



Un exemple de gestion de systèmes de polyculture élevage à l'échelle de territoires : le cas des protéagineux et de l'élevage de monogastriques en Bourgogne

M.S. Petit, C. Challan-Belval, N. Blosseville, Stéphane Blancard, Thierry
Castel, Christophe Lecomte, Gérard Duc

► To cite this version:

M.S. Petit, C. Challan-Belval, N. Blosseville, Stéphane Blancard, Thierry Castel, et al.. Un exemple de gestion de systèmes de polyculture élevage à l'échelle de territoires : le cas des protéagineux et de l'élevage de monogastriques en Bourgogne. *Innovations Agronomiques*, 2012, 22, pp.135-157. hal-02642483

HAL Id: hal-02642483

<https://hal.inrae.fr/hal-02642483>

Submitted on 28 May 2020

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

Un exemple de gestion de systèmes de polyculture élevage à l'échelle de territoires : le cas des protéagineux et de l'élevage de monogastriques en Bourgogne

Petit M.-S.¹, Challan-Belval C.¹, Blosseville N.², Blancard S.³, Castel T.⁴, Lecomte C.⁵, Duc G.⁵

¹- Chambre régionale d'Agriculture de Bourgogne, 3 rue du Golf, F-21800 Quétigny, France

²- UNIP, 12 avenue Georges 5, F-75008 Paris, France

³- AgroSup Dijon, UMR 1041 CESAER, 26 Bd Dr Petitjean, F-21000 Dijon, France

⁴- Centre de Recherches de Climatologie, UMR 5210 CNRS/Univ. Bourgogne, F-21000 Dijon, France

⁵- INRA, UMR 1347, Agroécologie, BP86510, F-21065 Dijon Cedex, France

Correspondance : duc@dijon.inra.fr

Résumé :

Même si sont présentes en Bourgogne des zones importantes de grandes cultures, les protéagineux y sont néanmoins peu développés. Concernant l'élevage de monogastriques, la région se caractérise par une activité volaillière de taille moyenne comparée au niveau national, orientée vers des productions sous signes d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO) et une activité porcine peu conséquente. Malgré i) une tendance à la colocalisation des productions de protéagineux et de viandes blanches à l'échelle du territoire et des exploitations et ii) une utilisation prépondérante des protéagineux par les élevages monogastriques bourguignons, il n'y a toutefois pas de lien fonctionnel fort entre ces deux activités, et la région est même exportatrice de protéagineux alors qu'elle importe beaucoup de tourteaux de soja. Dans ce travail, nous nous interrogeons sur les conditions d'un renforcement du lien entre activités sur protéagineux et monogastriques. En matière de production de protéagineux, les innovations variétales (notamment en types hiver) et en nouveaux systèmes de culture, permettent d'identifier des possibilités d'extension de surfaces et volumes produits. Les préoccupations environnementales et l'augmentation des productions animales sous SIQO peuvent participer à l'accentuation de ce lien fonctionnel, mais à condition de bien identifier, maîtriser et valoriser ces contributions aux impacts environnementaux et aux qualités. En outre, un tel contexte renforcera une logique de circuits courts amplifiant le lien entre acteurs d'amont et d'aval, et cela d'autant plus que les cahiers des charges appelant à la traçabilité et à des qualités certifiées seront contraignants. Dans cette concurrence entre une demande sociétale et une logique mondiale de prix de matières premières, de simplification et massification des systèmes, les politiques publiques et la réglementation joueront un rôle majeur. C'est ainsi que dans le domaine des productions biologiques en fort développement en Bourgogne, on voit actuellement s'amplifier une logique de territoire et des interactions entre acteurs qui se structurent autour de la définition de zones de production, d'objectifs quantitatifs et de cahiers des charges sur la qualité des productions.

Mots-Clés : Protéagineux, cultures d'hiver, pois, *Pisum sativum*, féverole, *Vicia faba*, élevages monogastriques, porcs, volailles, polyculture-élevage, idéotypes, agriculture biologique, qualité, environnement, filières, territoire, Bourgogne

Abstract: The management of crop-livestock systems at a territory level: the example of grain legume crops and of monogastric livestock in Burgundy, France

Although cereals and oil seed crops are very developed in Burgundy, the area of grain legumes cultivation is small. Concerning monogastric livestock, the region is characterised by a medium size poultry production focussed on markets under quality and origin signs (SIQO) and a relatively small pig production. Although a tendency of co-location of these productions can be observed (at territory and farm scales) and some animals consume locally-produced proteins, there is no strong functional link

between these crops and animal activities. This situation is confirmed by the fact that a significant proportion of produced grain legumes are exported by Burgundy, while large quantities of soybean meal are imported. The aims of our study were to analyze i) the link between the cultivation of protein crops and the monogastric livestock and ii) the possibilities of strengthening this link thanks to innovations. On this last point, the innovations in terms of varieties (particularly in winter types) and the new cropping systems make it possible to identify new production areas and additional volumes. Moreover, environmental requirements and increase of SIQO productions may amplify the functional links on the condition of identifying, monitoring and highlighting the benefits of protein crops from environmental and quality viewpoints. This context can also help to develop mechanisms of local circuits and to strengthen the link between upstream and downstream stakeholders - all the more so as traceability criteria and quality certification will be constraining. However, these trends which answer to the new societal requirements will compete with world prices of raw agricultural products and the world tendency toward simplified and massive systems and homogenized practices. Thus, public policy and regulation have a crucial role. The development of organic production activity in Burgundy, in which we observe some interactions between stakeholders structured around the definition of production zones, quantitative targets and quality criteria can illustrate these trends.

Keywords: grain legumes, winter crops, pea, *Pisum sativum*, fababean, *Vicia faba*, monogastric livestock, pig, poultry, crop-livestock systems, ideotypes, organic farming, quality, environment, stakeholders, territory, Burgundy

Introduction : Historique et nouvelles attentes sur la filière protéagineuse

Pois et féverole sont les principales légumineuses à graines protéagineuses françaises utilisées depuis longtemps en alimentation animale et humaine. L'historique bourguignon du début du XX^{ème} siècle a été marqué par le développement d'une production de farines de fèves destinées à la panification, qui quitta la région dans les années 1950. La filière protéagineuse à destination de l'alimentation animale est une filière jeune née en France et en Europe de la crise de fourniture du soja en 1973. Les progrès génétique et agronomique, combinés aux aides communautaires, ont permis un rapide et fort développement des productions jusqu'en 1993, pour culminer à cette date à 750 000 ha en France, dont 30 000 ha en Bourgogne, surtout positionnés dans l'Yonne et la plaine de la Saône. A cette époque, les cultures de printemps représentaient 90% des surfaces de protéagineux françaises. Depuis cette date, et sous l'effet de la réduction des aides et des effets négatifs de stress biotiques et abiotiques qui ont affecté les rendements (impact négatif fort du pathogène racinaire *Aphanomyces euteiches* sur pois, qui a rendu impossible des retours de cette culture sur de nombreuses bonnes terres), les surfaces en collecte se sont fortement réduites (atteignant 270 000 ha en France en 2010, dont 16 000 ha en Bourgogne). Même si les protéagineux en Bourgogne ont suivi les tendances nationales, ces dernières années sont marquées par un développement plus important de cultures d'hiver (les surfaces en cultures d'hiver approchent 27% de l'ensemble des protéagineux, alors qu'elles sont proches de 20% au niveau national).

Les préoccupations environnementales et de nouvelles attentes sociétales sont récemment venues renforcer l'intérêt pour les protéagineux européens (Guéguen et al., 2008) dont notamment :

- *une recherche d'autonomie et de sécurité alimentaire*. Les crises de la fourniture et du prix du soja en 1973, puis de la vache folle en 2000, ont bien souligné l'importance de construire une ressource propre de protéines végétales pour l'alimentation humaine et animale à visée sécuritaire, à la fois pour la quantité et la qualité des approvisionnements. En effet, une production de proximité renforce les possibilités de traçabilité, et de convergence production/usages sur des normes et étiquetages de la qualité.
- *des attentes environnementales liées aux risques du changement climatique (protocole de Kyoto et en France, Grenelle de l'Environnement)*. La culture de légumineuses s'accompagne d'empreintes

environnementales favorables (Munier-Jolain et Carrouée, 2003 ; AEP, 2004 ; CGDD, 2009 ; Duc et al., 2011) dont notamment celles liées à l'azote : en effet l'utilisation des engrais azotés en agriculture entraîne d'importantes émissions de CO₂ notamment lors de la fabrication des engrais, et de N₂O par les sols fertilisés. Les émissions de ces gaz à fort pouvoir à effet de serre sont significativement réduites par l'introduction de légumineuses dans les systèmes de culture, car, par leur capacité à établir au niveau de leurs racines une symbiose fixant l'azote de l'air, ces espèces ne nécessitent pas de fertilisation azotée. Mais cette qualité environnementale intrinsèque aux légumineuses ne peut être bien valorisée, si l'ensemble du système de production n'est pas cohérent, ainsi que l'illustre le cas du soja. En effet, la source majeure de protéines pour les élevages mondiaux est actuellement apportée par des cultures de soja concentrées sur le Brésil et les USA qui engendrent la déforestation de certaines zones du globe et des besoins de transports de matières premières sur de longues distances. Ainsi le développement de systèmes de productions et d'élevages moins dépendants du soja et intégrant davantage de protéagineux en Europe, présente des atouts environnementaux reconnus.

- *un besoin mondial pour l'alimentation humaine croissant et déficitaire.* La bonne valeur nutritionnelle des graines de légumineuses pour l'homme est établie. Elle résulte notamment de leur richesse en protéines (GEPV, 2012), même si d'autres constituants de la graine ont aussi une valeur nutritionnelle et santé (Champ et al., 2002). La production de protéines animales est facteur de pertes et une part des matières premières utilisées dans l'alimentation des animaux monogastriques pourrait être utilisée directement dans l'alimentation humaine. A titre d'exemple, un porc à l'engraissement recevant une ration de base de céréales et tourteaux de soja, retient environ 32% de l'azote qu'il ingère (Dourmad et al., 1999). Ainsi, face aux besoins d'une population humaine mondiale estimée prochainement à 9 milliards d'individus, il y a actuellement une remise en cause des régimes alimentaires très carnés des pays développés pour revenir à des régimes davantage basés sur les végétaux (Prospective AgriMonde, INRA-CIRAD, 2009 ; EU, The 3rd SCAR Foresight exercise, 2011).

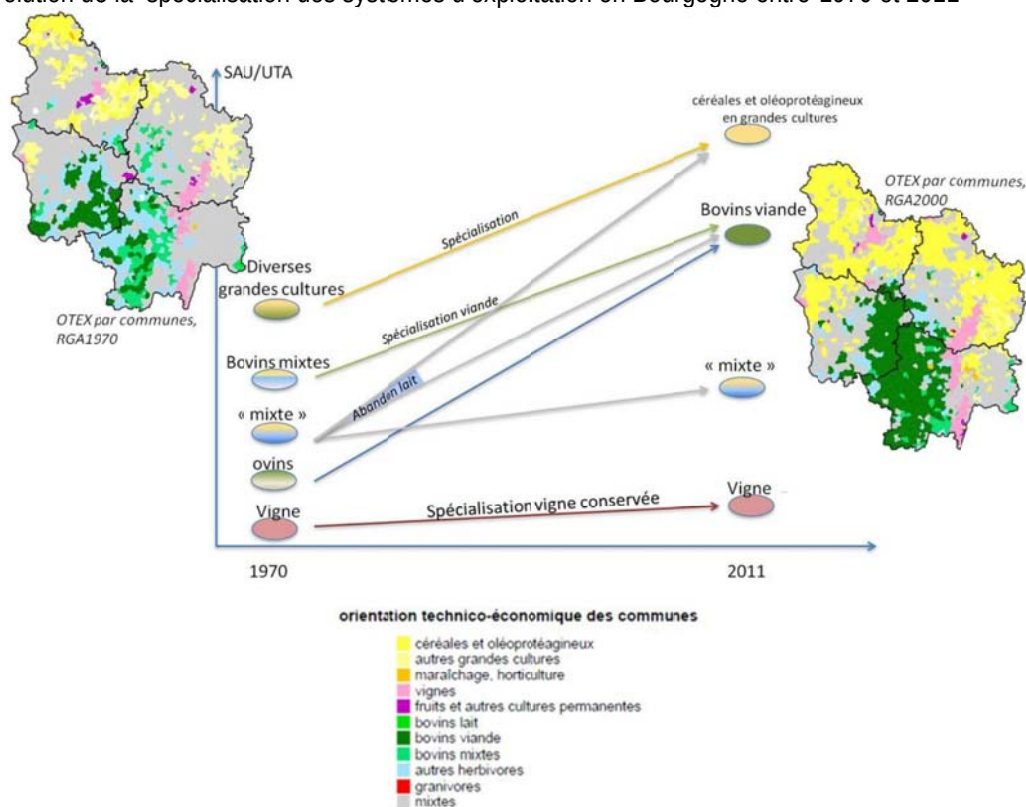
Dans cette étude, nous caractériserons les productions de protéagineux en Bourgogne, leur utilisation par les élevages monogastriques, et nous examinerons les possibilités d'évolution et d'interfaçage de ces deux activités au niveau des acteurs du territoire.

