



HAL
open science

Potentiels et verrous d'une filière protéagineuse pour une agriculture durable en Bourgogne

Gérard Duc, Stéphane Blancard, Violaine Deytieux, Catherine Hénault,
Christophe Lecomte, Marie-Sophie Petit, Marie-Hélène Bernicot, Marc
Bernus, Florian Bizouard, Norbert Blanc, et al.

► To cite this version:

Gérard Duc, Stéphane Blancard, Violaine Deytieux, Catherine Hénault, Christophe Lecomte, et al.. Potentiels et verrous d'une filière protéagineuse pour une agriculture durable en Bourgogne. Symposium PSDR, Les chemins du développement territorial, Jun 2012, Clermont Ferrand, France. hal-02810975

HAL Id: hal-02810975

<https://hal.inrae.fr/hal-02810975v1>

Submitted on 6 Jun 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.

Potentiels et verrous d'une filière protéagineuse pour une agriculture durable en Bourgogne

Auteurs : Duc G. ^{1*}, Blancard S. ^{4*}, Deytieux V. ^{2*}, Hénault C. ^{16*}, Lecomte C. ^{1*}, Petit M.-S. ^{9*}, Bernicot M.-H. ², Bernus M. ¹⁵, Bizouard F. ¹, Blanc N. ², Blondon A. ¹³, Blosseville N. ⁷, Bonnin E. ¹¹, Bois B. ⁵, Castel T. ⁵, Challan-Belval C. ⁹, Coulon C. ⁴, Cuccia C. ⁵, Delattre M. ⁸, Dobrecourt J.-F. ¹³, Druot L. ⁴, Dumas M. ¹⁴, Geloën M. ¹¹, Hayer F. ¹⁷, Humeau F. ¹⁵, Huot E. ¹³, Jeuffroy M.-H. ³, Killmayer M. ⁶, Larmure A. ¹, Lelay D. ¹⁴, Leseigneur A. ⁴, Mabire J.-B. ⁹, Mangin P. ², Marette A. ², Marget P. ¹, Million G. ⁸, Nemecek T. ¹⁷, Payot B. ⁹, Raynard L. ¹⁴, Robin P. ¹⁰, Ronget D. ¹⁰, Richard Y. ⁵, Vaccari V. ⁸, Vermue A. ¹, Villard A. ¹², Villery J. ⁵, Vivier C. ¹³

* *coordination*

- 1- INRA, UMR 1347, Agroécologie, BP86510, F-21065 Dijon Cedex, France
- 2- INRA, UE115 Domaine d'Epoisses, F-21110 Bretenière, France
- 3- INRA, UMR 0211, Agronomie INRA-AgroParis tech, F-78000 Thiverval-Grignon, France
- 4- INRA AgroSup Dijon, UMR 1041 CESAER, 26 Bd Dr Petitjean, F-21000 Dijon, France
- 5- Centre de Recherches de Climatologie, UMR 5210 CNRS/Univ. Bourgogne, F-21000 Dijon, France
- 6- Arvalis – Institut du végétal, 11 rue Henri Becquerel, F-21000 Dijon, France
- 7- UNIP, 12 avenue Georges 5, F-75008 Paris, France
- 8- Dijon-Céréales, Damier-vert, 4 boulevard de Beauregard, F-21604 Longvic Cedex, France
- 9- Chambre régionale d'Agriculture de Bourgogne, 3 rue du Golf, F-21800 Quétigny, France
- 10- Chambre d'agriculture de la Côte d'Or, 42 rue de Mulhouse, F-21000 Dijon, France
- 11- Chambre d'agriculture de la Nièvre, 25 Boulevard Léon Blum, F-58028 Nevers Cedex, France
- 12- Chambre d'agriculture de la Saône et Loire, 59 rue du 19 Mars 1962, F-71000 Mâcon, France
- 13- Chambre d'agriculture de l'Yonne, 14 bis rue Guynemer, F-89015 Auxerre, France
- 14- EPLEFPA de Quétigny, Ferme expérimentale de Tart-le-bas, F-21110 Tart-le-Bas, France
- 15- LEGTA de Fontaines, la Platière, F-71150 Fontaines, France
- 16- INRA - UR Science du Sol, 2163 Av de la Pomme de Pin - CS 40001 Ardon, 45075 Orléans Cedex 2 - France
- 17- Agroscope Reckenholz Tänikon Research Station ART, CH-8046 Zurich, Switzerland

✉ **auteur correspondant** : Duc Gérard, tél : (0)380 69 31 48 ; fax : (0)3 80 69 32 63 ; mail : gerard.duc@dijon.inra.fr

Mots-clés (5 max.) : Bourgogne, Filière protéagineuse, Variétés d'hiver, Systèmes de culture, Durabilité

Programme : PSDR-Profil Bourgogne, avec cofinancement INRA-Conseil Régional de Bourgogne

1. Résumé de la communication (400 mots max)

L'objectif général de PSDR-PROFILE est d'améliorer l'autonomie protéique des élevages et les impacts environnementaux positifs, en insérant des protéagineux dans les systèmes de culture bourguignons. Un réseau de partenaires régionaux recherche-développement-enseignement-décideurs-producteurs-utilisateurs a été construit pour évaluer conjointement le potentiel d'une filière protéagineuse de territoire. Soutenue par des enquêtes, une analyse économique a permis de préciser les leviers potentiels au développement de la filière. Une analyse des interactions génotype-environnement s'appuyant sur une expérimentation variétale multi-sites et des approches par modélisation, ont permis d'estimer des potentiels de production de types variétaux et d'identifier des facteurs d'instabilité. L'analyse des résultats et des performances des systèmes de culture agronomiques-techniques-économiques-environnementaux-sociaux s'est appuyée sur des couples de systèmes de culture avec/sans protéagineux, conduits par des agriculteurs dans différents contextes pédo-climatiques, en utilisant différents modèles. Sur un sous-échantillon de systèmes de culture, une analyse de Cycle de Vie par la méthode SALCA a été conduite. Le risque d'émission de protoxyde d'azote N_2O a été évalué en comparant les émissions de sols post-récolte, lors de la décomposition de résidus de culture post-céréales vs post-pois.

