont donc majoritairement sources de sucres « rapides » (hyperglycémiants) et de calories « vides » (c'est-à-dire pauvres en composés bioactifs protecteurs tels que fibres, vitamines, minéraux et phyto-nutriments antioxydants)

[4] D'après : http://www.geo.fr/environnement/actualite-durable/agriculture-alimentation-fao-50744 et http://www.fao.org/docrep/x0171e/x0171e03.htm

boulangerie et à la malterie. Afin de favoriser l'atteinte de ces critères technologiques, des pratiques agricoles peuvent être recommandées au niveau des bassins d'approvisionnement des coopératives agricoles (voir par exemple pour l'orge de brasserie Le Bail et Meynard (2003) et des listes de variétés recommandées par la meunerie proposées aux agriculteurs (voir paragraphe 2.2.3). Ainsi, les procédés de transformation des productions agricoles en aliments transformés sont un facteur d'influence des modes de conduite des cultures et des systèmes de production qui leur sont associés.

Les modes de consommation basés massivement sur les produits issus de l'industrie agroalimentaire, notamment de produits très ou ultra-transformés, associés à la sédentarisation des sociétés sont aujourd'hui largement décriés quant à leur impact sur la santé (Monteiro et al., 2017). En réponse à ce constat, l'essor de nouveaux modèles de consommation, en réponse ou non à des impératifs de santé, a pu être observé à l'échelle française et européenne : flexitarien (réduction de la consommation en viande), végétarien, végan, sans gluten, biologique, circuits courts…Ces changements sont également alimentés par les successions d'accidents sanitaires de l'industrie alimentaire et notamment de l'industrie des produits carnés (lait, viande) qui sont intervenus ces dernières années.

Ces nouveaux modes de consommation peuvent participer d'une évolution des pratiques agricoles. Par exemple l'évolution des surfaces en grandes cultures en Agriculture Biologique ne cesse de croitre depuis 2005 avec un gain de 20% entre 2015 et 2016 (Agencebio.org) afin de répondre à la demande alimentaire, notamment de la meunerie et de l'alimentation animale. Cette dynamique des nouveaux modes de consommation permet également le développement de céréales secondaires, favorables à la diversification des assolements comme l'épeautre (environ 12 000 ha en 2016 contre moins de 2 000 ha en 2002) ou des légumineuses à graines comme la lentille (moins de 5 000 ha en 1997 contre 16 500 ha en 2014) ou le pois chiche en expansion. L'émergence d'une alimentation sans gluten permet également un regain d'intérêt pour les céréales telles que maïs et de pseudo-céréales telles que le quinoa et sarrasin.

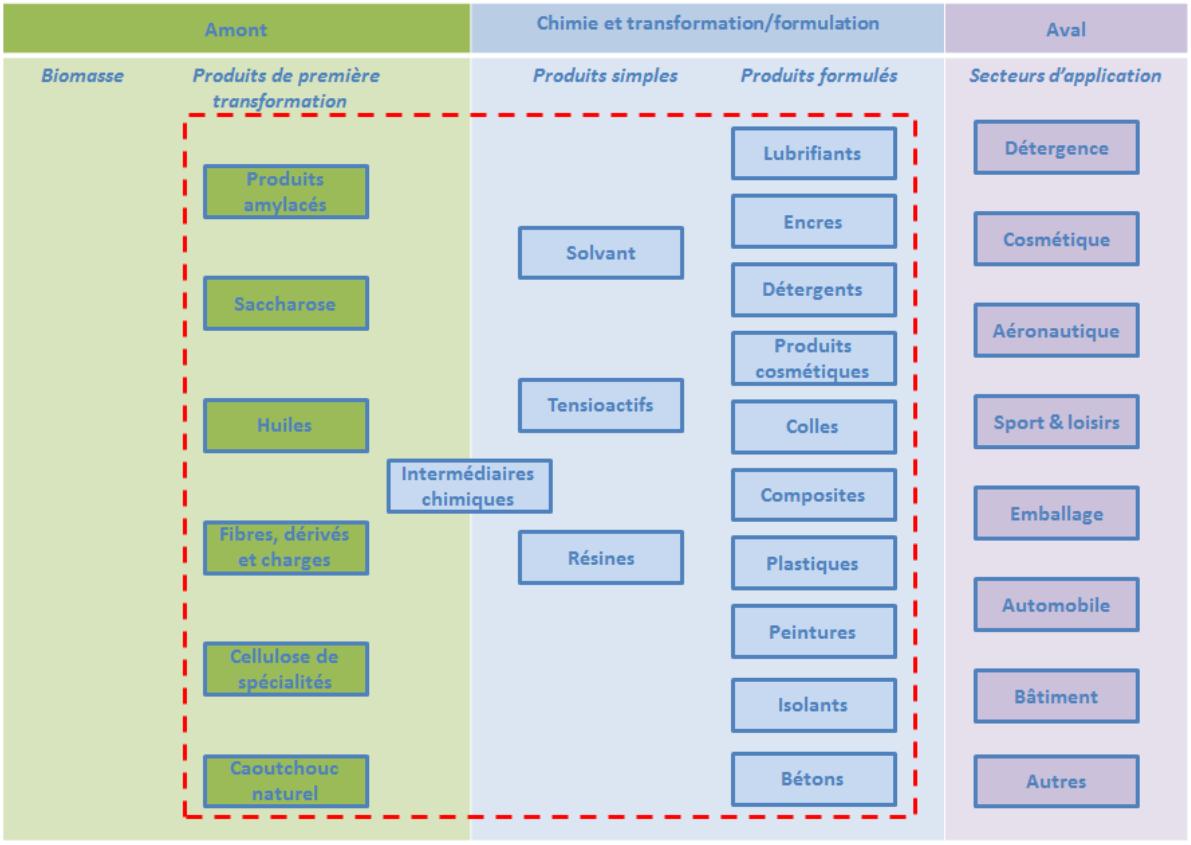
Modes de consommation et agriculture sont donc intimement liés à travers les procédés de transformation des aliments et leurs impacts sur les choix d'espèces, de variétés et de modes de conduite. Les consommateurs peuvent être des leviers de diversification de l'agriculture à travers une demande en forte croissance de produits issus de l'agriculture biologique, conduisant parallèlement à l'émergence de marchés comme l'épeautre ou le petit épeautre (ce dernier bénéficie d'une IGP). La substitution des produits carnés par des produits végétaux est un comportement qui s'accroit notamment dans les classes sociales élevées des milieux urbains et qui a déjà entrainé des innovations de l'industrie alimentaire et des productions alimentaires artisanales. Mais ces changements peuvent entraîner un recours à de nouvelles formulations alimentaires et par conséquent à l'utilisation de nouveaux ingrédients fonctionnels issus du cracking des matières premières végétales et donc à un risque d'homogénéisation des critères technologiques et des pratiques culturales associées.