1. La production actuelle de protéagineux en Bourgogne

1.1. La Bourgogne, une région à potentiel réel pour développer les cultures protéagineux

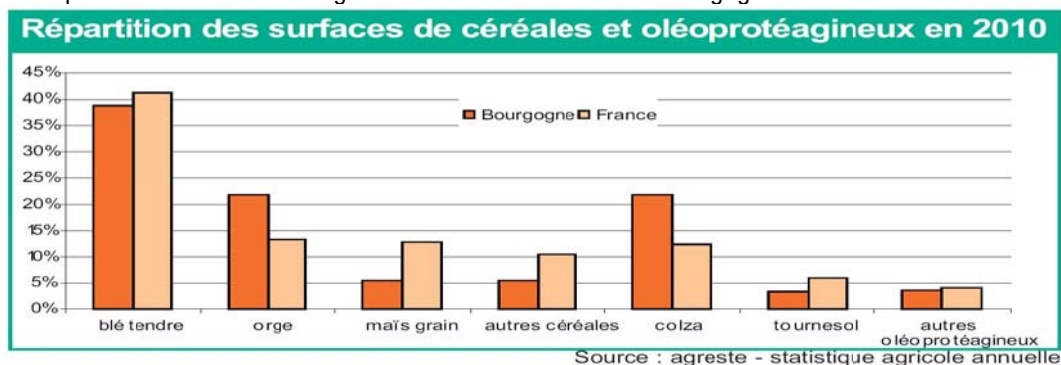
La Bourgogne compte parmi les premières régions de France productrices de grandes cultures. Ces productions y sont concentrées sur les plaines alluviales de Côte d'Or et Saône et Loire, sur les plateaux calcaires de l'Yonne, de Côte d'Or et de Bourgogne nivernaise. Depuis 1970, les surfaces en grandes cultures ont augmenté et les exploitations se sont spécialisées (Figure 1). Aujourd'hui, le nombre d'exploitations productrices a diminué (3 894 exploitations contre 4 098 en 2000), alors que les surfaces de ces exploitations ont plutôt augmenté (en 2010, la taille moyenne d'une exploitation à dominante céréalière est de 163 ha en Bourgogne, soit + 18 ha par rapport au recensement agricole de 2000 et contre 117 ha au niveau national). Les systèmes céréaliers à base de colza-blé-orge sont largement pratiqués, excepté dans la Bresse, le Val de Saône, le Val de Loire et le Val d'Allier où les systèmes à base de maïs ou de monoculture de maïs sont dominants (Figure 2).

Figure 1 : Evolution de la spécialisation des systèmes d'exploitation en Bourgogne entre 1970 et 2011



Source : Agreste Bourgogne, 2012, traitement PSDR Bourgogne 2012 après recensement agricole de 2010

Figure 2 : La répartition des surfaces de grandes cultures en France et Bourgogne en 2010



Avec une collecte 2010 de 65000 t de production sur 16000 ha de protéagineux, la Bourgogne produit environ 6% de la production nationale. En termes de surfaces de protéagineux, la région se situe à 1,6% de la surface régionale de terres arables, soit dans la moyenne française. Avec l'aide supplémentaire aux protéagineux apportée par l'Etat français depuis 2009 (aide d'environ 125 €/ha en moyenne), un accroissement d'environ 50% des surfaces a été constaté entre 2009 et 2010, à l'instar du niveau national. Aujourd'hui, cette production s'est recentrée en Bourgogne sur un noyau d'exploitants « fidèles » aux protéagineux pour des raisons agronomiques ou techniques (apport d'azote dans le système, effet précédent sur le blé suivant, introduction de culture de printemps pour gérer les adventices, répartition de l'organisation du travail, auto-consommation pour l'élevage, ...) et expérimentés dans leurs conduites culturales. Le pois de printemps est la culture protéagineuse dominante. Elle s'est concentrée sur des terres peu contaminées par *Aphanomyces euteiches* mais plus superficielles et à moindre potentiel de rendement comme les Plateaux de Bourgogne ou encore à meilleur potentiel comme le Senonais et la Puisaye. Les progrès en tenue de tige des variétés de printemps récentes ont réduit les difficultés de récolte dans les terres caillouteuses. En outre, la

production de protéagineux d'hiver, déjà mieux adaptés aux situations continentales et de plateaux, a été permise par des nouveautés variétales récentes suffisamment tolérantes au gel, comme Isard, Cartouche, Cherokee, James et dans une moindre mesure Enduro.

Les rendements moyens en pois et féverole (années 1983 à 2012, source UNIP) sont respectivement de 41,8 q/ha et 32,6 q/ha en Bourgogne, contre 45,8 q/ha et 42,4 q/ha en moyenne nationale (soit -4 q/ha pour le pois et -10 q/ha pour la féverole), mais y apparaissent plus réguliers. Dans certaines zones bourguignonnes, les protéagineux sont mieux adaptés, montrant de réels potentiels agronomiques et de développement (Figure 3).

Figure 3 : Potentiel de rendement attendu des protéagineux en diverses situations pédoclimatiques bourguignonnes

Puisaye, Pays d'Othe, Gâtinais	Pois d'hiver	Pois de printemps	Féverole d'hiver	Féverole de printemps	Lupin	Colza
Limons profonds	40-55 q	45-60 q	30-50 q	30-50 q	20-40 q	35-40 q
Limons à silex	35-45 q Culture possible mais risque de problème de récolte (cailloux)	40-50 q Culture possible mais risque de déficit hydrique et problème de récolte (cailloux)	30-40 q Culture possible si profondeur de semis 7-8 cm pour repartir si gel	30-45 q Risque de mauvais rendement (déficit hydrique), résistance à la verse avec meilleure récoltabilité	Faible rendement	30-35 q
Pois déconseillé si parcelle contaminée par Aphanomyces euteiches. Le cas échéant, faire une analyse préalable. Les cultures d'hiver sont déconseillées dans les sols trop engorgés en hiver.						

Senonais, Champagne joviennaise, Basse Yonne	Pois d'hiver	Pois de printemps	Féverole d'hiver	Féverole de printemps	Lupin	Colza
Sols argilo-limoneux Argileux profonds	45-55 q	45-60 q	30-50 q	40-55 q	Déconseillé en sols calcaires	35-40 q
Pois déconseillé si parcelle contaminée par Aphanomyces euteiches. Le cas échéant, faire une analyse préalable.						

Plateaux de Bourgogne	Pois d'hiver	Pois de printemps	Féverole d'hiver	Féverole de printemps	Lupin	Colza
RU < 50 mm	Cultures déconseillées, car risque de rendement trop faible (déficit hydrique) et problème de récolte (cailloux)		Cultures déconseillées, car risque de rendement trop faible (déficit hydrique)		Culture impossible car présence de calcaire actif	20-25 q
50 < RU < 80 mm	30-35 q Culture envisageable mais attention aux conditions de récolte					25-30 q
80 < RU < 120 mm	40-50 q	40-50 q	30-40 q Culture envisageable et profondeur de semis 7-8 cm pour repartir si gel	30-40 q		30-35 q
RU > 120 mm	45-55 q	45-55 q	35-45 q	35-45 q		35 q ou +

Plaine dijonnaise	Pois d'hiver	Pois de printemps	Féverole d'hiver	Féverole de printemps	Lupin	Soja	Colza
Sols argilo-limoneux profonds	45-55 q	45-60 q	40-50 q	40-50 q	Déconseillé en sols calcaires	30-35 q	35-40 q
Limons battants hydromorphes	45-50 q	45-55 q	40-50 q	40-50 q		30-35 q	35-40 q

Bresse	Pois d'hiver	Pois de printemps	Féverole d'hiver	Féverole de printemps	Lupin printemps	Soja	Colza
Limons battants hydromorphes drainés	25-45 q	30-50 q	25-35 q	30-40 q	20-30 q	20-30 q	30-40 q
Alluvions hydromorphes						25-30 q	

Source : Chambres d'Agriculture de Bourgogne, 2012

Concernant la production biologique, la Bourgogne est la troisième région de France pour la production biologique en grande culture. En 2010, 13 000 ha de production de grandes cultures biologiques étaient recensés, soit 1,6% des surfaces de grandes cultures bourguignonnes (cette proportion est estimée à 1,2% au niveau national) (Agence Bio, 2012 ; Agreste Bourgogne, 2010). En Bourgogne, comme au niveau national, dans les systèmes en agriculture biologique de grandes cultures ou de polyculture-élevage, les protéagineux occupent environ 10% de l'assolement.

1.2. De réels avantages pour les systèmes de culture bourguignons avec protéagineux

De manière complémentaire à l'approche globale de la production de protéagineux en Bourgogne, l'étude de 28 systèmes de culture avec et sans protéagineux chez 15 agriculteurs bourguignons a eu

pour objectif de répondre à la question sur les intérêts et limites des protéagineux dans les systèmes de culture bourguignons. Ce travail a été réalisé sur 3 années (Dumas, 2009 ; Mabire, 2010 ; Duc et al., 2010 ; Payot, 2011) dans le cadre du programme Pour et Sur le Développement Régional – PROFILE (PSDR PROFILE, 2012), par la Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne, en lien avec l'INRA, les Chambres départementales d'Agriculture, les coopératives, les instituts techniques et en s'appuyant sur la méthodologie développée par le RMT (Réseau Mixte Technologique) « Systèmes de culture innovants » (RMT SdCi, 2012).