L'analyse des facteurs limitants de la production montre l'importance des facteurs abiotiques dans la limitation des rendements de protéagineux en Bourgogne. Une cartographie régionale des risques de gel hivernal et de chaleur de fin de cycle est produite, et des types variétaux de pois et féveroles mieux adaptés à la région sont proposés. L'introduction de protéagineux dans les systèmes de culture permet, dans la plupart des cas, des consommations énergétiques moindres et une balance azotée plus équilibrée grâce à la réduction des apports d'engrais azotés sur le protéagineux et la culture suivante. Elle modifie également les stratégies de protection des cultures sans induire d'augmentation du recours aux produits phytosanitaires. La rentabilité économique reste égale entre systèmes avec ou sans protéagineux, quel que soit le scénario de prix des productions, des engrais ou des produits phytosanitaires. L'analyse de cycle de vie par la méthode SALCA montre un bénéfice environnemental selon 2 unités fonctionnelles (par ha ou par € de marge brute) des systèmes de culture avec protéagineux pour la consommation d'énergie et pour limiter l'effet de serre potentiel, la formation d'ozone et l'acidification potentielles. Les émissions de N_2O par les sols contenant des résidus de pois ne sont en général pas supérieures à celles des sols contenant des résidus de céréales. Pour la filière, la faiblesse des surfaces, l'irrégularité des rendements et en conséquence l'incertitude de l'approvisionnement en protéagineux constituent un frein majeur au développement des protéagineux. La contractualisation dans la filière et la promotion d'une filière de qualité combinée à une accentuation des exigences en matière de traçabilité et d'étiquetage apparaissent comme des leviers dépendants de l'engagement et des actions des acteurs économiques concernés.

2. Communication

Enjeux et objectifs

La Bourgogne est une terre d'élevage et de productions végétales, mais à l'image de l'UE, elle couvre aujourd'hui moins d'un tiers de ses besoins en protéines, et les surfaces de protéagineux y sont inférieures à 2% des surfaces arables. Autour du grand enjeu d'amélioration de l'autonomie protéique des élevages et des impacts environnementaux positifs en insérant des protéagineux dans les systèmes de culture bourguignons, notre projet participe au développement régional et territorial de par sa volonté à développer la culture de protéagineux en Bourgogne et ses utilisations, notamment par les filières locales de viandes blanches. Il s'attache à impulser une dynamique de développement dans les filières conventionnelles, mais aussi dans les filières de qualité ou certifiées (AOC, Produit Certifié, Agriculture biologique), éventuellement appuyée par un étiquetage environnemental.

L'action a permis d'explorer les zones bourguignonnes où un potentiel de développement existe. Par des expérimentations et une confrontation des cartes climatiques aux facteurs limitants de la production, nous

estimons les potentiels de productivité et l'adéquation de différents types variétaux à différentes zones de Bourgogne.

Des références régionales sur les résultats et performances des systèmes de culture insérant des protéagineux sont produites en termes techniques et de bénéfices économiques et environnementaux. Cet ensemble constitue une banque de données solides en cours de diffusion, pouvant éclairer producteurs, utilisateurs, décideurs publiques régionaux.

Ce travail permet de construire un réseau régional de collaborations entre différentes disciplines : économie, agronomie, climatologie, génétique et amélioration des plantes (Duc et al. 2010). Il met en relation des acteurs de la recherche, de l'enseignement agricole, du développement avec les acteurs de la filière (producteurs - collecteurs – utilisateurs).

La méthode

Par des enquêtes et des séminaires de réflexion associant les partenaires de la production et de l'utilisation, nous avons conduit une analyse économique afin d'identifier les freins (en précisant leur nature et leur intensité), ainsi que les leviers potentiels au développement de la filière protéagineuse.

Pour identifier les causes d'instabilité de la production des protéagineux, nous avons développé (i) une analyse des facteurs limitants et de l'interaction génotype-environnement (Lecomte, 2005 et Figure 1), en s'appuyant sur une expérimentation variétale multi-sites de pois et féveroles d'hiver de 3 années, (ii) deux approches par modélisation, l'une basée sur la cartographie régionale du risque de stress climatiques, l'autre basée sur la mise en œuvre d'un modèle de culture (Afishol : Vocanson, 2006, Vocanson et al. 2006) pour estimer des potentiels de production. La figure 1 présente les cycles et les facteurs limitant du pois.

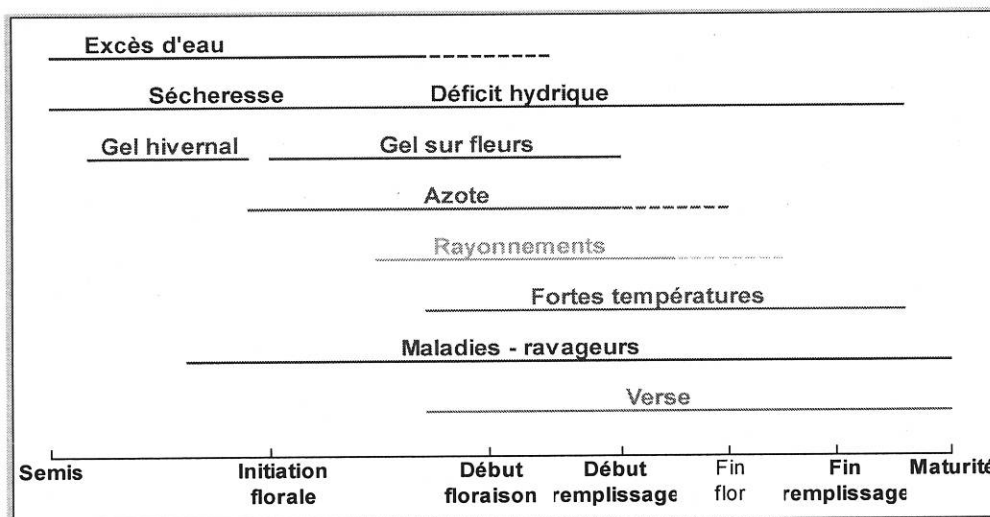
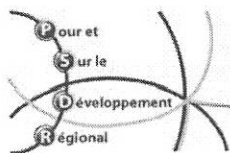


Figure 1. Cycle et facteurs limitants du pois (Lecomte et al., 2009).