3.1.3 Bioéconomie et produits biosourcés, opportunités et leviers de la diversité des agricultures dans la filière des oléagineux

La bioéconomie est un concept émergent, qui se définit comme l'économie de la photosynthèse, du vivant. Selon l'OCDE, la bioéconomie est l'ensemble des filières fondées sur le vivant qui produisent et valorisent des bioressources, de l'amont jusqu'à l'aval en intégrant la valorisation des co-produits et des déchets. Cette définition rassemble plusieurs filières, les filières matures et les filières émergentes avec l'idée de créer des interfaces.

La volonté du gouvernement français est de passer d'une économie linéaire à une économie circulaire dans laquelle les produits biosourcés peuvent avoir une place s'ils reposent (i) sur une utilisation des ressources naturelles renouvelables gérées durablement, (ii) sur la minimisation des impacts environnementaux dès la conception via l'écoconception, (iii) sur le recyclage des différentes matières.

Le benchmark international des dispositifs de soutien aux produits biosourcés et applicabilité à la France réalisé par BIO by Deloitte et Nomadeis pour le compte de l'Ademe en juin 2015 trace les outils et leviers pour soutenir le développement des produits biosourcés dans les usages « matériaux » : plastiques, isolants, bétons, composites… et les usages « chimie » de la biomasse : cosmétiques, détergents, encres, peintures, adhésifs, lubrifiants… La plupart de ces matériaux et usages pouvant être produits à partir des céréales et oléagineux (Figure 9).



Source : ADEME - Marchés actuels des produits biosourcés – avril 2015

Figure 9 : Chaine de valeur retenue dans le cadre de l'étude réalisée par BIO by Deloitte et Nomadeis pour le compte de l'Ademe (2015)

La vision intégrée de la production à l'utilisation à partir des plantes oléoprotéagineuses adaptées à la chimie de spécialité et de commodité peut contribuer à ancrer durablement la chimie du végétal dans les industries grâce au nouveau paradigme proposé par des filières lipidiques de la biomasse oléagineuse. Ces atouts sont à exploiter et ces défis sont à relever pour améliorer le taux de pénétration des produits biosourcés dans la chimie totale. Le taux de pénétration des bioproduits est estimé à 30% en Europe à horizon 2030 et à 90% aux USA à horizon 2090.

Il faut aussi noter une demande croissante de produits d'origine renouvelable pour différentes applications visant à remplacer les composés similaires actuellement utilisés d'origine fossile. Cette tendance est mise en évidence par l'existence d'étiquettes biologiques récentes telles que BioPreferred (USA), Blue Angel (Allemagne) pour divers produits de commodité, et aussi par de nouvelles réglementations telles que REACH (EU) pour les produits chimiques. Cependant l'essor de cette bio-économie est très dépendante de la présence et de la vitalité d'industries utilisatrices des produits de première transformation.

4. Éléments de discussion

Les céréales, oléagineux et légumineuses à graines sont souvent présents simultanément dans les exploitations et, pour partie, les critères de diversité des agricultures leur sont communs.

La notion de « diversité » des agricultures renvoie implicitement à la reconnaissance de différences dans les processus de production et/ou de valorisation des produits agricoles, et donc à la recherche d'une manière de caractériser ces différences, voire de proposer une typologie des formes de mise en œuvre et de valorisation de la production agricole. Il apparait qu'une multitude d'entrées sont envisageables pour caractériser les types d'agriculture (voir Barbottin et al. (a) dans ce numéro), ce qui complexifie l'analyse : entrée environnementale, entrée sociale, entrée économique, entrée agronomique, entrée technique… La diversité des agricultures renvoie nécessairement à un regard multifactoriel et multi-échelle.