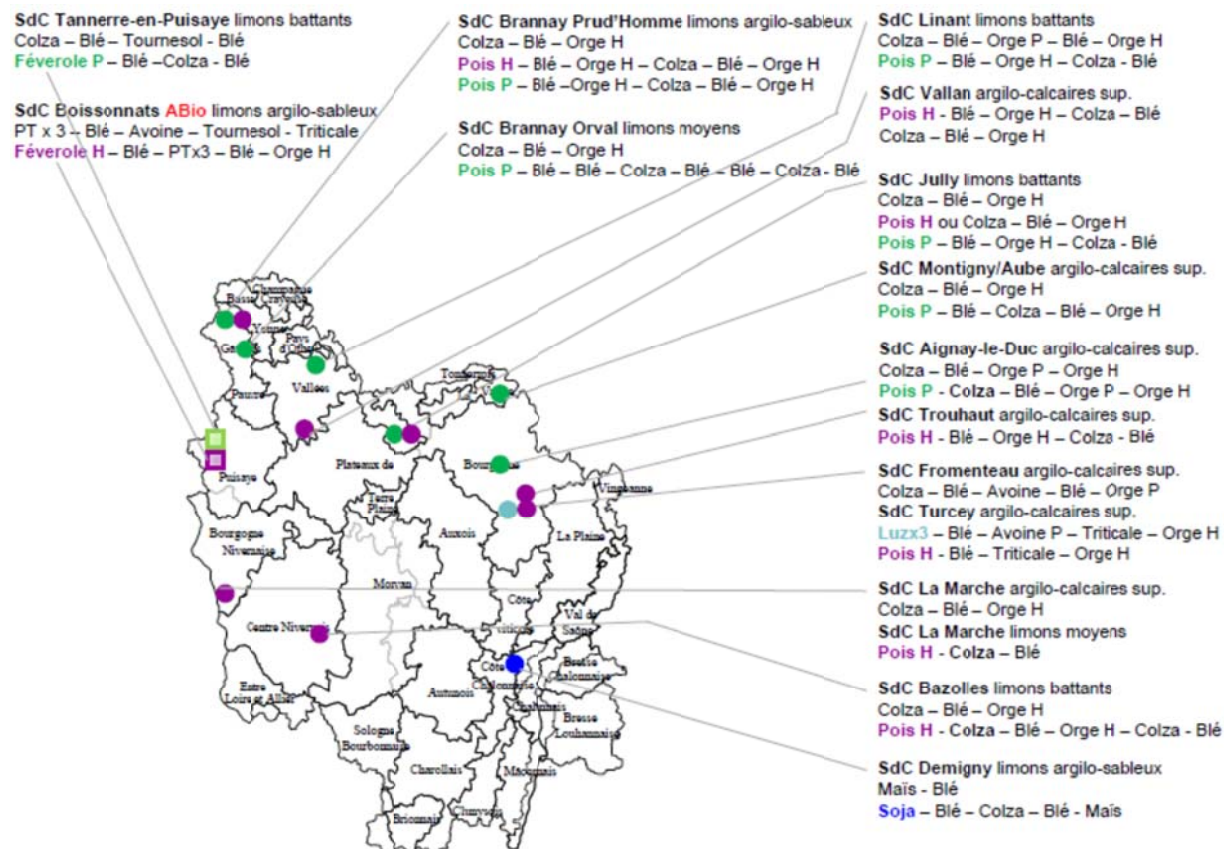
Dans le cadre de cette étude, les objectifs ont été de décrire des systèmes de culture actuels avec et sans protéagineux dans les principaux contextes pédoclimatiques de Bourgogne et de caractériser leurs résultats et performances de durabilité, aux niveaux agronomique, technique, économique, environnemental (y compris énergétique) et social. Pour cela, la méthodologie utilisée s'est articulée en 4 étapes :

- ▶ Etape 1 : Recensement des outils et démarches d'évaluation de systèmes de culture, sélection des critères d'évaluation pertinents (Bockstaller et al., 2008 ; Debaeke et al., 2008 ; Sadok et al., 2009).
- ▶ Etape 2 : Identification et choix des types de systèmes de culture à étudier par le comité de pilotage de l'étude, en fonction des principales petites régions agricoles productrices de protéagineux (zones de plateaux à faibles potentiels vs. zones de plaine à plus forts potentiels agronomiques), des principaux systèmes de culture présents et des différents types de protéagineux (pois/féverole, printemps/hiver, luzerne, soja) ou de conduites culturales (Figure 4).
- ▶ Etape 3 : Enquête auprès des agriculteurs mettant en œuvre les systèmes de culture sélectionnés :
 - 3.a. Identification dans l'assolement des principaux systèmes de culture présents sur l'exploitation
 - 3.b. Choix du système de culture à étudier et identification des parcelles associées dans la sole de ce système
 - 3.c. Description du système de culture pratiqué (Le Gal et al., 2010 ; Reau et al., 2010 ; Reau et al., 2012 ; Petit et al., 2012)
- ▶ Etape 4 : Caractérisation des performances des systèmes de culture pratiqués, à l'aide des 34 critères sélectionnés à l'étape 1

Pour aller plus loin, une étape supplémentaire consisterait à évaluer en multicritère les performances des systèmes de culture étudiés, à l'aide du modèle MASC® 1.0. (Sadok et al., 2008, 2009) et de la caractérisation des 31 critères d'entrée de MASC® à partir du système pratiqué décrit en 3.b. Ce travail a été pour partie réalisé sur les 12 systèmes de culture étudiés en 2009, mais n'a pas pu être mené sur les suivants, compte-tenu de la durée de l'étude.

Les 28 systèmes de culture identifiés et choisis au cours de l'étape 2 sont présentés dans la figure 4. On peut noter l'absence de systèmes en agriculture biologique, du fait de la difficulté à trouver des systèmes de culture biologiques sans protéagineux.

Figure 4 : Description succincte des 28 systèmes de culture étudiés



L'enquête réalisée chez les agriculteurs à l'étape 3 a permis de (i) identifier dans l'assolement les principaux systèmes de culture présents sur l'exploitation, (ii) choisir le système de culture à étudier et identifier des parcelles associées dans la sole de ce système, (iii) décrire le système de culture pratiqué (Lagaise, 2009 ; Le Gal et al., 2010 ; Reau et al., 2010 ; Reau et al., 2012 ; Petit et al., 2012), synthèse à l'échelle de la sole du système de culture, des interventions culturales et des rendements de n parcelles par an à partir de l'historique disponible (2 à 5 ans le plus souvent) et faite en collaboration avec l'agriculteur, en distinguant les pratiques récurrentes et les variantes, sous forme d'amplitudes de variation (ou fréquences ou fourchettes) dans un contexte précis (Lagaise, 2009).

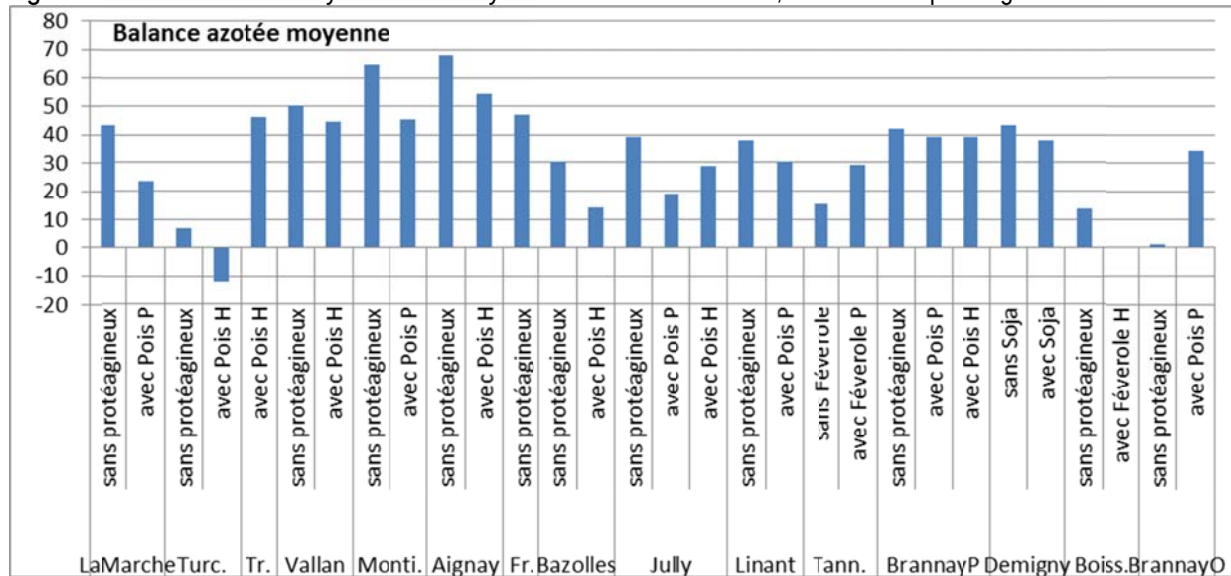
A partir des systèmes de culture pratiqués, l'étape 4 a consisté à réaliser la caractérisation des performances de ces systèmes à l'aide des critères de performances de la durabilité :

- Performances économiques : efficacité économique, indépendance économique, charges opérationnelles, charges de mécanisation, besoin en matériel spécifique, marge semi-nette, produit brut.
- Performances sociales : contribution à l'emploi, pénibilité du travail, nombre de cultures dans la succession, exposition des travailleurs aux produits phytosanitaires classés toxiques, nombre d'interventions culturales spécifiques du système de culture, temps de travail.
- Performances environnementales : Perte de phosphore, autonomie en eau des cultures, production et consommation d'énergie, bilan énergétique, efficacité énergétique, demande en eau des cultures, émission de N₂O, diversité des cultures, IFT fongicides, IFT herbicides, IFT insecticides, matière organique, pression sur les ressources en phosphore, irrigation en période critique, pertes de pesticides (eaux profondes et eaux superficielles), pertes de pesticides (air), pertes de NO₃, proportion traitée de la succession, volatilisation de NH₃, fertilité phosphorique, structure du sol, aléa érosif.

Des marges de manœuvre pour la fertilisation azotée

Pour la plupart des systèmes étudiés, l'introduction d'un protéagineux induit une diminution des apports azotés à l'échelle du système (Figure 5), en raison de l'absence d'apport sur le protéagineux et de la prise en compte de l'effet précédent. Toutefois, des marges de manœuvre existent encore (Duc et al., 2010 ; Payot, 2011), avec des balances azotées à l'échelle du système de culture oscillant de -12 kg N/ha/an et $+68$ kg N/ha/an. Les systèmes de culture de Turcey en situation de polyculture-élevage présentent les balances azotées les plus équilibrées avec des apports de fertilisants organiques sur les cultures.

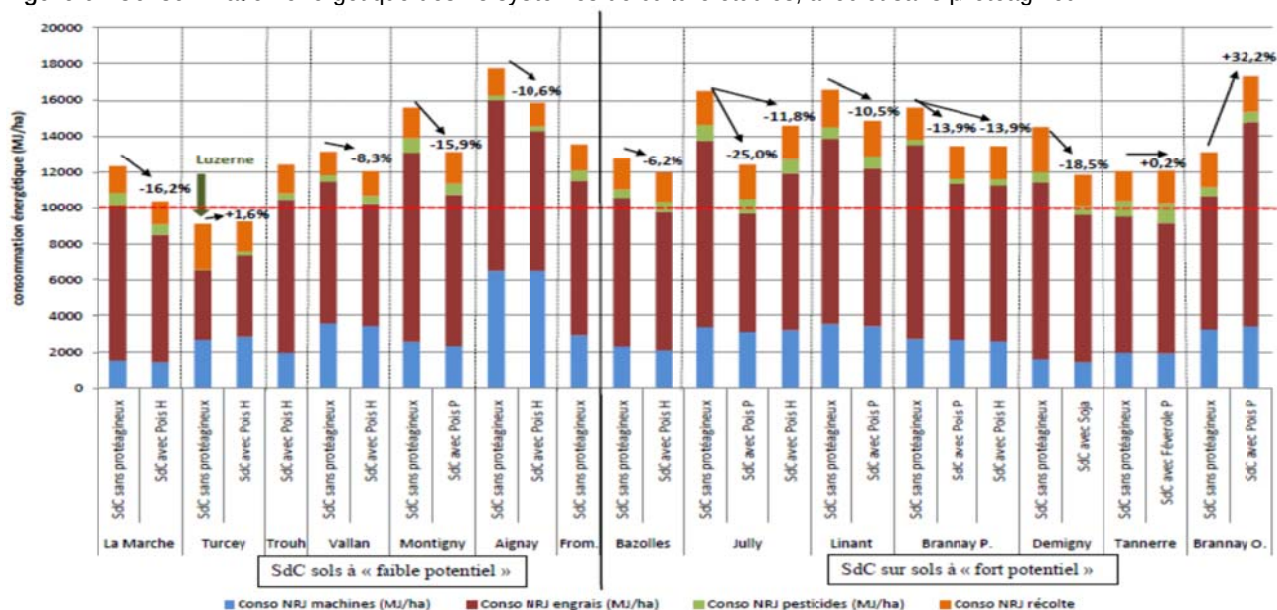
Figure 5 : Balance azotée moyenne des 28 systèmes de culture étudiés, avec et sans protéagineux



Intérêt énergétique des systèmes avec protéagineux : un atout pour aujourd'hui et pour demain

L'évaluation de la consommation énergétique à l'échelle des systèmes de culture montre qu'ils présentent des consommations énergétiques qui varient de 9 100 MJ/ha/an à 17 800 MJ/ha/an, avec une moyenne de 13 500 MJ/ha/an. Le détail des postes montrent que le poste de consommation principal est la fertilisation avec 62% en moyenne, puis le poste relatif aux matériels avec 21% et enfin les postes relatifs aux phytosanitaires avec 4% et enfin, la récolte et son transport avec 13%. Les systèmes intégrant des protéagineux présentent en général une réduction de leur consommation énergétique directe et indirecte de -6% à $-18,5\%$, comme à Bazolles ou à Demigny respectivement, sachant que des marges de manœuvre supplémentaires existent sur l'azote et dans une moindre mesure sur le travail du sol (Figure 6). Toutefois, la consommation énergétique est équivalente entre les systèmes avec et sans protéagineux à Turcey et Tannerre-en-Puisaye, voire supérieure pour le système de Brannay Orval en raison de la non prise en compte de l'effet précédent du pois dans la fertilisation.