L'évaluation multicritère des performances de 27 systèmes de culture s'est appuyée sur des couples de systèmes de culture (SdC) avec/sans protéagineux pilotés et conduits par des agriculteurs dans différents contextes pédo-climatiques, ces systèmes ayant été décrits par enquête.

Les résultats et performances des SdC ont été analysés selon des critères agronomiques, économiques, environnementaux, sociaux (Tableau 1) en utilisant différents modèles. La démarche d'évaluation multicritère retenue s'appuie sur celle proposée aujourd'hui par le RMT Systèmes de culture innovants



Symposium

Clermont-Ferrand

France

Les chemins du développement territorial

19-20-21 Juin

2012

Potentiels et verrous d'une filière protéagineuse pour une agriculture durable en Bourgogne

Auteurs : Duc G. ^{1*}, Blancard S. ^{4*}, Deytieux V. ^{2*}, Hénault C. ^{16*}, Lecomte C. ^{1*}, Petit M.-S. ^{9*}, Bernicot M.-H. ², Bernus M. ¹⁵, Bizouard F. ¹, Blanc N. ², Blondon A. ¹³, Blossesville N. ⁷, Bonnin E. ¹¹, Bois B. ⁵, Castel T. ⁵, Challan-Belval C. ⁹, Coulon C. ⁴, Cuccia C. ⁵, Delattre M. ⁸, Dobrecourt J.-F. ¹³, Druot L. ⁴, Dumas M. ¹⁴, Geloën M. ¹¹, Hayer F. ¹⁷, Humeau F. ¹⁵, Huot E. ¹³, Jeuffroy M.-H. ³, Killmayer M. ⁶, Larmure A. ¹, Lelay D. ¹⁴, Leseigneur A. ⁴, Mabire J.-B. ⁹, Mangin P. ², Marette A. ², Marget P. ¹, Million G. ⁸, Nemecek T. ¹⁷, Payot B. ⁹, Raynard L. ¹⁴, Robin P. ¹⁰, Ronget D. ¹⁰, Richard Y. ⁵, Vaccari V. ⁸, Vermue A. ¹, Villard A. ¹², Villery J. ⁵, Vivier C. ¹³

* coordination

- 1- INRA, UMR 1347, Agroécologie, BP86510, F-21065 Dijon Cedex, France
- 2- INRA, UE115 Domaine d'Epoisses, F-21110 Bretenière, France
- 3- INRA, UMR 0211, Agronomie INRA-AgroParis tech, F-78000 Thiverval-Grignon, France
- 4- INRA AgroSup Dijon, UMR 1041 CESAER, 26 Bd Dr Petitjean, F-21000 Dijon, France
- 5- Centre de Recherches de Climatologie, UMR 5210 CNRS/Univ. Bourgogne, F-21000 Dijon, France
- 6- Arvalis – Institut du végétal, 11 rue Henri Becquerel, F-21000 Dijon, France
- 7- UNIP, 12 avenue Georges 5, F-75008 Paris, France
- 8- Dijon-Céréales, Damier-vert, 4 boulevard de Beauregard, F-21604 Longvic Cedex, France
- 9- Chambre régionale d'Agriculture de Bourgogne, 3 rue du Golf, F-21800 Quétigny, France
- 10- Chambre d'agriculture de la Côte d'Or, 42 rue de Mulhouse, F-21000 Dijon, France
- 11- Chambre d'agriculture de la Nièvre, 25 Boulevard Léon Blum, F-58028 Nevers Cedex, France
- 12- Chambre d'agriculture de la Saône et Loire, 59 rue du 19 Mars 1962, F-71000 Mâcon, France
- 13- Chambre d'agriculture de l'Yonne, 14 bis rue Guynemer, F-89015 Auxerre, France
- 14- EPLEFPA de Quétigny, Ferme expérimentale de Tart-le-bas, F-21110 Tart-le Bas, France
- 15- LEGTA de Fontaines, la Platière, F-71150 Fontaines, France
- 16- INRA - UR Science du Sol, 2163 Av de la Pomme de Pin - CS 40001 Ardon, 45075 Orléans Cedex 2 - France
- 17- Agroscope Reckenholz Tänikon Research Station ART, CH-8046 Zurich, Switzerland

✉ **auteur correspondant :** Duc Gérard, tél : (0)380 69 31 48 ; fax : (0)3 80 69 32 63 ; mail : gerard.duc@dijon.inra.fr

Mots-clés (5 max.) : Bourgogne, Filière protéagineuse, Variétés d'hiver, Systèmes de culture, Durabilité

Programme : PSDR-Profile Bourgogne, avec cofinancement INRA-Conseil Régional de Bourgogne

1. Résumé de la communication (400 mots max)

L'objectif général de PSDR-PROFILE est d'améliorer l'autonomie protéique des élevages et les impacts environnementaux positifs, en insérant des protéagineux dans les systèmes de culture bourguignons. Un réseau de partenaires régionaux recherche-développement-enseignement-décideurs-producteurs-utilisateurs a été construit pour évaluer conjointement le potentiel d'une filière protéagineuse de territoire. Soutenue par des enquêtes, une analyse économique a permis de préciser les leviers potentiels au développement de la filière. Une analyse des interactions génotype-environnement s'appuyant sur une expérimentation variétale multi-sites et des approches par modélisation, ont permis d'estimer des potentiels de production de types variétaux et d'identifier des facteurs d'instabilité. L'analyse des résultats et des performances des systèmes de culture agronomiques-techniques-économiques-environnementaux-sociaux s'est appuyée sur des couples de systèmes de culture avec/sans protéagineux, conduits par des agriculteurs dans différents contextes pédo-climatiques, en utilisant différents modèles. Sur un sous-échantillon de systèmes de culture, une analyse de Cycle de Vie par la méthode SALCA a été conduite. Le risque d'émission de protoxyde d'azote N_2O a été évalué en comparant les émissions de sols post-récolte, lors de la décomposition de résidus de culture post-céréales vs post-pois.