Notre analyse porte avant tout sur la diversité des modes de production agricoles, en illustrant leur dépendance vis-à-vis de la diversité des voies de valorisation dans les filières (au travers des activités de commercialisation, de transformation, de distribution…). Nous ouvrons ici le débat sur quelques éléments de réflexion qui nous sont apparus lors de la réalisation de ce travail.

4.1 L'échelle de la diversité

Suivant le grain auquel on caractérise la diversité des agricultures, celle-ci peut être un facteur de résilience, par exemple la diversité des cultures pour faire face aux aléas climatiques et économiques et s'adapter à l'implantation des filières et leur demande en produits (ex. structuration des bassins de production par rapport à l'élevage et aux grandes cultures).

L'analyse des données disponibles pour caractériser la diversité des agricultures montre que cet exercice est rendu difficile par l'absence de données à l'échelle des systèmes de production. Les données sur les pratiques sont disponibles, pratique par pratique, ou par culture lorsqu'il est possible d'accéder à l'ensemble de l'itinéraire technique (Guichard et al., 2013) mais rarement à l'échelle de l'exploitation agricole. Une caractérisation de la diversité telle que proposée par Therond et al. (2017) ou Duru et al. (2016) est alors restreinte à quelques cas d'étude pour lesquels on dispose d'indicateurs. Les travaux du GIS GCHP2E ont montré que l'accès aux données pour caractériser les pratiques et les systèmes de culture ainsi que l'exploitation de ces données demeuraient un enjeu fort pour la recherche agronomique (Séminaire « L'amélioration de la connaissance des pratiques en Grandes Cultures » du 7 mars 2017[5]).

4.2 La valeur et le coût de la diversité

L'analyse des dispositifs de valorisation de la production montre qu'hormis ceux relevant des signes officiels de qualité, les recommandations sur les pratiques sont suffisamment vastes pour permettre une diversité de systèmes de culture et de production, dès lors que les critères technologiques d'accès à la filière sont atteints. On peut alors s'interroger sur le poids de ces critères technologiques sur les choix techniques des agriculteurs, que ces choix soient intentionnels (pilotage de la stratégie de désherbage pour éviter la réfaction des lots du fait de présence de graines d'adventices) ou issus d'une construction collective au sein des filières (conseil aux agriculteurs, formation…). Si les travaux sur l'adoption des variétés résistantes aux bioagresseurs ont montré un fort frein au sein même des filières (Lamine et al., 2010), les filières peuvent également être le moteur d'incitation à l'évolution des pratiques par le biais de primes, comme c'est le cas par exemple de la filière blé MacDonald ou de la démarche Lu Harmony.

[5] https://www.gchp2e.fr/Actions-thematiques/Connaissance-des-pratiques-pour-l-evaluation-des-performances/7-03-2017-Pratiques-et-performances-en-Grandes-Cultures

On ne peut dès lors s'interroger sur la question de la diversité sans aborder celle de la valeur que donnent les acteurs à cette diversité. Quelle est la performance économique des systèmes agricoles plus diversifiés ? Quels sont les leviers pour augmenter les performances d'une agriculture diversifiée ? Si les filières ne brident pas explicitement la diversité, pourquoi celle-ci n'est-elle pas plus développée ? A qui revient la tâche de contrôler et d'actionner les leviers de diversification ? Par exemple, les principaux acteurs semenciers concentrent leurs efforts d'innovation sur des espèces dites majeures, au détriment de celles dites mineures : existe-t-il un niveau de développement d'une activité ou d'une filière à partir duquel la diversité est considérée comme viable ? Y a-t-il un niveau critique au-dessous duquel la diversité n'est pas valorisée/valorisable ? Ce niveau est-il défini uniquement par des considérations et des acteurs économiques ou d'autres facteurs et acteurs interviennent-ils (facteurs technologiques de transformation par exemple) ?

La disponibilité des connaissances et des outils de gestion et/ou d'aide à la décision peut-elle contribuer à la diversité des agricultures ? Par exemple, toujours dans l'univers des semences, la création d'outils polyvalents pour gérer des problèmes technologiques de transformation, d'évaluation de la qualité des mélanges et de réorganisation de la filière accélérerait-elle le développement de la diversification par la voie des mélanges et des combinaisons variétales ? Plus largement, la mobilisation de connaissances dans la conception innovante d'outils et d'instruments pour gérer, par exemple, les questions logistiques (calendrier de récoltes, stockage, traçabilité...) de la diversité variétale, et inter-espèce, par les organismes économiques (coopératives, organismes stockeurs) ouvrirait-elle de nouvelles perspectives en matière de viabilité de la diversité variétale ?

Si d'une manière générale, les connaissances, produites entre autres par la recherche, constituent un input dans le processus d'instrumentation managériale de la diversité, l'utilisation même de ces instruments est à l'origine d'apprentissages et de production de nouvelles connaissances. Par exemple, la production de connaissances sur les effets positifs des acides gras oméga 3 sur la production animale et la santé humaine a donné lieu à la mise en place progressive de dispositifs de différenciation des produits par leur composition lipidique générant de nouveaux apprentissages (techniques d'élevage, procédés de fabrication industrielle…), de nouvelles relations entre les acteurs impliqués (agriculteurs, industriels, semenciers, restauration hors foyer, etc.), de nouvelles modalités d'organisation managériale (associations d'acteurs, formalisation de cahiers des charges, marketing collectif, procédures de suivi et de traçabilité) et de nouvelles recherches (mise en place de réseaux d'expérimentation…), tout en ouvrant l'appétit des consommateurs pour cette nouvelle offre.