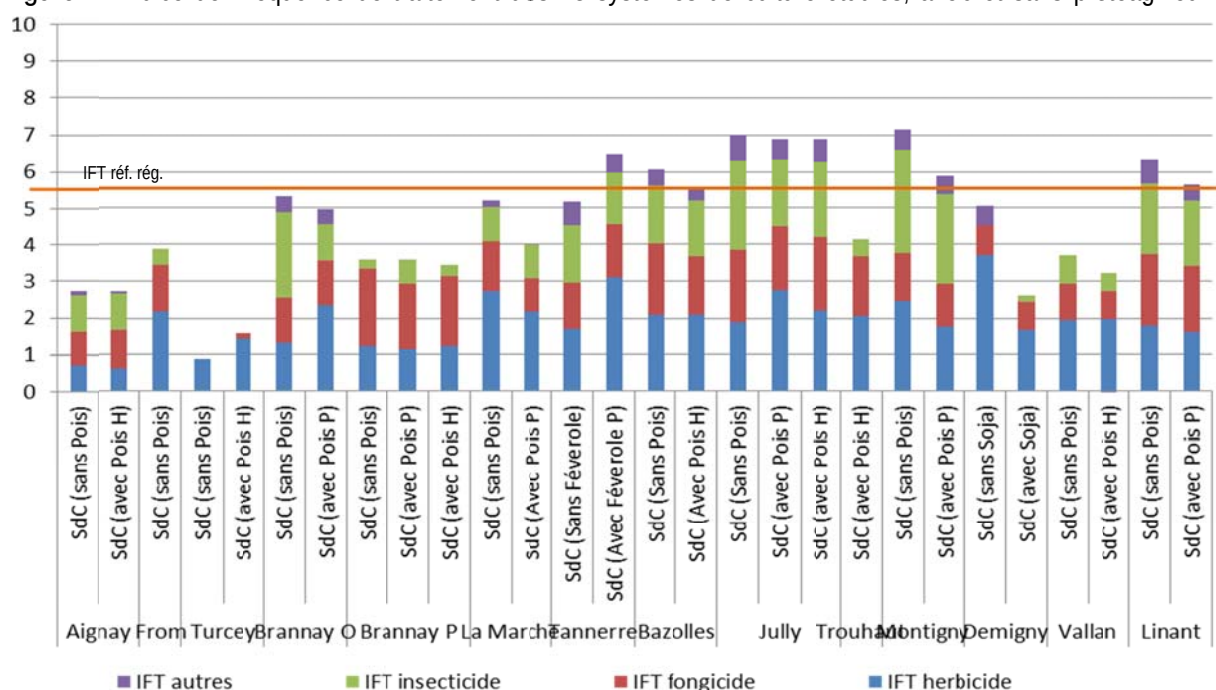
Figure 6 : Consommation énergétique des 28 systèmes de culture étudiés, avec et sans protéagineux



Une pression phytosanitaire moindre pour les systèmes avec protéagineux

Dans le contexte d'Ecophyto 2018, l'IFT (Indice de Fréquence de Traitement) des systèmes de culture étudiés a été analysé et présente des valeurs légèrement inférieures pour les systèmes avec protéagineux, de -0,1 à -3 points d'IFT (Figure 7). En effet, le pois a souvent un IFT inférieur au blé (4,4 pour un pois d'hiver, 5,7 pour un pois de printemps, contre 6,1 pour un blé ou 5,9 pour une orge d'hiver, par exemple à July), et le pois d'hiver n'est pas exposé aux pucerons de printemps. Par rapport à l'impact de ces systèmes sur le milieu, mesuré à l'aide de l'indicateur Iphy de la méthode Indigo de l'INRA de Colmar (Bockstaller et al., 2003 & 2006 in Bockstaller et al., 2008), Iphy est quasi-équivalent pour tous les systèmes avec et sans pois.

Figure 7 : Indice de Fréquence de traitement des 28 systèmes de culture étudiés, avec et sans protéagineux



Des marges souvent équivalentes pour les systèmes avec et sans protéagineux

Au niveau économique, les systèmes avec protéagineux présentent des niveaux de marges semi-nettes¹ relativement équivalents, variant de – 50 à + 50 €/ha dans 29 situations (SdC x hypothèse de prix) sur 42 (Figure 8). Dans 4 comparaisons, les marges semi-nettes des systèmes avec protéagineux sont supérieures, généralement en hypothèse de prix de vente hauts et prix des engrais hauts (Tableau 1). Dans les sols à bon potentiel agronomique comme à Bazolles, Jully, Brannay P et Demigny, la nature des cultures du système sans protéagineux a des conséquences sur la marge : en effet, les rendements des céréales supérieurs à ceux des protéagineux permettent d'atteindre dans les hypothèses de prix retenues (tenant compte des équilibres de prix des marchés) des marges semi-nettes à la culture supérieures et de facto supérieures à l'échelle du système de culture.

Figure 8 : Marges semi-nettes (aides supplémentaires protéagineux comprises) des 28 systèmes de culture étudiés, avec et sans protéagineux, selon 3 hypothèses de prix (H1 : prix de vente et prix des engrais bas ; H2 : prix de vente hauts et prix des engrais bas ; H3 : prix de vente et prix des engrais hauts)

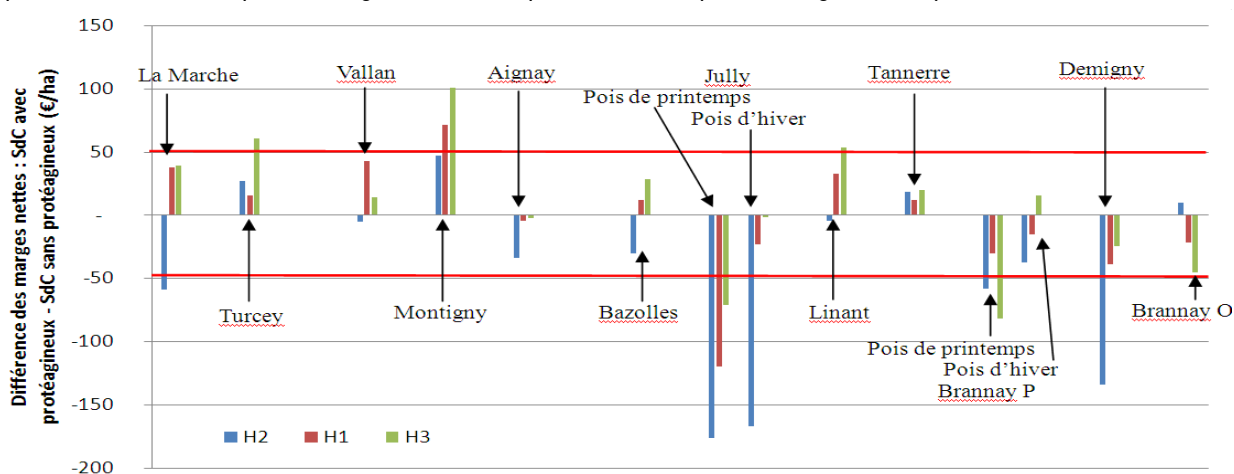


Tableau 1 : Détail des scénarios de prix de vente pour les productions et de prix des engrais

	Hypothèse 1 Prix de vente et prix des engrais bas	Hypothèse 2 Prix de vente hauts et prix des engrais bas	Hypothèse 3 Prix de vente et prix des engrais hauts
Prix de vente des productions pour les principales cultures			
Prix de vente Blé	100 €/T	160 €/T	160 €/T
Prix de vente Colza	250 €/T	350 €/T	350 €/T
Prix de vente Pois	130 €/T	180 €/T	180 €/T
Prix de vente Féverole	190 €/T	250 €/T	250 €/T
Prix de vente des engrais			
Prix de l'azote N	0,6 €/kg	0,6 €/kg	1,2 €/kg
Prix du phosphore P	0,6 €/kg	0,6 €/kg	1,2 €/kg
Prix de la potasse K	0,5 €/kg	0,5 €/kg	0,8 €/kg

Les performances des systèmes de culture étudiés invitent les agriculteurs et les agronomes à revisiter les systèmes de culture avec protéagineux pour optimiser leurs résultats et leurs performances, notamment en intégrant les effets précédents des protéagineux en particulier pour la gestion de la fertilisation et *de facto* pour l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre, mais aussi en raisonnant leurs marges non pas à la culture mais à l'échelle du système de culture pour intégrer les effets et synergies du système.

¹ La marge semi-nette permet d'apprécier la rentabilité du système de culture à court terme. Elle se définit ainsi : produit brut + aides couplées (y compris aide supplémentaire protéagineux) – charges opérationnelles – charges de mécanisation.

2 L'utilisation actuelle des protéagineux dans les élevages de monogastriques en Bourgogne

2.1 Vision territoriale

2-1-1 la production porcine bourguignonne

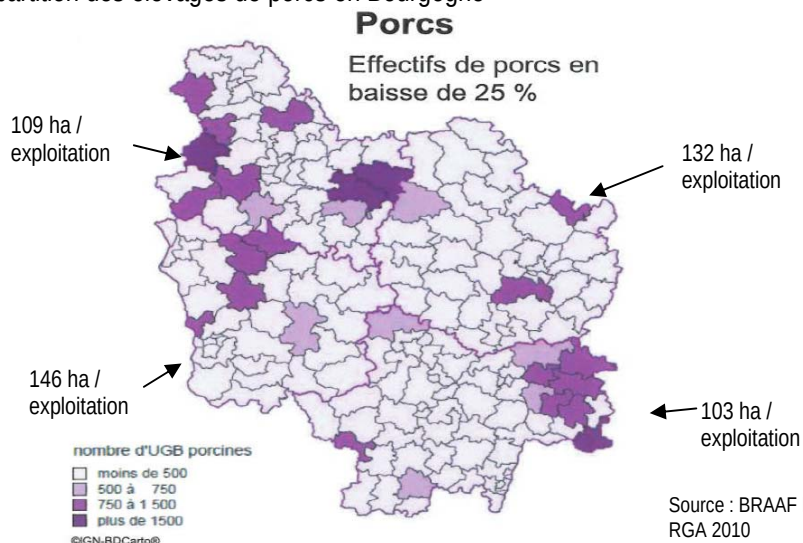
La Bourgogne ne produit que 1,1% du porc français alors que la Bretagne en produit 58%, suivie par les Pays de la Loire (11%) et la Normandie (4%). En Bourgogne, la production de porcs est traditionnellement située dans des exploitations de polyculture-élevage de Saône et Loire et dans les exploitations céréalières de l'Yonne (Figure 9).

Globalement, le nombre d'exploitations porcines, ainsi que le cheptel porcin bourguignon ont fortement chuté entre 2000 et 2010. Ainsi, en 10 ans, le nombre d'éleveurs s'est réduit de 73% pour atteindre 461 éleveurs, le cheptel de truies a régressé de 35% pour atteindre 15 100 animaux et le cheptel de porcs à l'engrais a baissé de 20% pour atteindre 215 000 porcs charcutiers. Cette situation est le résultat de plusieurs facteurs défavorables qui se sont cumulés ces dix dernières années :

- la part des charges liées à l'aliment a augmenté dans le coût de revient du porc dépassant les 60% depuis 2007, suivant la flambée du cours des matières premières,
- dans le même temps, le prix du porc n'a pas suivi l'évolution du coût des matières premières dans un contexte de forte concurrence européenne et mondiale.