L'analyse des facteurs limitants de la production montre l'importance des facteurs abiotiques dans la limitation des rendements de protéagineux en Bourgogne. Une cartographie régionale des risques de gel hivernal et de chaleur de fin de cycle est produite, et des types variétaux de pois et féveroles mieux adaptés à la région sont proposés. L'introduction de protéagineux dans les systèmes de culture permet, dans la plupart des cas, des consommations énergétiques moindres et une balance azotée plus équilibrée grâce à la réduction des apports d'engrais azotés sur le protéagineux et la culture suivante. Elle modifie également les stratégies de protection des cultures sans induire d'augmentation du recours aux produits phytosanitaires. La rentabilité économique reste égale entre systèmes avec ou sans protéagineux, quel que soit le scénario de prix des productions, des engrais ou des produits phytosanitaires. L'analyse de cycle de vie par la méthode SALCA montre un bénéfice environnemental selon 2 unités fonctionnelles (par ha ou par € de marge brute) des systèmes de culture avec protéagineux pour la consommation d'énergie et pour limiter l'effet de serre potentiel, la formation d'ozone et l'acidification potentielles. Les émissions de N_2O par les sols contenant des résidus de pois ne sont en général pas supérieures à celles des sols contenant des résidus de céréales. Pour la filière, la faiblesse des surfaces, l'irrégularité des rendements et en conséquence l'incertitude de l'approvisionnement en protéagineux constituent un frein majeur au développement des protéagineux. La contractualisation dans la filière et la promotion d'une filière de qualité combinée à une accentuation des exigences en matière de traçabilité et d'étiquetage apparaissent comme des leviers dépendants de l'engagement et des actions des acteurs économiques concernés.

2. Communication

Enjeux et objectifs

La Bourgogne est une terre d'élevage et de productions végétales, mais à l'image de l'UE, elle couvre aujourd'hui moins d'un tiers de ses besoins en protéines, et les surfaces de protéagineux y sont inférieures à 2% des surfaces arables. Autour du grand enjeu d'amélioration de l'autonomie protéique des élevages et des impacts environnementaux positifs en insérant des protéagineux dans les systèmes de culture bourguignons, notre projet participe au développement régional et territorial de par sa volonté à développer la culture de protéagineux en Bourgogne et ses utilisations, notamment par les filières locales de viandes blanches. Il s'attache à impulser une dynamique de développement dans les filières conventionnelles, mais aussi dans les filières de qualité ou certifiées (AOC, Produit Certifié, Agriculture biologique), éventuellement appuyée par un étiquetage environnemental.

L'action a permis d'explorer les zones bourguignonnes où un potentiel de développement existe. Par des expérimentations et une confrontation des cartes climatiques aux facteurs limitants de la production, nous

estimons les potentiels de productivité et l'adéquation de différents types variétaux à différentes zones de Bourgogne.

Des références régionales sur les résultats et performances des systèmes de culture insérant des protéagineux sont produites en termes techniques et de bénéfices économiques et environnementaux. Cet ensemble constitue une banque de données solides en cours de diffusion, pouvant éclairer producteurs, utilisateurs, décideurs publiques régionaux.

Ce travail permet de construire un réseau régional de collaborations entre différentes disciplines : économie, agronomie, climatologie, génétique et amélioration des plantes (Duc et al. 2010). Il met en relation des acteurs de la recherche, de l'enseignement agricole, du développement avec les acteurs de la filière (producteurs - collecteurs – utilisateurs).

La méthode

Par des enquêtes et des séminaires de réflexion associant les partenaires de la production et de l'utilisation, nous avons conduit une analyse économique afin d'identifier les freins (en précisant leur nature et leur intensité), ainsi que les leviers potentiels au développement de la filière protéagineuse.

Pour identifier les causes d'instabilité de la production des protéagineux, nous avons développé (i) une analyse des facteurs limitants et de l'interaction génotype-environnement (Lecomte, 2005 et Figure 1), en s'appuyant sur une expérimentation variétale multi-sites de pois et féveroles d'hiver de 3 années, (ii) deux approches par modélisation, l'une basée sur la cartographie régionale du risque de stress climatiques, l'autre basée sur la mise en œuvre d'un modèle de culture (Afisol : Vocanson, 2006, Vocanson et al. 2006) pour estimer des potentiels de production. La figure 1 présente les cycles et les facteurs limitant du pois.

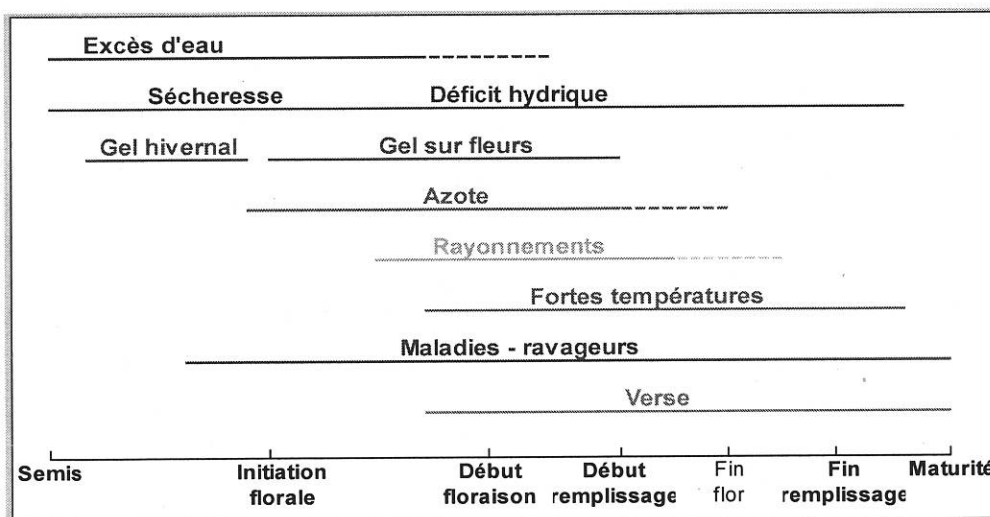


Figure 1. Cycle et facteurs limitants du pois (Lecomte et al., 2009).