Les cahiers des charges sont devenus des instruments essentiels pour gérer cette différenciation et la segmentation du marché. Leur élaboration a nécessité d'une part des expérimentations et, d'autre part, des échanges de connaissances et de savoir-faire entre les acteurs impliqués. Les apprentissages croisés (Hatchuel, 1994) et les prescriptions réciproques entre les acteurs (Hatchuel, 1996) sont devenus essentiels, entre autres, pour comprendre le rôle des apports de chacun dans le processus global d'obtention du produit final, pour se former à des nouvelles techniques, pour construire le nouveau concept commercial du produit. Ainsi, les effets des utilisations de ces cahiers des charges par les acteurs modifient la manière dont ils perçoivent le réel, « transforment effectivement les relations et les apprentissages entre acteurs » et donnent lieu à des choix et à des comportements qui n'étaient pas envisageables auparavant (Aggeri et Labatut, 2014). Dans cette perspective, le travail d'élaboration de pistes de recherche, aussi bien pour la production de connaissances que pour leur mobilisation dans des processus de conception et de suivi d'innovations est un enjeu de taille pour la recherche en matière de contribution au développement de la diversité des agricultures.

La question de la diversité amène aussi à s'interroger sur les dispositifs de recherche pouvant accompagner cette diversité. Les trajectoires de recherche tendent à favoriser la spécialisation autour de certaines pratiques ou espèces qui sont plus étudiées que d'autres, de par des logiques de rendements croissants largement mis en avant par les économistes de l'innovation. Le changement de trajectoire des recherches pour favoriser l'exploration de nouveaux paradigmes qui alimenteront et

renouvelleront la diversité des agricultures est souvent freiné par des heuristiques de recherche en place. En termes plus simples, chacun poursuit dans ce qu'il sait déjà faire. Elargir le socle de connaissances sur lequel les acteurs pourront concevoir eux-mêmes de nouvelles formes de diversité est donc un challenge.

Ouvrir le débat avec les acteurs des filières sur la préservation ou le développement des formes de diversité des agricultures comme potentiel de résilience est aussi un autre challenge. Le dialogue entre les opérateurs est aussi nécessaire pour favoriser le consensus sur la définition de cahiers des charges et leur évolution.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier pour leur contribution à ce document :

Marie-Jo Amiot (Inra), Marc Anton (Inra), Laetitia Authenac (Union Française des Semenciers), Alain Baranger (Inra), Laurent Bedoussac (ENSFEA), Michel Bertrand (Inra), Adeline Boire (Inra), Sylvie Bonny (Inra), Adeline Buitink (Inra), Frédéric Capel (Inra), Sébastien Chatre (RAGT), François Coléno (Inra), Bernard de Verneuil (ex président de Terres Inovia), Yves Dronne (ex. Inra), Dominique Dutartre (président d'honneur du pôle IAR), Karine Gallardo (Inra), Philippe Gate (Arvalis – Institut du végétal), Anne Joseau (FranceAgriMer), Hervé Juin (Inra), Marianne Le Bail (AgroParisTech), Olivia Le Lamer (FranceAgriMer), Céline Le Guillou (Terres Univia), Michel Lessire (Inra), Olivier Lepiller (CIRAD), Michel Lessire (Inra), Luc Ozanne (Sofiproteol), Christophe N'Guyen-Thé (Inra), André Pouzet (ex directeur de Terres Inovia), Yann Raoul (Oléon), Aude Ridier (AgroCampusOuest), Bernard Rolland (Inra), Thierry Rouxel (Inra), Gilles Ravot (Pivert), Perrine Tonin (Groupe Avril), Valérie Uyttewaal (GEVES), Francis Valter (Groupe Avril), Bernard Valluis (ANMF), Anne-Sophie Voisin (Inra), Stéphane Wallerand (Inra).

Annexe 1 : Rapide descriptif des 32 dispositifs analysés dans le cadre de ce travail