Ces deux facteurs ont entraîné une forte dégradation de la trésorerie des éleveurs et nuit aux investissements destinés à l'amélioration des performances techniques et économiques et aux adaptations d'ordre réglementaire (environnement, bien-être animal).

Figure 9 : Répartition des élevages de porcs en Bourgogne

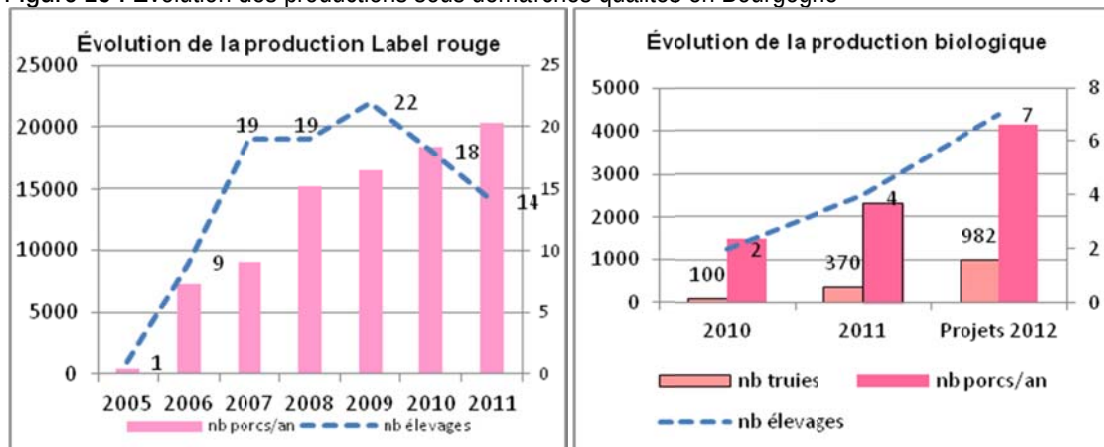


Malgré la très faible densité des élevages porcins en Bourgogne (8,7 porcs/km² de SAU contre 49,9/km² de SAU au niveau national), la région Bourgogne est pénalisée par la constitution d'associations opposées à l'élevage porcin.

Pourtant, face à ce constat pessimiste, la filière porcine possède aussi de nombreux atouts en Bourgogne. Ainsi, des gains de compétitivité sont possibles grâce :

- à la situation des élevages porcins sur des exploitations céréalières ou polyculture-élevage pouvant valoriser les effluents d'élevage,
- à la possibilité de réduire le coût alimentaire par l'utilisation de céréales et protéagineux de proximité mais aussi des coproduits de l'industrie agro-alimentaire.

Figure 10 : Evolution des productions sous démarches qualités en Bourgogne



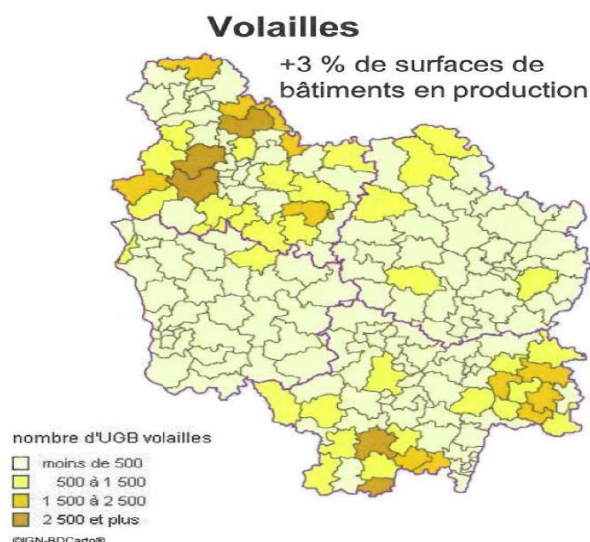
Source : INTERPORC Bourgogne, 2012

Sur la majorité des élevages, les grandes cultures sont présentes et les produits contribuent à la fabrication d'aliments. Sur 461 exploitations, seules 14 exploitations possèdent moins de 1 ha de SAU, mais elles détiennent 17% des porcs. Les autres unités, soit 447 élevages exploitent 54 400 ha, soit 122 ha en moyenne. Des protéagineux sont produits par 61 de ces exploitations et sur 765 ha, soit 12,5 ha/exploitation (Agreste – recensement agricole 2010). Les démarches qualité ont fortement progressé ces deux dernières années (Figure 10). Ainsi, la production de porcs label rouge a progressé de 10% en 2011 par rapport à 2010 pour atteindre 20 300 animaux et la production de porcs biologiques est en hausse de 30% mais dans un volume beaucoup plus faible de 2 300 animaux.

2-1-2 la production volaillière bourguignonne

La production avicole bourguignonne ne représentait que 2,6% de la production nationale en 2008, quand la Bretagne produisait près de 35% de la production avicole française. Les élevages sont majoritairement localisés en Saône-et-Loire et Yonne (Figure 11).

Figure 11 : Répartition des élevages de volailles en Bourgogne (Source : ITAVI à partir des enquêtes Agreste)



Source : DRAAF Bourgogne – SRISE- RGA 2010

La production avicole en Bourgogne est en développement dans les exploitations déjà productrices, ce qui tend à la spécialisation des élevages, mais aussi dans le cadre de la diversification des ateliers

bovins notamment en Saône et Loire. Dans les départements à plus grande vocation céréalière, l'atelier avicole est une source complémentaire de revenu par rapport à l'atelier céréales, contribuant à la fertilisation. La diversification permet aussi une meilleure organisation du travail avec l'installation d'un jeune agriculteur dans le cadre familial et hors cadre familial.

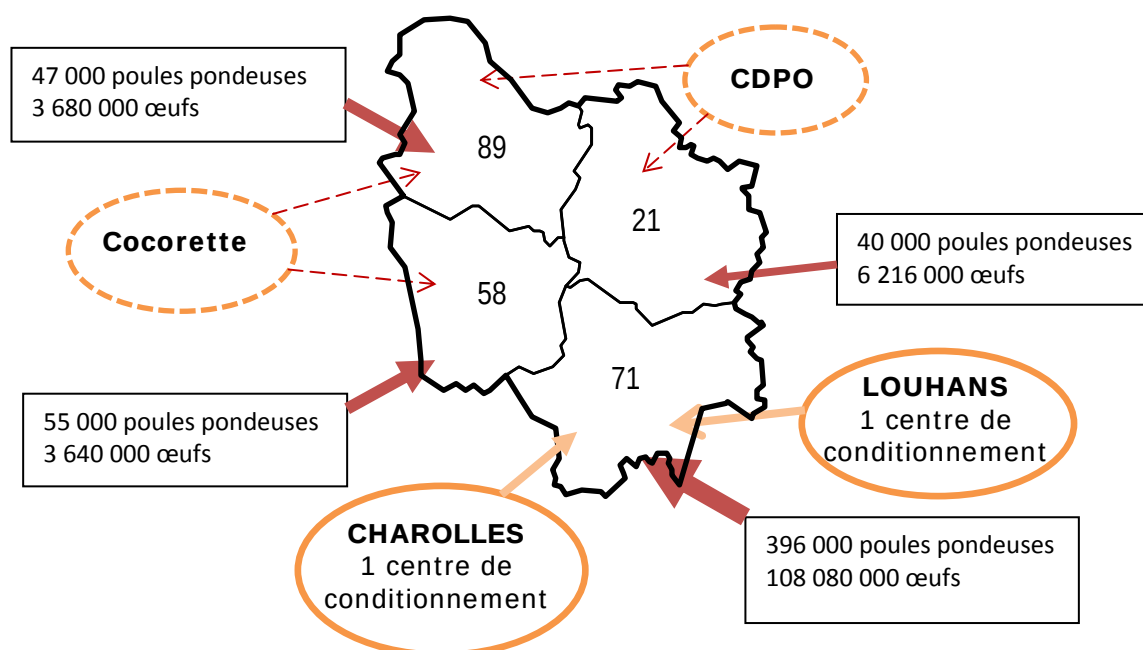
Sur la majorité des élevages, les grandes cultures sont présentes. Sur 528 exploitations détenant plus de 1 000 volailles, 118 possèdent moins de 1 ha de SAU, mais elles détiennent 32% des volailles. Les autres unités, soit 410 élevages exploitent 39 498 ha, soit 96 ha en moyenne. Des protéagineux sont produits par 37 de ces exploitations et sur 421 ha, soit 11,40 ha/exploitation (Agreste – recensement agricole 2010).

La filière volailles de chair en Bourgogne. En 2010, selon le recensement général agricole, 2 191 exploitations détiennent des volailles pour 2 700 exploitants. Le nombre d'exploitations retirant un revenu conséquent de l'activité volailles de chair est plus modeste, soit 399 élevages. Sur la période 2000-2010, la production globale toutes volailles connaît une hausse de près de 10% en Bourgogne. Alors que la production de poulets de chair augmente de 21%, les productions de dindes, canards, pintades enregistrent respectivement des baisses de 73, 41 et 45%.

Une forte proportion d'élevages se situe sous signes officiels de qualité avec 81 AOC Bresse, 136 Label rouge et 62 sous Critères de Qualité Certifiés, pour 120 conventionnels. Pour 25,2 millions de têtes totales produites en Bourgogne on recense 3,8 millions de volailles sous signes d'identification de la qualité et de l'origine SIQO (Label Rouge, AOC et Bio) et 11,6 millions en Certification de conformité des produits avec alimentation sans OGM. La production Bio est encore marginale mais elle progresse. On dénombre 40 exploitations Bio avec un atelier volailles produisant 50 000 volailles de chair et 23 000 poules pondeuses.

La filière œufs en Bourgogne. Avec un effectif de 0,55 millions de poules, la région produit environ 1% de la production nationale d'œufs avec une majorité de la production localisée en Saône et Loire (Figure 12). La production en agriculture biologique est en expansion en Bourgogne depuis fin 2011, date de l'échéance de la mise aux normes bien-être des poules pondeuses.

Figure 12 : Répartition des poules pondeuses et de la production d'œufs entre les 4 départements bourguignons (Source : AGRESTE – mémento de la statistique 2010)



2-1-3 Place des protéagineux dans les aliments pour porcins et volailles

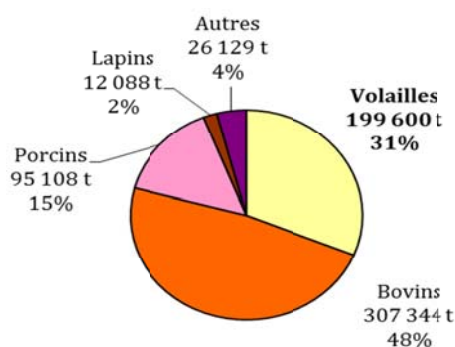
La production d'aliments pour animaux monogastriques en Bourgogne

La région Bourgogne possède une forte tradition de fabrication d'aliments du bétail. La production d'aliments pour animaux monogastriques hors fabrication à la ferme en Bourgogne était de 294 700 tonnes en 2010 (FranceAgriMer 2010), soit environ 3% du chiffre national, et proche du volume d'aliments produits en Bourgogne pour les bovins.

La consommation d'aliments par les élevages de monogastriques bourguignons est estimée à 265 000 tonnes dans laquelle la part des protéines apportée par les tourteaux de soja d'importation est élevée, mettant la Bourgogne comme la France sur un taux d'autosuffisance en protéines pour les élevages voisin de 50%.

Il y a une forte tradition d'aliments fabriqués à la ferme en production porcine, et on peut estimer qu'environ 11 000 tonnes d'aliments sont produits et utilisés à la ferme à partir des protéagineux récoltés.