L'évaluation multicritère des performances de 27 systèmes de culture s'est appuyée sur des couples de systèmes de culture (SdC) avec/sans protéagineux pilotés et conduits par des agriculteurs dans différents contextes pédo-climatiques, ces systèmes ayant été décrits par enquête.

Les résultats et performances des SdC ont été analysés selon des critères agronomiques, économiques, environnementaux, sociaux (Tableau 1) en utilisant différents modèles. La démarche d'évaluation multicritère retenue s'appuie sur celle proposée aujourd'hui par le RMT Systèmes de culture innovants

(<http://www.systemesdecultureinnovants.org/>), avec une caractérisation des systèmes de culture et une évaluation globale à l'aide du modèle MASC® 1.0. (Sadock et al., 2008 a & b).

Sur une partie de l'échantillon des SdC sélectionnés, une analyse de Cycle de Vie par la méthode SALCA (Nemecek et al., 2008) a été conduite. De manière complémentaire, le risque d'émission de N₂O a été évalué en comparant, à partir de prélèvements faits au champ, des sols chargés en résidus de culture post-céréales vs post-pois.

La communication et la discussion des résultats ont été engagées lors de séminaires associant les partenaires, de visites d'essais et d'apports d'expertise vers les décideurs publics.

Tableau 1. Principaux résultats et critères d'évaluation des performances de durabilité des systèmes de culture.

	Critères
Résultats agronomiques	Rendement
Evaluation économique	Produit brut **
	Marge nette **
Evaluation environnementale	Solde N. P. K (CORPEN)
	NO ₃ . NH ₃ . IN ₂ O (Indigo)
	Consommation énergétique
	Efficacité énergétique
	IFT
	lophy (Indigo)
Evaluation sociale	Temps de travail
	Nombre d'interventions

Les résultats

Un réel potentiel de développement de la filière protéagineuse, dépendant des acteurs économiques

Les premiers résultats font suite à une analyse socio-économique de la filière (Coulon 2009, Druot 2011). Celle-ci a permis de mettre en évidence deux principaux circuits (Figure 2) : le circuit conventionnel impliquant des organismes stockeurs (OS), coopératives et négociants, qui collectent des protéagineux auprès des producteurs et les vendent aux fabricants d'aliment du bétail (FAB), et d'une importance moindre en termes de volumes, celui de la filière biologique. Les relations entre producteurs et utilisateurs au sein de la filière conventionnelle sont quasi-inexistantes ou de courte durée, en raison du manque de constance et de régularité de l'approvisionnement surtout. On déplore aussi une mauvaise visibilité des prix des protéagineux, ceux-ci étant substituables par d'autres matières protéiques meilleur marché. Les freins rencontrés par les acteurs sont d'ordres i) techniques principalement pour les producteurs, ii) organisationnels pour les FAB et dans une moindre mesure pour les OS et iii) économiques pour l'ensemble des acteurs.

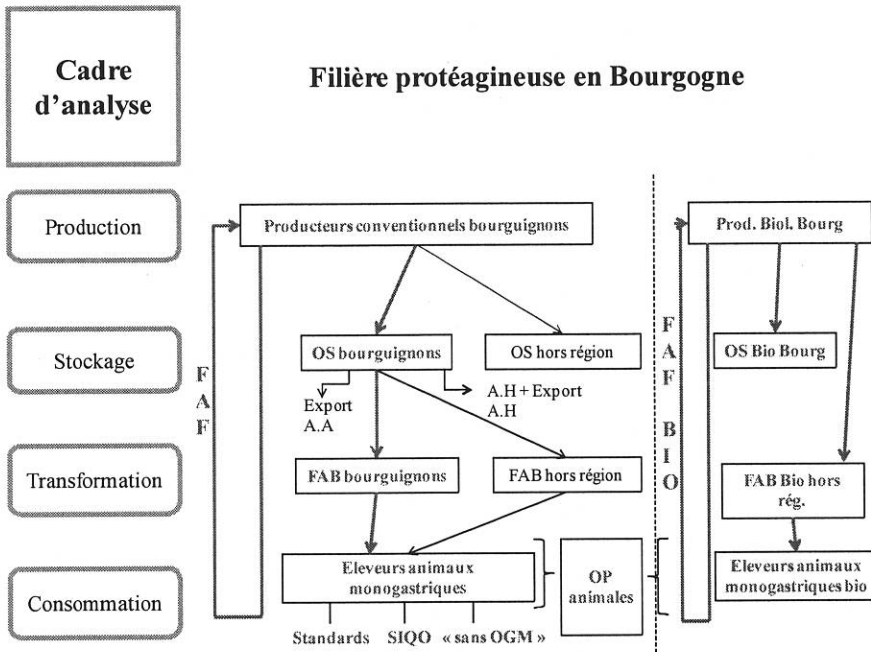


Figure 2. Représentation schématique de la filière en 2010.

Plusieurs leviers potentiels au développement des protéagineux existent. Ainsi, la combinaison du progrès génétique augmentant et surtout stabilisant les résultats techniques (rendement, qualité) des cultures à différentes techniques, permet de développer des stratégies de gestion des systèmes de culture répondant aux attentes des agriculteurs en termes de rendement et qualité, et *in fine* d'intérêt économique. L'aide supplémentaire aux protéagineux mise en place en 2010 dans le cadre de la PAC a permis un doublement de la surface en protéagineux en Bourgogne en l'espace d'un an (entre 2009 et 2010). Le maintien d'un tel levier permettrait de garantir un maintien de l'offre en production. Pour cela, 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 comme sa traçabilité assurée, ses qualités nutritionnelles, sa nature non OGM et ses 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.