Dispositif	Démarche	Culture	Volumes	Spécifications sur les pratiques	Type de spécification	Débouchés	Valorisation financière
Limagrain contrat filière	Cahier des charges privé	Blé tendre, maïs semoulerie	>200 000t	Recommandations sur choix variétal, préconisation fertilisation/traitements.	Recommandation raisonnement des pratiques + variétés	Alimentation humaine	+5 à 40 € /t selon variétés et teneur en protéines pour le blé.
Blé HERRIKO	Cahier des charges privé	Blé tendre	<50 000t	Recommandations variétales (les mélanges variétaux sont autorisés - semences fermières autorisées) ; valorisation des engrais de ferme et introduction de légumineuses. Engrais minéraux en complément suivant critères. Fractionnement des apports. Interdiction des boues, des régulateurs de croissance. Pas d'intervention moins d'1 mois avant la récolte.	Valorisation Agronomie + variétés	Alimentation humaine	20 €/t – prix minimum d'achat fixé à 200€ HT/t
Farine et pain du Luberon	Cahier des charges privé	Blé tendre	<50 000t	Recommandations variétales (variétés anciennes) ; fertilisation azotée modérée.	Recommandation raisonnement des pratiques + variétés	Alimentation humaine	
Charte LU'HARMONY	Cahier des charges privé	Blé tendre	>200 000t	Choix des parcelles suivant précédent et travail du sol ; rotation sur 3 à 4 cultures ; interventions phytosanitaires en lutte raisonnée, voire intégrée ; implantation de bandes mellifères et non traitement à proximité de cette zone.	Valorisation Agronomie + variétés	Alimentation humaine	
Farine de Meule Label Rouge	Label rouge	Blé tendre	50 000 à 100 000t	Pas d'insecticide de stockage depuis la récolte ; recommandations variétales ; Semences certifiées ou issues de certifiées ; fertilisation azotée, maitrisée et fractionnée ; traitements phytosanitaires maitrisés.	Recommandation raisonnement des pratiques + variétés	Alimentation humaine	
Blé CRC (Cultures Raisonnées Contrôlées)	Cahier des charges privé – certification par tiers	Blé tendre	>200 000t	Recommandations variétales ; préconisation d'applications rationnelles de mesures préventives ou curatives, privilégiant les interventions mécaniques et biologiques, et dans laquelle l'emploi des pesticides est un dernier recours.	Valorisation Agronomie + variété	Alimentation humaine	+ 10€/t pour l'agriculteur

Blé Alpina savoie 100% français	Cahier des charges privé – certification par tiers	Blé dur	50 000 à 100 000t	Recommandations variétales ; choix de parcelles éloignées à plus de 300m de toute source de pollution ; application raisonnée des traitements ; absence de traitement après récolte.	Recommandation raisonnement des pratiques + variétés	Alimentation humaine	
Riz de Camargue	IGP	Riz	100 000 à 200 000t	Recommandations variétales ; Recommandation sur la gestion de l'eau (pour immersion des parcelles) et du travail du sol en interculture,	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Cahier des charges orges brassicoles	Cahier des charges privé	orge	>200 000t	Recommandations variétales	Variétés	Alimentation humaine	+50€/t par rapport aux orges fourragères
Moutarde de Bourgogne	IGP	Moutarde	<50 000t	Recommandations variétales	Variétés	Alimentation humaine	
Fleur de colza	Cahier des charges privé – certification par tiers	Colza	<50 000t	Recommandations variétales ; interdiction des épandages ; l'apport d'azote au semis est interdit pour respecter la charte environnementale du Cetiom ; respect de pratiques culturales raisonnées combinant la qualité, le rendement et la prise en compte de leur empreinte écologique.	Valorisation Agronomie + variétés	Alimentation humaine	Prime de 2€/t (en 2006)
Tournesol Oléique	Cahier des charges privé	Tournesol	>200 000t	Recommandations variétales ; isolation des parcelles / d'autres tournesol.	Variétés	Alimentation humaine et industrie	Prime "oléique" fluctuante (110 €/t en 2014, mais entre 20 et 30 €/t les années précédentes).
IGP Petit Epeautre de Haute – Provence	IGP	Petit Epeautre	<50 000t	Une seule variété utilisable ; rotation des cultures autorisant l'implantation du petit épeautre une fois au maximum tous les 3 ans ; la culture précédente doit être différente d'une céréale à paille ; interdiction des désherbants et autres produits chimiques de synthèse ; fertilisation de janvier à mars limitée à un apport de 60-60-60 unités de NPK au maximum ; désherbage exclusivement mécanique si nécessaire.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Lentille verte du Puy	AOP	Lentille	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le cahier des charge (CC)	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Lentille verte du Berry	Label Rouge	Lentille	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	

Lentille verte du Berry	IGP	Lentille	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Coco de Paimpol	AOP	Haricots	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Flageolet vert (Verdelys)	Label rouge	Haricots	<50 000t	1 seule variété autorisée ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Haricot tarbais	Label Rouge	Haricots	<50 000t		Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Haricot tarbais	IGP	Haricots	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Lingot du Nord	Label Rouge	Haricots	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Lingot du Nord	IGP	Haricots	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Mogette de Vendée	Label Rouge	Haricots	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
Mogette de Vendée	IGP	Haricots	<50 000t	Recommandations variétales ; itinéraire technique et successions spécifiées dans le CC.	Pratiques fixées par CC	Alimentation humaine	
MacDonald Filière blé	Cahier des charges privé	Blé tendre	<50 000t	Recommandations variétales ; incitation à tester des pratiques plus agroécologiques (prime)	Variétés + incitation Agronomie	Alimentation humaine	Achat à prix fixe jusqu'en 2018 (185€/t départ coopératives) - +15€/t pour le respect des principes agroécologiques (intègre notamment l'obligation de tester des pratiques innovantes ou de calculer des indicateurs).
Agriconfiance	Charte privée – certification par tiers	Céréales - oléagineux (semences et grains)	>200 000t	Dispositif qui s'appuie sur le respect de 16 exigences relatives à la biodiversité, à la stratégie phytosanitaire, à la gestion de l'eau et de la fertilisation. Les démarches environnementales existantes peuvent être reconnues à ce niveau par la CNCE.	Recommandation Bonnes pratiques		
Colza Oléique	Cahier des charges privé	Colza	<50 000t	Recommandations variétales	Variétés	Alimentation Humaine, Lipochimie	