Figure 13 : Production des Fabricants d'Aliment du Bétail de Bourgogne en 2010



Source : FranceAgriMer

L'incorporation de protéagineux collectés dans les aliments pour monogastriques est un usage dominant parmi les 65 000 t collectées, mais il y a aussi une exportation importante. La Bourgogne a une tradition exportatrice des productions végétales puisque 40 à 50% de sa production céréalière part vers l'extérieur et notamment vers l'Italie et que la majorité du colza est expédiée pour trituration et production de diester vers Le Mériot (10) et Sète (34). On estime à 20 000 t la part de protéagineux exportée vers les fabricants d'aliment du bétail de Sardaigne ou Corse (marché facilité par les logistiques fluviales-maritimes au départ de St Usage (21) ou Pagny (21)) et à 40 000 t (source Dijon Céréales) le tonnage d'incorporation de protéagineux collectés dans les formules des aliments pour porcs et volailles. Un petit reliquat est probablement utilisé par des ruminants.

Les graines protéagineuses présentent une bonne valeur nutritionnelle et une composition complémentaire d'autres matières premières, ce qui leur permet de se substituer à une partie du soja incorporé dans les aliments pour monogastriques. La graine de pois présentant une teneur en protéines proche de 23-24% de la matière sèche est bien adaptée à des rations pour porc (de nombreux exemples d'incorporation de pois à 30% dans la ration de porcs sont rapportés), alors que la graine de féverole présentant une teneur en protéine proche de 29-30% est bien adaptée à des rations pour volailles dont les besoins sont plus élevés (Lacassagne et al., 1988 ; Mariscal-Landin et al. 2002 ; Crepon et al., 2010). Les protéagineux sont riches en lysine mais pauvres en méthionine et tryptophane. Pour cette composition en acides aminés, on observe une bonne complémentarité des protéagineux avec les protéines de blé, de tourteaux de soja et colza (tableau 2).

Tableau 2 : Teneur en acides aminés en % de la protéine brute des pois et féverole en comparaison aux tourteaux de colza et soja, et relation aux besoins en acides aminés essentiels du porc et poulet

Teneur en acides aminés en % de la protéine brute					
Matière 1 ^{ère}	Lysine	Méthionine	Méth. + cystine	Thréonine	Tryptophane
Pois	7,3	1	2,3	3,8	0,9
Féverole	6,4	0,7	2	3,6	0,8
T. Colza	5,3	2	4,5	4,3	1,2
T. Soja	6,1	1,4	2,9	3,9	1,3
Blé	2,9	1,6	4	3,1	1,2
Besoins alimentaires pour porc engraissement et poulet de chair en g/kg					
Porc	9,2	2,6	6	6	1,85
Poulet	11,0	5,5	9	7	2,30

Source : IFIP

3. Les perspectives d'évolution et les leviers possibles

La Bourgogne est une terre d'élevage et de productions végétales. Cependant, à l'image de l'UE, les surfaces de protéagineux y sont inférieures à 2% des surfaces arables et une grande partie de l'alimentation animale repose sur des utilisations de tourteaux de soja conventionnels ou biologiques. L'intérêt des protéagineux dans les formules d'aliments porcs (quelle que soit l'orientation, SIQO ou conventionnelle) et volailles (pondeuses et chair à croissance lente), ainsi que l'intérêt agronomique notamment en production biologique ne sont plus à démontrer techniquement. Mais les cultures de protéagineux sont concurrencées par des cultures plus rémunératrices avec un itinéraire technique plus simple. Une aversion au risque de rendement et de prix, ainsi qu'une recherche de simplification de la part des agriculteurs, un besoin de rentabilité qui passe par des masses critiques de la part des collecteurs et l'absence de stratégie construite entre les fabricants d'aliments, les éleveurs et les producteurs, représentent les principaux grands freins (Druot, 2011). En fait, ce sont surtout le prix et la disponibilité des matières premières sur les marchés qui font loi. Autour du grand enjeu d'amélioration de l'autonomie protéique des élevages et de la recherche d'impacts environnementaux positifs en agriculture, nous avons analysé le potentiel et les conditions du développement des protéagineux dans les systèmes de culture et dans les élevages monogastriques bourguignons.

Des éléments de contexte national et international tels que les prix (d'énergie, engrais, protéines) et les réglementations (environnementales, diversification, qualité) vont bien entendu être décisifs. Ces éléments vont croiser avec des logiques de territoire ou d'exploitations agricoles plus spécifiquement bourguignonnes, et ce sont ces leviers que nous avons tenté d'identifier.

Levier 1. Pour le climat continental bourguignon et ses tendances d'évolution, développer de nouvelles variétés d'hiver plus résistantes au gel et plus performantes.

Si des variétés de printemps à bon potentiel de rendement restent intéressantes pour des zones à terres profondes, telles qu'en 21, 89 et 71, le développement de variétés d'hiver permettra un développement de la culture dans des sols peu profonds et très répandus dans le nord de la Bourgogne. La culture d'hiver doit permettre un échappement aux stress de fin de cycle (notamment de sécheresse) par un enracinement plus profond et une période reproductrice plus précoce. Une bonne résistance au gel est un prérequis incontournable pour ces variétés d'hiver et doit anticiper les évolutions du climat. L'évaluation des risques climatiques a conduit à mettre clairement en évidence

une rupture dans l'évolution des températures : à partir de 1987, on constate une augmentation régulière significative de la température moyenne annuelle de 0,5°C tous les 10 ans (Figure 14), avec une plus grande augmentation des températures maximales que des températures minimales, l'augmentation étant plus marquée dans le sud que dans le nord de la Bourgogne. En répartition annuelle, ce réchauffement est plus important au printemps et en été, moins en automne (Cuccia, 2008 ; Richard et al., 2010).

Le risque de dégâts de gel hivernal n'est pas bien relié aux températures minimales observées. Il faut prendre en compte l'acclimatation des plantes, ce que nous avons réalisé dans le programme PSDR – PROFILE (Duc et al., 2010) en paramétrant pour le pois un modèle d'estimation de la résistance au gel hivernal initialement mis au point chez le blé (Lecomte et al., 2003). L'acclimatation apparaît meilleure dans la plaine de Saône que sur les reliefs ou dans le Nivernais où, du fait de plus grandes alternances de températures, les risques de dégâts sont plus élevés (Figure 15). Dans les années à venir, le risque de gel ne sera pas diminué, dans la mesure où on devrait observer de plus grandes alternances entre périodes de gel et période de redoux conduisant à des cycles répétés d'endurcissement / désendurcissement des plantes. A la composante de résistance au gel, les sélectionneurs devront associer des caractéristiques de tolérance aux principales maladies, de tenue de tige, de tolérance à la sécheresse et aux coups de chaleur, et de potentiel de rendement. Les mêmes objectifs variétaux s'appliquent aussi à la féverole.

Figure 14 : Evolution des températures moyennes annuelles en Bourgogne de 1961 à 2007 (Cuccia, 2008)

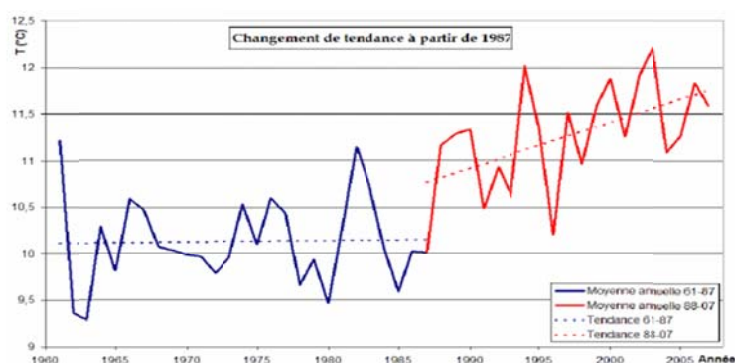
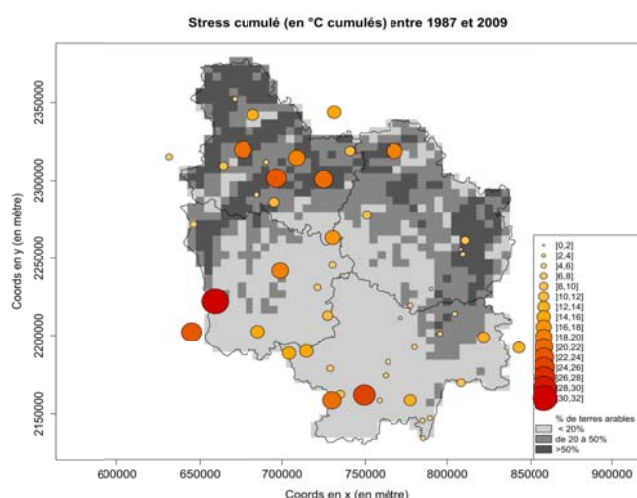


Figure 15 : Estimation des risques de gel en Bourgogne entre 1987 et 2009 (stress cumulé en °C, obtenu en croisant des statistiques climatiques sur une maille fine avec le modèle de calcul de la résistance au gel)



Levier 2. *Faire évoluer les systèmes de culture pour amplifier les surfaces de protéagineux*

Le programme Européen GL-PRO (2006) avait confirmé l'intérêt et la possibilité d'une introduction plus importante des protéagineux dans les systèmes de culture européens. Pour la Bourgogne, l'introduction de protéagineux en précédent au blé ou au colza (résultats du CASDAR pois-colza-blé²), et l'adoption de cultures en associations protéagineux-céréales sont des pistes prometteuses, notamment pour améliorer les bilans azotés, sanitaires et environnementaux (Corre-Hellou et al., 2006 ; Louarn et al., 2010). Pour l'exploitant, nos résultats ont montré la rentabilité de rotations incluant des protéagineux dès lors qu'elle est estimée à l'échelle du système et non uniquement de la culture annuelle. La culture de protéagineux apporte aussi des avantages : le colza, semé en août, récupère l'azote du pois, aspect non négligeable car la fumure est alors nulle. Néanmoins, tant que des variétés résistantes ou tolérantes à *Aphanomyces* ne seront pas disponibles, la vigilance par rapport au développement du champignon pathogène doit rester une précaution majeure. Il faut ainsi respecter un retour à 6 ans minimum du pois, et encourager des alternances pois-féverole quand cela est possible. En effet, la plupart des variétés de féverole n'étant pas hôtes du pathogène, le potentiel infectieux du sol diminue après cette culture. Cette diminution n'est cependant pas plus importante qu'avec une autre culture non-hôte (Moussart et al., 2012).

Pour construire une masse significative de protéagineux pour la collecte bourguignonne, tout en intégrant les précautions sanitaires précédemment soulignées, un doublement des surfaces en les faisant passer de 2 à 4% de la surface arable paraît réaliste. Il permettrait de retrouver le pic de surfaces de protéagineux de 1993. Cette production supplémentaire serait utilisable en intra-Bourgogne pour l'alimentation des monogastriques, des polygastriques et de l'homme, et exportable. Des effets environnementaux associés seraient non négligeables puisque dans son rapport 2009, le Commissariat Général au Développement Durable estime que le passage de 4% à 7% des surfaces arable française en légumineuses cultivées, économiserait environ 10% d'épandages d'engrais minéraux et réduirait les émissions de gaz à effet de serre d'environ de 1,8 Mteq CO₂ (CGDD, 2009). A partir du diagnostic et de l'évaluation multicritère des SdC étudiés dans le programme PSDR PROFILE un groupe de travail a été organisé, associant des conseillers en productions végétales des Chambres d'Agriculture, afin de proposer des évolutions de 2 systèmes de culture étudiés avec protéagineux visant à améliorer leurs performances économiques et environnementales. Cet exercice a mis en évidence une marge de progrès en matière de performances environnementales (vis-à-vis de l'impact des phytosanitaires avec l'indicateur I_{phy}, de la balance azotée, de l'impact des pertes d'azote avec l'indicateur I_N) avec des changements que les agriculteurs seraient prêts à envisager dans leurs pratiques (alternance du labour, réorganisation de la rotation). Une large diffusion des références acquises sur protéagineux, et sur les systèmes de culture avec protéagineux, et un bon interfaçage des acteurs, figurent parmi les leviers nécessaires pour développer une production durable et l'utilisation des protéagineux en Bourgogne, avec la formation des agriculteurs pour maîtriser ces nouvelles cultures et stabiliser les rendements et de la qualité.