Des filières telles que la filière viande blanche de qualité, une filière biologique ou des transformations en direction de l'alimentation humaine ont été identifiées comme des débouchés potentiels, attractifs par la valeur ajoutée qu'ils apporteraient à des protéagineux produits en Bourgogne sous réserve de l'engagement réel et à moyen terme des acteurs économiques de la filière.

Une meilleure espérance de rendement des idéotypes de variétés précoces ou demi-précoces pour la région

Les travaux agronomiques en amont du diagnostic ont permis de proposer une estimation de la date d'initiation florale du pois sur la base de sommes de températures. Nous avons également paramétré pour le pois un modèle d'estimation de la résistance au gel hivernal. Sur la variété témoin de pois d'hiver Isard, nous avons obtenu un diagnostic assez explicatif des variations du rendement, avec 6 facteurs limitants identifiés. L'évaluation des risques climatiques a conduit à mettre clairement en évidence une rupture dans l'évolution des températures en 1987 : à partir de cette année, on constate une augmentation régulière significative de la température moyenne annuelle de 0,5°C tous les 10 ans (Figure 3), 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).

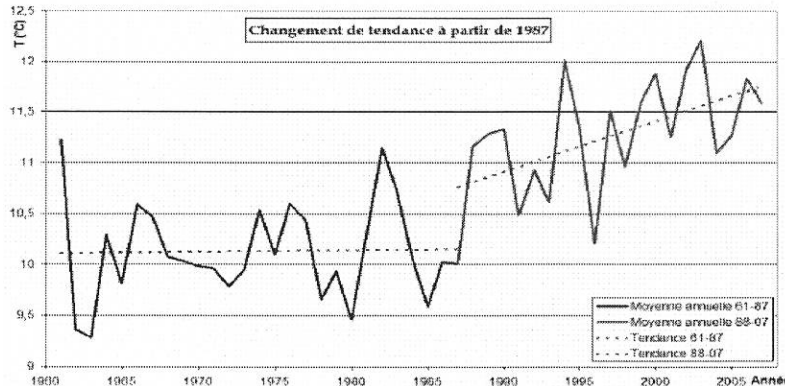


Figure 3. Evolution des températures moyennes annuelles en Bourgogne de 1961 à 2007 (Cuccia, 2008).

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, qui 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 4). 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.

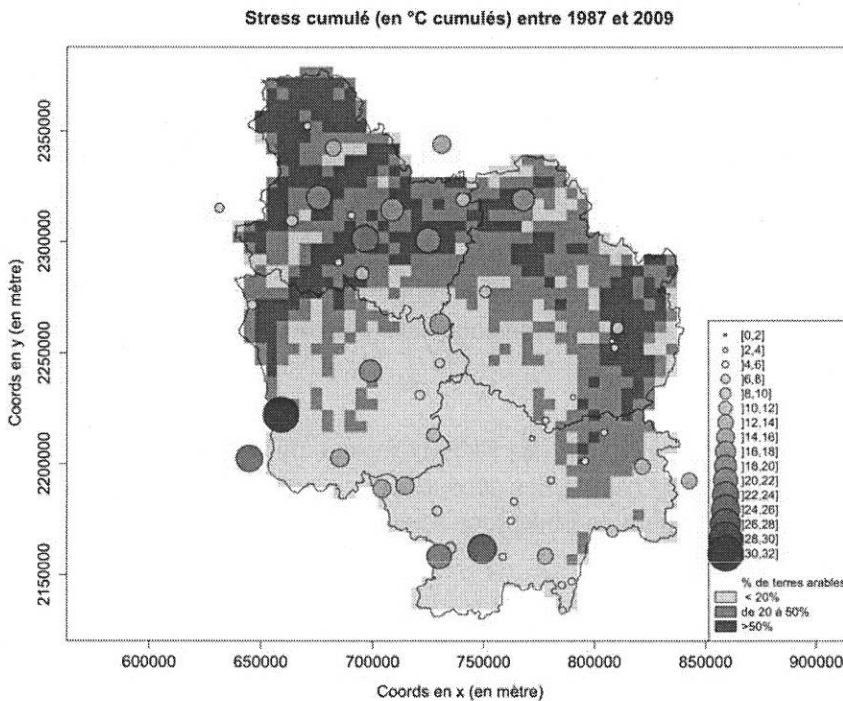


Figure 4. Cartographie des risques de gel hivernal pour les pois d'hiver en Bourgogne, obtenue en croisant des statistiques climatiques sur une maille fine avec un modèle d'estimation des dégâts de gel.

Le modèle de culture Afisol (Vovanson, 2006) qui permet la simulation de la production, apparaît plus fiable en pois de printemps et son adaptation au pois d'hiver est travaillée. Il nous a permis de montrer qu'en terme d'idéotypes, les variétés précoces (sur 3 sites) ou demi-précoces (site de Nevers) apportent une meilleure espérance de rendement. Nous pouvons aussi proposer un positionnement des variétés de féverole sur la

base des cartographies de risques et estimations de potentiel de production dans différentes zones de Bourgogne.

Intérêt agronomique, énergétique, environnemental et économique des systèmes de culture avec protéagineux en Bourgogne

L'évaluation multicritère de 27 systèmes de culture (SdC) bourguignons avec et sans protéagineux confirme l'intérêt du précédent pois ou féverole, comme démontré par Schneider et al. (2010), avec un gain de rendement observé (Dumas, 2009 ; Mabire, 2010 ; Payot, 2011).