Colza Erucique	Cahier des charges privé	Colza	<50 000t	Recommandations variétales	Variétés	Lipochimie	Contractualisation sur plusieurs années (majorité à 3 ans) avec engagement sur une prime moyenne minimale.
Céréales AB	Label Agriculture Biologique	Céréales	>200 000t	Cahier des charges de l'agriculture biologique		Alimentation humaine, industrie (cosmétique par ex.)	Blé tendre AB >350€/t vs conventionnel 150€/t
Oléagineux AB	Label Agriculture Biologique	Oléagineux	<50 000t	Cahier des charges de l'agriculture biologique		Alimentation Humaine et Animale	
Légumineuses AB	Label Agriculture Biologique	Légumineuses	<50 000t	Cahier des charges de l'agriculture biologique		Alimentation Humaine et Animale	
Lin Oléagineux	Cahier des charges privé	Lin	<50 000t	Non indiqué dans les documents		Alimentation Humaine et Animale	Le contrat engage le producteur pour une même surface pendant trois ans. Le prix est compris entre 450 et 550 €/t.

Références bibliographiques

Agence Bio, 2017. La bio dans les territoires. Fiches régionales et de production. 75 p.

Aggeri F., Labatut, J., 2014. Chapitre 1- Les métamorphoses de l'instrumentation gestionnaire : Une généalogie des approches par les instruments in L'instrumentation de l'action publique: Controverses, résistance, effets (pp. 63-94). Paris: Presses de Sciences Po (P.F.N.S.P.).

Agreste Primeur, 2012a. Recensement agricole 2010, Exploitations de grandes cultures en France métropolitaine. 283, 4 p.

Agreste Primeur, 2012b. Engrais minéraux azotés : ajustement des apports. 291, 8 p.

Agreste, 2010. Alternance des cultures. Les Dossiers, 8, 13-52

Agreste, 2012. Indicateur de diversité de l'assolement par commune en 2010. Recensement Agricole 2010. http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/recensement-agricole-2010/cartes-de-synthese-853/

Agreste, 2014. Les Dossiers - n° 20 - juin 2014 - Le statut juridique des exploitations agricoles : évolutions 1970-2010.

Arvalis Institut du végétal, 2012. Produire plus et mieux. 53 solutions concrètes pour réduire l'impact des produits phytosanitaires. Guide pratiques. Editions Centre 2012 et Edition Nord 2012.

Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I., Voltz M. (Eds), 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64 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, INRA Editeur (France), 90 p

Boulineau F., Leclerc C., 2013. Evolution des variétés au travers du catalogue officiel. Le Sélectionneur Français 64 : 35-50

Bousseau D., 2009. Associations céréales-légumineuses et mélanges de variétés de blé tendre : point de vue agronomique et pratique d'une coopérative. Innovations Agronomiques. 7, 129-137.

Chan J.P., 2012. Plante partenaire : Associer une légumineuse à un blé ne favorise au mieux que la protéine. Perspectives Agricoles, 391, 56-60

Charbonnaud J., 2014. Bilan des enquêtes 2013 - « Conduite de la culture du tournesol » Région Centre. Oléotech n° 1 - Juillet 2014.

Corre-Hellou G., Dibet A., Hauggaard-Nielsen H., Crozat Y., Gooding M., Ambus P., Dahlmann C., von Fragstein P., Pristeri A., Monti M., Jensen E.S., 2011. The competitive ability of pea–barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. Field Crops Research 122, 264–272.

Corre-Hellou G., Bédoussac L., Bousseau D., Chaigne G., Chataigner C., Celette F., Cohan J.P., Coutard J.P., Emile J.C., Floriot M., Foissy D., Guibert S., Hemptinne J.L., Le Breton M., Lecompte C., Marceau C., Mazoué F., Mérot E., Métivier T., Morand P., Naudin C., Omon B., Pambou I., Pelzer E., Prieur L., Rambaut G, Tauvel O., 2013. Associations céréale-légumineuse multi-services. Innovations Agronomiques 30, 41-57

Denhartigh C., 2015. Diagnostic des filières de légumineuses à destination de l'alimentation humaine en France - Intérêt environnemental et perspectives de développement. 53pp

De Vallavieille-Pope C., Mille B., Belhaj Fraj M., Meynard J.-M., 2004. Intérêt des associations de variétés de blé pour diminuer les fongicides : conséquences sur la filière. Le Sélectionneur Français, 54, 45-56

Duc G., Barbottin A., Morison M., Magrini M.-B., Huyghe C., Abecassis J., Charmet G., Debaeke P., Schneider A., Petit M.-S., Gastal F., Biarnes V., Georget M., 2013. Filières grandes cultures, chap. 1. *In* : Vers des agricultures à hautes performances. Volume 4 : Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle par orientation productive. Paris INRA. (http://prodInra.Inra.fr/record/254910)

Duru M., Therond O., Roger-Estrade J., Richard G., 2016. Agriculture models at the crossroads of farming systems, food systems and territorial dynamics. 12th European IFSA Symposium, At Harper Adams University.