Levier 3. *Augmenter les taux d'incorporation des protéagineux dans les élevages*

Le pois protéagineux présente l'avantage de diversifier les sources de protéines et ne présente pas de problèmes de mycotoxines au champ. En alimentation porcine, il est complémentaire au tourteau de colza. Le passage d'un taux d'incorporation de protéagineux fréquent de 25% à 30% permettrait d'incorporer 4 500 t de plus chez le porc. Ce tonnage serait conforté par le développement de la

² Co-financé par les pouvoirs publics (Casdar AAP 7175) de janvier 2008 à avril 2011, le projet Pois-Colza-Blé (Amélioration des performances économiques et environnementales de systèmes de culture avec Pois, Colza et Blé) associait les partenaires suivants : INRA (Grignon, Dijon), CETIOM (Grignon, Mons, Bourges), ARVALIS – Institut du Végétal, Chambres d'agriculture de Mayenne, Moselle, Nièvre et Yonne, Agroscope Reckenholz – Tänikon (Zurich, Suisse), ESA (Angers), UNIP (Paris) (coordinateur).

fabrication d'aliments à la ferme dont les équipements pourraient être accompagnés par des aides publiques, notamment dans le cadre du futur Contrat de Projet État-Région. Dans un contexte de flambée des prix des matières premières, les ratios de prix pois/soja et pois/blé sont de plus en plus favorables à l'introduction du pois pour les volailles. Selon les orientations, un passage 15 à 20% du taux d'incorporation de protéagineux permettrait d'incorporer 7 000 t de protéagineux de plus. C'est donc environ 12 000 t supplémentaires qui pourraient être consommées par les monogastriques. Dans une hypothèse où des productions en association pois-blé, féverole-triticales ou autres se développeraient, elles pourraient être facilement utilisées en aliments de monogastriques, avec la demande *a priori* de mieux maîtriser la composition des mélanges récoltés. Mais dans tous les cas, l'introduction de protéagineux en Label Rouge restera dépendante des cahiers des charges.

Levier 4. Donner une valeur économique aux services environnementaux

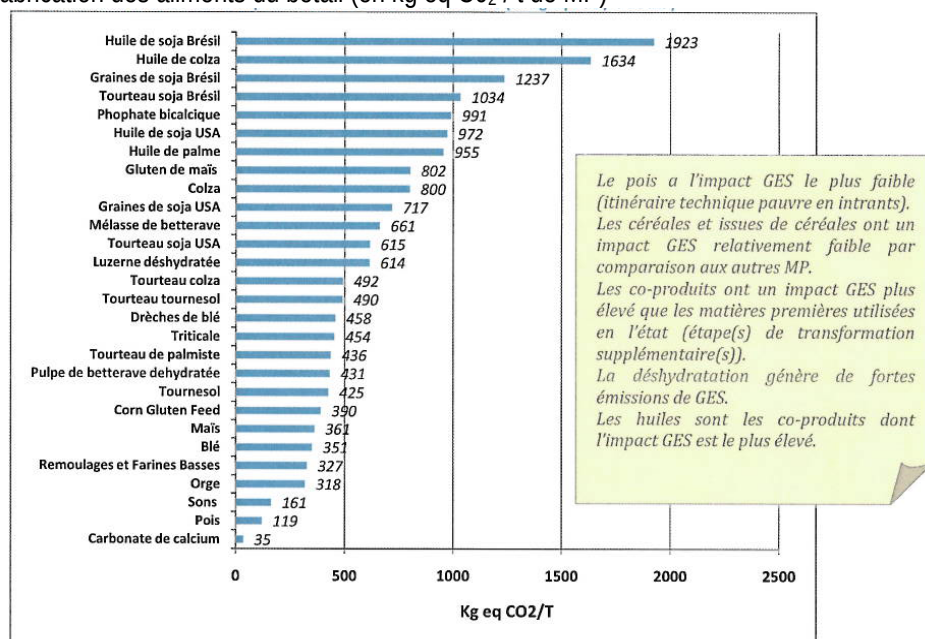
L'engrais azoté, via son procédé de fabrication et son épandage sur les cultures, est de loin le principal facteur explicatif des impacts environnementaux de la production agricole. Les protéagineux, autonomes vis-à-vis des engrais azotés et fournisseurs d'azote pour les autres cultures, sont un atout pour le bilan carbone des systèmes de cultures, de l'empreinte des filières de l'alimentation animale et de la durabilité de l'exploitation agricole. Dans le cadre d'une approche inter-instituts, le programme de recherche et développement Casdar 7-175 « Pois Colza Blé »³, de multiples mesures au champ dans un même site sur trois campagnes de 2007 à 2010 ont permis de comparer les flux azotés selon les cultures en jeu cultivées dans les mêmes conditions agro-pédo-climatiques. Des mesures au champ ont apporté des éléments de quantification des émissions de protoxyde d'azote (N₂O), ce puissant gaz à effet de serre, sur des sols occupés par plusieurs grandes cultures dans des conditions similaires. Sur la base d'études récentes d'ACV (Analyses des Cycles de Vie, réalisées par l'ART de Zürich, avec la base de données Eco-Invent, pour trois régions différentes) dans différents systèmes de culture français, comparativement à des cultures recevant 160 à 190 kg/ha d'azote, les cultures de protéagineux permettent de réduire d'environ :

- 50% la consommation d'énergie fossile,
- 70% les émissions de gaz à effet de serre (GES), en particulier le protoxyde d'azote (N₂O),
- 85% les émissions des gaz acidifiants, en particulier l'ammoniac (NH₃),
- 30% les émissions de gaz photo-oxydants en particulier les oxydes d'azote (NO et NO₂).

En réduisant la quantité moyenne d'azote apportée sur l'exploitation, les protéagineux apportent des solutions aux problèmes d'eutrophisation ou de qualité de l'eau, notamment dans les zones soumises à des réductions réglementaires d'utilisation en azote (bassin d'alimentation de captage). Ainsi, sur une année, les émissions sous pois représentent moins d'1/4 des émissions sous blé ou colza. Et une succession comportant 1 pois permet de réduire de 20% les émissions de N₂O sur 3 ans. La composition de la succession de 3 ans a un effet marqué sur les émissions N₂O.

³ Co-financé par les pouvoirs publics (Casdar AAP 7175) de janvier 2008 à avril 2011, le projet Pois-Colza-Blé (Amélioration des performances économiques et environnementales de systèmes de culture avec Pois, Colza et Blé) associait les partenaires suivants : INRA (Grignon, Dijon), CETIOM (Grignon, Mons, Bourges), ARVALIS – Institut du Végétal, Chambres d'agriculture de Mayenne, Moselle, Nièvre et Yonne, ART Agroscope Reckenholz – Tänikon (Zurich, Suisse), ESA (Angers), UNIP (Paris) (coordinateur).

Figure 16 : Bilan des émissions de gaz à effet de serre des différentes matières premières utilisées pour la fabrication des aliments du bétail (en kg eq CO₂ / t de MP)



Source : Coop de France

Dans les élevages, près de 60% de l'impact carbone d'un produit animal (lait, œuf, viande) provient de l'utilisation des aliments concentrés, dont 85% sont dus à la production des matières premières. Parmi les différentes matières premières utilisées en alimentation animale, le pois est celle qui a le plus faible taux d'émission de GES (Figure 16). Cela s'explique par l'absence de fertilisation azotée et de transformation industrielle de cette matière première.

Les coûts de transport varient de 13 à 20 € / t selon le départ Huingue ou Montoir de Bretagne (AIRFAF Nord-Est 2008). Une production localisée en Bourgogne pourra abaisser ces coûts et les impacts environnementaux négatifs associés. Par ailleurs, la redistribution des aliments par les fabricants d'aliment du bétail est plus onéreuse en Bourgogne qu'en Bretagne, du fait de la faible densité des élevages. La présence en Bourgogne d'un réseau fluvial permettant un export à faible coût de transport vers la Méditerranée est un facteur favorable aux activités d'exportation.

Levier 5. Faire évoluer l'interfaçage des acteurs producteurs x collecteurs x utilisateurs

La collecte et l'utilisation sont souvent bloquées par la taille critique et la disponibilité des matières premières. Sous l'hypothèse de ce verrou levé par les leviers L1 et L2, on peut alors imaginer une construction plus facile des marchés avec l'élevage ou les industries alimentaires, que ce soit en Bourgogne ou vers l'extérieur. Une masse critique permettra aussi de construire une logistique de contrôle de la qualité.

Dans la filière conventionnelle, la relation qui lie les producteurs aux collecteurs est celle de sociétaire. Hormis quelques relations contractuelles de courte durée, il n'y a pas de contractualisation entre collecteurs et utilisateurs (FAB). Dans la filière biologique, le constat est autre et des protéagineux sont collectés sous contrat dans l'Yonne. A l'image de ce qui s'est développé pour le soja Bio, la contractualisation entre les différents maillons de la filière pourrait présenter des atouts non négligeables comme, entre autres, celui de garantir un débouché pour l'agriculteur, de rationaliser la logistique pour les organismes stockeurs et d'avoir une connaissance précise des volumes incorporables dans les aliments. Enfin, la promotion de plusieurs caractéristiques technologiques des pois et féveroles comme la traçabilité assurée, les qualités nutritionnelles, la nature non OGM et les bénéfices environnementaux, pourraient compter ou être mieux pris en compte. Jouer sur ces

caractéristiques permettra de se libérer de la compétitivité en coût subie par les protéagineux par rapport aux autres matières premières. Le coût restera toujours essentiel, et d'autant plus s'il n'y a pas de revalorisation en aval auprès des consommateurs. En revanche, il peut y avoir des contraintes réglementaires environnementales qui privilégieraient la culture de protéagineux au même titre qu'il y a des contraintes européennes en bien-être animal. Parmi les acteurs, ceux qui se situent à des points nodaux tels que le collecteur, le politique, l'interprofession, le développement et l'enseignement, peuvent agir avec des leviers complémentaires.

Levier 6. Développer une synergie territoriale production de protéagineux x élevages en production biologique ou pour d'autres signes de qualité

Le développement des productions biologiques a été engagé au niveau national dans le cadre du « Grenelle de l'environnement » et en région Bourgogne par la construction en 2011 du moulin Decollogne qui aura une capacité d'écrasement de 20 000 tonnes de blé Bio. Il faut pour cela reconverter près de 50 000 ha de terres en surfaces bio dans la région (Moulin Decollogne, 2012) ; entre 2011 et 2012, environ 40% de ces conversions au Bio ont déjà été réalisées, et cela plutôt sur les plateaux de Bourgogne. La plaine avance à petits pas et utilise au maximum le soja dans les rotations Bio. Les protéagineux prendront une place importante comme ressource d'intrant azoté symbiotique dans la rotation, avec des conduites en culture pure ou en association. Un autre bénéfice attendu de la légumineuse est son effet d'accroissement de la teneur en protéines du blé Bio, qui est en relation positive avec sa valeur en panification. Si l'on fait l'hypothèse de 10% de surfaces en protéagineux en cultures Bio comme au niveau national, ce serait alors 5 000 ha de protéagineux et donc environ 15 000 t de produits supplémentaires qui sont attendus. La valorisation de ces graines de protéagineux Bio pourra se faire en alimentation humaine ou en alimentation animale Bio. Les produits d'associations céréales-protéagineux seront probablement réservés à l'alimentation animale et inutilisables en alimentation humaine, même après tri, en raison d'un risque de résidu et de l'exigence zéro-gluten des aliments humains Bio. Cette production de protéagineux Bio sera une opportunité pour les élevages de viandes blanches Bio, notamment volaillers qui se développent. Actuellement, la surface de cultures Bio et les conversions en France et en Bourgogne ne sont pas suffisantes pour approvisionner les filières d'élevage qui doivent faire appel aux importations. Par ailleurs, face à la très forte hausse du prix du soja Bio d'origine italienne (800 € / t), les filières animales cherchent à limiter l'incorporation du soja ou à s'en affranchir dans les formules d'aliment Bio. Le Groupe DUC, basé dans le département de l'Yonne, a pour objectif le développement de 45 bâtiments en production biologique d'ici 2015 correspondant à une production de 15 000 poulets/semaine. Deux bâtiments d'élevage poulet Bio ont démarré en 2012 (700 poulets/semaine). A long terme, la production de poulets de chair biologiques atteindra 780 000 volailles par an, soit une consommation de 877 t supplémentaires sur 5 800 t de matières premières biologiques.