Dans la majorité des SdC avec protéagineux, l'étude montre des consommations énergétiques moindres (Figure 5) et une balance azotée plus équilibrée. Ceci s'explique par la réduction des apports d'engrais azotés sur le protéagineux et la culture suivante. Ce travail a permis d'identifier aussi des marges de manœuvre pour améliorer cette balance dans les cas encore actuels de surfertilisation ou de non optimisation des apports par rapport aux potentiels de rendement visés.

L'introduction de protéagineux dans les systèmes de culture, en diversifiant la rotation, modifie les stratégies de protection des cultures et n'induit pas d'augmentation du recours aux produits phytosanitaires. D'autre part, la rentabilité économique reste égale entre SdC avec ou sans protéagineux, quel que soit le scénario de prix des productions, des engrais ou des produits phytosanitaires. A partir du diagnostic et de l'évaluation multicritère des SdC étudiés, un groupe de travail associant des conseillers en productions végétales des Chambres d'Agriculture a proposé des évolutions des SdC avec protéagineux afin d'améliorer leurs performances économiques et environnementales (vis-à-vis de la balance azotée, de l'impact des pertes d'azote évalué avec l'indicateur IN d'Indigo (Bockstaller et al., 2008) et des risques d'impacts des phytosanitaires).

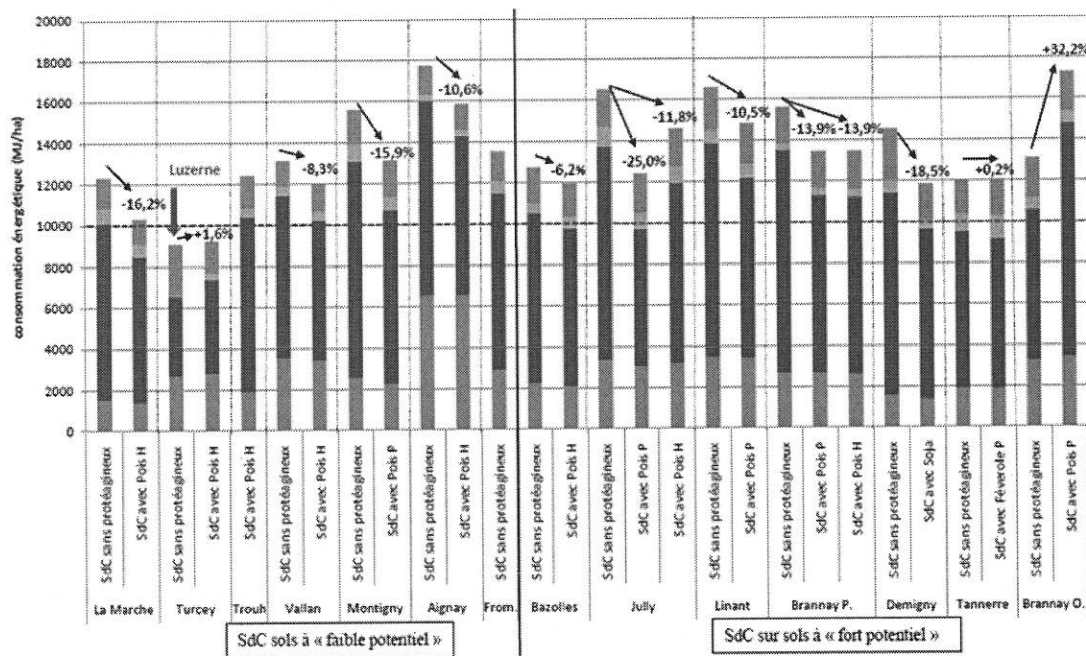


Figure 5. Consommation énergétique de 27 systèmes de culture bourguignons avec et sans protéagineux.

L'analyse des performances environnementales de système de culture avec/sans pois a été complétée sur un sous-échantillon par la réalisation d'ACV avec la méthode SALCA (Nemecek et al. 2008). L'introduction d'un protéagineux dans les systèmes de culture apporte un bénéfice environnemental : les systèmes de culture avec protéagineux ont des impacts environnementaux inférieurs ou équivalents à ceux sans protéagineux, pour l'ensemble des impacts considérés (consommation d'énergie, effet de serre potentiel, formation d'ozone, eutrophisation et acidification potentielles, écotoxicité terrestre et aquatique et toxicité humaine) (Marette A., 2011). Ceci s'explique par la réduction de la dose moyenne d'azote apportée à l'échelle du SdC du fait de

l'introduction du protéagineux dans la succession culturale ; et une maîtrise des bioagresseurs assurée sans augmentation de la dépendance aux produits phytosanitaires. Ce bénéfice environnemental est d'autant plus intéressant qu'il est vérifié quelle que soit l'unité fonctionnelle considérée, c'est-à-dire pour un impact environnemental exprimé par ha cultivé ou par euro de marge brute pour l'agriculteur.

On considère en général que la décomposition des résidus de légumineuses pourrait s'accompagner d'une augmentation des émissions de N_2O (Huang *et al.*, 2004). Ainsi, Rochette *et al.* (2004) ont observé que les émissions de N_2O les plus fortes dans un système de culture avec soja, avaient lieu après la récolte, ce qui souligne l'importance de l'étape de décomposition des résidus dans les flux de N_2O . Nous nous sommes donc intéressés aux émissions de N_2O au cours de la décomposition des résidus de pois en comparaison avec des résidus de céréales, en partant de l'hypothèse que les émissions de N_2O au cours de la décomposition des résidus de pois étaient supérieures à celles au cours de la décomposition des résidus de céréales. Au cours de cette étude, nous avons mesuré les émissions de N_2O par des sols cultivés au cours de la période de décomposition des résidus de culture. L'étude a été conduite sur 2 fermes situées en Bourgogne, la ferme du lycée agricole de Tart le Bas (21) et une ferme située à July (89). Sur chacune de ces parcelles, nous avons réalisé un suivi des émissions de N_2O , au cours des étés 2009 et 2010 pour la situation de Tart le Bas et au cours de l'été 2010 pour la ferme de July (Figure 6). A l'exception de la 1^{ère} mesure réalisée en 2009 à Tart-le-Bas (Côte d'Or, France), les émissions mesurées après récolte sur parcelle cultivée en pois n'ont jamais été supérieures à celles mesurées sur céréales, ce qui invalide donc l'hypothèse selon laquelle les résidus d'une culture de protéagineux, induiraient des rejets supérieurs de N_2O dans l'atmosphère.