Emonet E., Rougier M., Pillet E., 2016. Réseau DEPHY EXPE : Synthèse des résultats à mi-parcours à l'échelle nationale - filière Grandes Cultures – Polyculture Elevage. Cellule d'Animation Nationale DEPHY Ecophyto, 92p.

Expertise collective INSERM – Pesticides effets sur la santé, synthèse et recommandations, 2013. Les éditions Inserm, 2013. 161p. ISBN 978-2-85598-906-X

Fardet A., Méjean C., Labouré H., Andreeva V., Feron G., 2017. The degree of processing of foods which are most widely consumed by the French elderly population is associated with satiety and glycemic potentials and nutrient profiles. Food and Function, 8 (2), 651-658.

Fardet A., 2018. Characterization of the degree of food processing in relation with its health potential and effects. Advances in Food and Nutrition Research. 85: doi.org/10.1016/bs.afnr.2018.02.002.

Félix I., Geffard G., Jaunel P.Y., Piraux F., Rolland B., Loyce C., Guérin O., Omon B., Piaud S., 2012. Variétés et conduites de culture : 8 ans de résultats expérimentaux en protection intégrée du blé tendre d'hiver. Rapport complet, programme CASDAR Picoblé 74 p. + annexes

Fontaine L., Fourrié L., Garnier J.F., Mangin M., Colomb B., Carof M., Aveline A., Prieur L., Quirin T., Chareyron B., Maurice R., Glachant C., Gouraud J.P., 2012. Connaître, caractériser et évaluer les rotations en systèmes de grandes cultures biologiques. Innovations Agronomiques 25 (2012), 27-40.

Fuzeau V., Dubois G., Thérond O., Allaire G., 2012. Diversification des cultures dans l'agriculture française État des lieux et dispositifs d'accompagnement. CGDD, Etudes et Documents, n°67

Gallais A., 2013. Evolution de la diversité génétique des variétés de plantes cultivées. Académie d'Agriculture de France – 2013. Séance du 23 janvier 2013.

Gauffreteau A., Charmet G., Jeuffroy M.H., Le Gouis J., Meynard J.M., Rolland B., 2014. Variétés et itinéraires techniques du blé : une évolution vers la diversification. Agronomie, Environnement et Société, vol 4(2), 13-22.

Guichard L., Reau R., Schmit A., 2013. Typologie des itiniéraires techniques : Mieux connaître la diversité pour repérer les marges de progrès à explorer. Séance Académie d'Agriculture, 20 novembre 2013

Hatchuel A., 1994. Apprentissages collectifs et activités de conception. Revue Française de Gestion (99) : 109-120.

Hatchuel A., 1996. Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription, in Terssac G., Friedberg E. (Eds.), Coopération et conception. Octares, 101122.

Julia C., Martinez L., Allès B., Touvier M., Hercberg S., Méjean C., Kesse-Guyot E., 2018. Contribution of ultra-processed foods in the diet of adults from the French NutriNet-Santé study. Public Health Nutrition. 21(1): p. 27-37.

Juin H., 2015. Les pertes alimentaires dans la filière Céréales. Innovations Agronomiques 48 (2015), 79-96.

Lamine C., Meynard J-M., Bui S., Messéan A., 2010. Réductions d'intrants : des changements techniques, et après ? Effets de verrouillage et voies d'évolution à l'échelle du système agri-alimentaire. Innovations Agronomiques, 8, 121-134.

Le Bail M., Meynard J.M., 2003. Yield and protein concentration of spring malting barley: the effects of cropping systems in the Paris Basin (France). Agronomie, EDP Sciences. 23(1): p. 13-27.

Lecomte V., Nolot J.M., 2011. Place du tournesol dans le système de culture. Innovations Agronomiques, 14, 59-76.

Lecomte V., Wagner D., 2017. Faits marquants de l'enquête soja 2016. Document interne Terres Inovia – juin 2017.

Lieven J., Wagner D., 2013. Synthèse des enquêtes sur les pratiques culturales 2012 pour le soja en conventionnel. Synthèse nationale Cetiom. Avril 2013.

Loyce C., Meynard J.M., Bouchard C., Rolland B., Lonnet P., Bataillon P., Bernicot M.H., Bonnefoy M., Charrier X., Debote B., Demarquet T., Duperrier B., Félix I., Heddadj D., Leblanc O., Leleu M., Mangin P., Méausoone M., Doussinault G., 2012. Growing winter wheat cultivars under different management intensities in France: A multicriteria assessment based on economic, energetic and environmental indicators. Field Crops Research, Volume 125, 167-178. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.08.007.

Magrini M.-B., Anton M., Cholez C., Corre-Hellou G., Duc G., Jeuffroy M.-H., Meynard J.M., Pelzer E., Voisin A.-S., Walrand S., 2016, Why are grain-legumes rarely present in cropping systems despite their environmental and nutritional benefits? Analyzing lock-in in the French agrifood system, Ecological Economics, 126 : 152-162.

Magrini M.-B., Thomas A., Schneider A., 2015. Analyses multi-enjeux et dynamiques socioéconomiques des systèmes de production avec légumineuses. In: Anne Schneider, dir., Christian Huyghe, Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables (p. 339-413). Versailles, FRA: Editions Quae.