Les cahiers des charges des productions labels rouge en volaille permettent l'incorporation de protéagineux, mais d'autres productions sous signes de qualité telles que la volaille de Bresse les excluent (Druot, 2011). Une évolution de la réglementation française et européenne, comme elle a été faite en production biologique, pourrait convertir le terme « céréales » en « graines » et favoriser ainsi l'usage des protéagineux (CGDD, 2009). Le critère « sans OGM » qui tend à se développer peut avoir un effet de levier très puissant et favoriser l'utilisation des protéagineux par les FAB, mais quel sera son devenir ?

Conclusions :

Au plan biotechnique, notre étude a bien identifié des potentiels significatifs d'augmentation de la production de protéagineux et de leur utilisation par les monogastriques en Bourgogne.

Pour accompagner cette évolution, une activité de recherche est appelée pour adapter les variétés et les systèmes de culture à une agriculture utilisant moins d'intrants. Les productions en Bio renforcent les demandes de variétés résistantes aux principales maladies et ravageurs, et font apparaître la demande variétés mieux adaptées aux cultures en associations. Tout en s'inscrivant de façon cohérente dans des stratégies de diversification et de l'agroécologie, les cultures légumineuses à graines devront néanmoins présenter des caractéristiques de production fiable et de qualité maîtrisée. Cela passera notamment par des plantes qui, valorisent aux mieux leurs ressources et leurs symbioses. Les préoccupations environnementales et des productions végétales et animales sous signes de qualité peuvent encourager cette évolution, mais à condition de bien identifier et valoriser ces contributions. Un tel contexte renforcera alors une liaison fonctionnelle et en circuits courts entre les secteurs d'amont et d'aval, et cela d'autant plus que le cahier des charges appelant à la traçabilité et à des qualités certifiées sera contraignant. C'est notamment dans le domaine des productions Bio en fort développement actuellement en Bourgogne qu'on voit s'amplifier une logique de territoire et des liaisons entre acteurs, qui se structurent autour de la définition de cahiers des charges et de la contractualisation, afin de sécuriser des volumes d'approvisionnement et objectifs quantitatifs de production.

L'évolution des protéagineux en fonction de cet interfaçage régional culture x élevage va aussi lourdement dépendre des éléments des filières végétales, eux-mêmes soumis aux évolutions de prix des énergies fossiles et des engrais et à de nouvelles réglementations environnementales, à l'évolution des attentes sociétales sur les cultures énergétiques et le non-OGM, ou encore aux besoins protéiques croissants de l'alimentation humaine.

Remerciements :

Nous remercions Marie-Hélène Jeuffroy (INRA, UMR 0211, Agronomie INRA-AgroParis tech Thiverval-Grignon-78), Violaine Deytieux (INRA UE-Domaine d'Epoisses-21), Catherine Henault (INRA - UR Science du Sol, Orléans-45), André Leseigneur (AgroSup Dijon, UMR 1041 CESAER), ainsi que les élèves ingénieurs Laurent Druot, Mélissa Dumas, Jean-Baptiste Mabire, Benoît Payot pour leur contribution au projet PSDR-Profile. Nous sommes reconnaissants au Conseil Régional de Bourgogne et à l'INRA cofinanceurs de PSDR-Profile, à Sandrine Petit (INRA-CESEAR Dijon-21) animatrice des projets PSDR en région Bourgogne, ainsi qu'à Corinne Peyronnet (UNIP-Paris 75), Michel Laderach et Gérard Million (Dijon Céréales-21), Christophe Didier et Jean-Luc Denis (Société Volailles DUC, Chailley- 89) qui ont apporté leur expertise précieuse à cet article.

Références bibliographiques :

- AEP, 2004. Association européenne de recherche sur les Protéagineux. Grain legumes and the environment: how to assess benefits and impacts. AEP Eds. ISBN 2-9509491.8.5, 226 pp
- Agence Bio, 2012.
http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/CC_Ed2011_Chap4_1_prod.pdf
- Agreste, 2012. Statistique agricole annuelle. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/>
- Agreste Bourgogne, 2012 <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/en-region/bourgogne/>
- Agreste Bourgogne, 2011. Memento de la statistique agricole.
http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_R2611C01.pdf
- Bockstaller C., Girardin P., 2003. How to validate environmental indicators. *Agricultural Systems*, 76, 639-653.
- Bockstaller C., Gaillard G., Baumgartner D., Freiermuth Knuchel R., Reinsch M., Brauner R., Unterseher E., 2006. Méthodes d'évaluation agri-environnementale des exploitations agricoles : Comparaison des méthodes INDIGO, KUL/USL, REPRO et SALCA. Colmar, ITADA, p. 112.

- Bockstaller C., Galan M.-B., Capitaine M., Colomb B., Mousset J., Viaux Ph. 2008. Comment évaluer la durabilité des systèmes en production végétale. In: Reau R. et Doré T., 2008, Systèmes de culture innovants et durables : Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? Actes du colloque du 27 mars 2008, Educagri
- CGDD, 2009. Commissariat Général au Développement Durable. La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ? n°15, 43pp
- Champ M., Anderson J.W., Bach-Knudsen K.E., (Editors) 2002. Suppl. « Pulses and Human Health ». Brit. J. Nutr. 88(3), S237-S319
- Crepon K., Marget P., Peyronnet C., Carrouee B., Arese P., Duc G., 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. Field Crops Research 115, 329-339
- Corre-Hellou G., Fustec J., Crozat Y., 2006. Interspecific competition for soil N and its interaction with N-2 fixation, leaf expansion and crop growth in pea-barley intercrops. Plant and Soil 282, 195-208
- Cuccia C., 2008. Changements climatiques observés en Bourgogne depuis 1961 : Etude des variations de températures et de précipitations. Mémoire de Master « Recherche Géobiosphère », CNRS, Université de Bourgogne, 52 pp
- Debaeke P., Petit M-S, Bertrand M., Mischler P., Munier-Jolain N., Nolot J-M, Reau R., Verjux N., 2008. Evaluation des systèmes de culture en stations et en exploitations agricoles : où en sont les méthodes ? In: Systèmes de culture innovants et durables : Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? Actes du colloque du 27 mars 2008, Educagri
- Dourmad, J.Y., Sève, B., Latimier, P., Boisen, S., Fernandez, J., Van de Peet-Schwering, C., Jongbloed, A.W., 1999. Nitrogen consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. Livest. Prod. Sci. 58, 199-211
- Druot L., 2011. Etude de la filière protéagineuse en Bourgogne : Analyse des freins et des leviers à son développement et observation des différentes filières animales « de qualité ». mémoire de fin d'études ingénieur, AgroSup Dijon, 75 pp
- Duc G, Blancard S, Hénault C, Lecomte C, Petit MS, (et al.), 2010. Potentiels et leviers pour développer la production et l'utilisation des protéagineux dans le cadre d'une agriculture durable en Bourgogne. Innovations Agronomiques 11, 157-173
- Duc G., Jeuffroy M.H., Tivoli B., 2011. Les légumineuses protéagineuses pour améliorer les bilans environnementaux en grandes cultures : principaux travaux de l'INRA qui ont accompagné la naissance de la filière et les perspectives. Innovations Agronomiques 12, 157-178
- Dumas M., 2009. Evaluation multicritère et globale de systèmes de culture avec et sans protéagineux dans les exploitations bourguignonnes. Mémoire Ingénieur Agro campus Ouest, 133 pp
- EU. Third SCAR EU Foresight exercise, 2011. Sustainable food consumption and production in a resource-constrained world.
- http://ec.europa.eu/research/agriculture/scar/pdf/scar_feg3_final_report_01_02_2011.pdf
- GEPV, 2012. <http://www.gepv.asso.fr/uk/index.php>
- Guéguen J., Duc G. (coordonnateurs), Boutin J.P., Dronne Y., Munier-Jolain N., Sève B., Tivoli B., 2008. La filière protéagineuse. Quels défis ? Editions Quae, ISBN 13 978-2-7592-0072-6, 148 pp
- Lacassagne L., Francesch M., Carré B., Melcion J.P., 1988. Utilization of tannin-containing and tannin-free faba beans (*Vicia faba*) by young chicks: effects of pelleting feeds on energy, protein and starch digestibility. Anim. Feed Sci. Technol 20, 59-68
- Lagaise B., 2009. Elaboration d'un prototype de description de systèmes de culture innovants. Contribution à la création d'un référentiel de performances des systèmes de culture. Mémoire ESA Angers, INRA, 162 p.
- Lecomte C, Giraud A, Aubert V, 2003. Testing a predicting model for frost resistance of winter wheat in natural conditions. Agronomie 23, 51-66
- Le Gal P.-Y., Mérot A., Moulin C.-H., Navarette M., Wéry J., 2010. A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems. Environmental Modelling & Software 25, 258-268

Louarn G., Corre-Hellou G., Fustec J., Lô-Pelzer E., Julier B., Litrico I., Hinsinger P., Lecomte C., 2010. Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses. *Innovations Agronomiques* 11, 79-99

Mabire J.B., 2010. Evaluation multicritère de systèmes de culture bourguignons avec et sans protéagineux. Mémoire Ingénieur Agrosup Dijon 60 pp

Mariscal-Landin G., Lebreton Y., Sève B., 2002. Apparent and standardised true ileal digestibility of protein and amino acids from faba bean, lupin and pea, provided as whole seeds, dehulled or extruded in pig diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 97, 183-198

Moulin Decollogne, 2012. <http://www.decollogne.fr/>

Moussard A., Even M.N., Lesné A., Tivoli B., 2012. Successive legumes tested in a greenhouse station experiment modify the inoculum potential of soils naturally infested by *Aphanomyces euteiches*. *Plant Pathology* Doi: 10.1111/j.1365-3059.2012.02679

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

Petit M.-S., Reau R., Dumas M., Moraine M., Omon B., Josse S., 2012. Mise au point de systèmes de culture innovants par un réseau d'agriculteurs et production de ressources pour le conseil. *Innovations Agronomiques* 20, 79-100

Payot B., 2011. Evaluation multicritère de systèmes de culture bourguignons avec et sans protéagineux – Mise en évidence de marges de progrès. Mémoire Ingénieur SupAgro Montpellier, 102 pp

Prospective Agrimonde INRA-CIRAD, 2009. Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable. <http://www5.paris.inra.fr/depe/Projets/Agrimonde>

PSDR Bourgogne, 2012. <http://www.psdrbourgogne.org/>

PSDR PROFILE, 2012, Potentiels et leviers pour développer la production et l'utilisation des protéagineux dans le cadre d'une agriculture durable en Bourgogne <http://www4.inra.fr/psdr-bourgogne/par-la-recherche/Projets-de-recherche/PROFILE>

Reau R., Doré T., (Eds.) 2008. Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ? *Educagri*, Dijon.

Reau R., Mischler P., Petit M.S., 2010. Evaluation au champ des performances de systèmes innovants en cultures arables et apprentissage de la protection intégrée en fermes pilotes. *Innovations Agronomiques* 8, 83-103.

Reau R., Monnot L.A., Schaub A., Munier-Jolain N., Pambou I., Bockstaller C., Cariolle M., Chabert A., Dumans P., 2012. Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs. *Innovations Agronomiques* 20, 5-33

Richard Y., Bois B., Castel T., Cuccia C., Deconninck M.C., Doll D., Lecomte C., Monamy C., Thévenin D., Villery J., Xu Y., 2010. Le changement climatique en Bourgogne : observations, simulations et impacts. Colloque "Développement durable, évolutions climatiques et droits de l'homme", Ligue des droits de l'homme, 6 mars 2010, AgroSup Dijon

RMT SdCi, 2012. <http://www.systemesdecultureinnovants.org/>

Sadok W., Angevin F., Bergez J. E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T., 2008. Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: guidelines for identifying relevant multi-criteria decision aid methods. *Agronomy for Sustainable Development* 28, 163-174

Sadok W., Angevin F., Bergez J., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Messéan A., Doré T., 2009. MASC, a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 447-461