Magrini M-B., Triboulet P., Bedoussac L., 2013. Pratiques agricoles innovantes et logistique des coopératives agricoles. Une étude ex-ante sur l'acceptabilité de cultures associées blé dur-légumineuses, Economie Rurale, 338: 25-45.

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. Courrier de l'environnement de l'INRA n°57, juillet 2009, 73-91.

Meynard J.M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Farès M., Le Bail M., Magrini M.B., 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures. Etude au niveau des exploitations agricoles et des filières. Rapport d'étude, INRA, 226 p.

Meynard J.-M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini, M.-B., Savini I., Réchauchère O., 2014. La diversification des cultures : lever les obstacles agronomiques et économiques. Versailles - Editions Quæ.

Meynard J.M., Barbier J.M., Bonicel L., Dubeuf J.P., Guichard L., Halska J., et al., 2010. Ecophyto R&D. Tome VII, analyse des jeux d'acteurs. 39 p. Disponible sur http://www.Inra.dam.front.pad. brainsonic.com/ressources/afile/224986-1b2c9-resource-ecophyto-r-d-tome-vii.html.

Mignolet C., Schott C., Benoît M., Meynard J.-M., 2012. Transformations des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures. Innovations Agronomiques 22, 1-16

Mischler P., Lieven J., Dumoulin F., Menu P., 2002. Guide pratique : Itinéraires techniques intégrés du blé tendre d'hiver en Picardie. Chambre d'Agriculture de Picardie. 28pp.

Monteiro C., Cannon G., Levy R., Moubarac J.C., Jaime P., Martins A.P., Canella D., Louzada M., Parra D., 2016. The star shines bright. World Nutrition. 7(1-3): p. 28-38.

Monteiro C.A., Cannon G., Moubarac J.C., Levy R.B., Louzada M.L.C., Jaime P.C., 2017. The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. Public Health Nutrition.

Moubarac J.C., Batal M., Martins A.P., Claro R., Levy R.B., Cannon G., Monteiro C., 2014. Processed and ultra-processed food products: consumption trends in Canada from 1938 to 2011. Canadian Journal of Diet Practices Research. 75(1): p. 15-21.

Ostergard H., Finckh M., Fontaine L., Goldringer I., Hoad S., Kristensen K., Lammerts van Bueren E., Mascher F., Munk L., Wolfe M.S., 2009. Time for a shift in crop production: embracing complexity through diversity at all levels. Journal of the Science of Food and Agriculture. 89, 1439–1445.

Palleau J.P., 2014. Bilan des enquêtes 2013 - « Conduite de la culture du tournesol » - Région Poitou-Charentes/Vendée/Maine et Loire/Sarthe. Oléotech n° 1 - Juillet 2014.

Perronne R., Hannachi H., Lemarié S., Fugeray-Scarbel A., Goldringer I., 2016. L'évolution de la filière blé tendre en France entre 1980 et 2006 quelle influence sur la diversité cultivée ? Notes et études socio-économiques n° 41 - Décembre 2016, 83-113.

Perronne R., Makowski D., Goffaux R., Montalenta P., Goldringer I., 2017. Temporal evolution of varietal, spatial and genetic diversity of bread wheat between 1980 and 2006 strongly depends upon agricultural regions in France. Agriculture, Ecosystem and Environment, 236, 12-20. http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.003.

Pilorgé E., Muel F., 2016. What vegetable oils and proteins for 2030? Would the protein fraction be the future of oil and protein crops? OCL, DOI: 10.1051/ocl/2016030.

Plumecocq G., Debril T., Duru M., Magrini M-B., Sarthou J-P., Therond O., 2018 (A paraître), Caractérisation socio-économique des formes d'agriculture durable, Economie Rurale.

Salazar P., 2015. Freins à l'adoption des mélanges variétaux de blé tendre au champ Étude de cas des coopératives et meuniers du Bassin Parisien. Mémoire de master 2 AgroParistech, 71pp.

Sauzet G., Cadoux S., 2014. Association Colza-légumineuses, un système qui a fait ses preuves. Perspectives agricoles n°413, 56-60.

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

Theunissen J., Booij C.J., Lotz L.A.P., 1995. Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. Entomologia Experimentalis et Applicata 74, 7-16.

Therond O., Duru M., Roger-Estrade J., Richard G., 2017. A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review. Agronomy for Sustainable Development, 37(3), p.21.

Trenbath B.R., 1993. Intercropping for the management of pests and diseases. Field Crops Research. 34. 381-405. 10.1016/0378-4290(93)90123-5.

Tristan D., Cassedane X., Even M.A., Vert J., 2009. Systèmes de production et itinéraires techniques agricoles. Fiche-variable dans le cadre de la prospective Agriculture Energie 2030. Centre d'Études et de Prospective du ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche - Décembre 2009

Verjux N., 2011. Plan Ecophyto 2018 en grandes cultures : un vrai défi pour la recherche. Agronomie, Environnement et Société, 2 (1), 121 : 123.

Voisin A.S., Guéguen J., Huyghe C., Jeuffroy M.H., Magrini M.B., Meynard J.M., Mougel C., Pellerin S., Pelzer E., 2013. Les légumineuses dans l'Europe du XXIè siècle : Quelle place dans les systèmes agricoles et alimentaires actuels et futurs ? Quels nouveaux défis pour la recherche ? Innovations Agronomiques 30, 283-312.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).