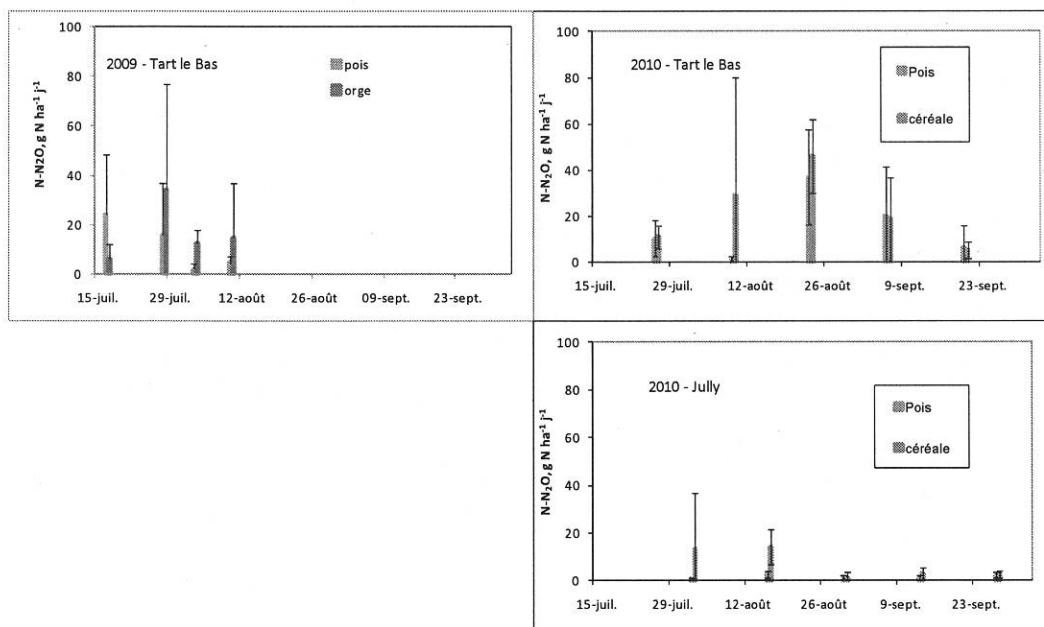


Figure 6. Emissions de N_2O mesurées sur des cylindres de sol non remanié et maintenu dans les conditions *in situ* pour les trois situations de Tart-le-Bas (21) 2009 et 2010, et July (89) 2010.

Conclusions

Ces références acquises sur les protéagineux en territoire bourguignon montrent leur intérêt économique et environnemental et révèlent un bon potentiel de rendement avec les nouvelles variétés d'hiver. En analysant et en mettant en valeur les résultats économiques à l'échelle globale du système de culture (et pas uniquement culture par culture), nos résultats soulignent les intérêts de ces cultures, dès lors que l'on raisonne en pluriannuel et en prenant en compte les impacts environnementaux.

Le développement des protéagineux ouvre une voie de diversification et d'innovation dans les systèmes de culture pour atteindre les objectifs et résultats attendus par les agriculteurs et pour contribuer à améliorer les performances de durabilité des systèmes.

Un potentiel d'utilisation locale de protéagineux existe déjà dans les filières des viandes blanches et de l'agriculture biologique, qui certainement peuvent s'amplifier grâce aux innovations technologiques en cours, notamment dans le domaine des variétés de protéagineux d'hiver, et se sécuriser en volumes et prix par la contractualisation, sous réserve d'un réel engagement et d'actions concrètes des acteurs économiques.

Une large diffusion des références acquises sur protéagineux, et sur les systèmes de culture avec protéagineux, et un bon inter interfacement des acteurs, seront parmi les leviers nécessaires pour développer une production durable et l'utilisation des protéagineux en Bourgogne.

3. Références bibliographiques

- 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.
- Coulon C. (2009). Etude la filière protéagineuse en Bourgogne, analyse des freins au développement et observations des leviers permettant de relancer la filière. Sous la direction de S Blancard et A Leseigneur, *AgroSup Dijon, Mémoire de fin d'études ingénieur*, 45 p.
- Cuccia C. (2008). Changements climatiques observés en Bourgogne depuis 1961 : Etude des variations de températures et de précipitations. *Mémoire de Master Recherche Géobiosphère*, Université de Bourgogne, 52 p.
- 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 ». Sous la direction de S. Blancard, *AgroSup Dijon, Mémoire de fin d'études ingénieur*, 75 p.
- Duc G, Blancard S, Hénault C, Lecomte C, Petit M-S, 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
- Dumas M. (2009). Evaluation multicritère et globale de systèmes de culture avec et sans protéagineux dans les exploitations bourguignonnes. *Agro campus Ouest, Mémoire de fin d'études ingénieur*, 133 p.
- Huang Y., Zou, J., Zheng X., Wang Y., Xu X., 2004. Nitrous oxide emissions as influenced by amendment of plant residues with different C:N ratios. *Soil Biology and Biochemistry* 36, 973-981.
- Lecomte C. (2005). *Thèse de Docteur-Ingénieur de l'INAPG*, 174 p. + Annexes.
- Lecomte C, Prost L, Gauffreteau A (2009). Présentation d'une méthode pour améliorer la connaissance des aptitudes variétales, intérêt des modèles, besoins de développements nouveaux. *Innovations Agronomiques* 7: 105-119.
- Mabire J-B. (2010). Evaluation multicritère de systèmes de culture bourguignons avec et sans protéagineux. *Agrosup Dijon, Mémoire de fin d'études ingénieur*, 60 p.
- Marette A. (2011). Les protéagineux dans les systèmes de culture bourguignons : quels impacts sur l'environnement ? *Mémoire de fin d'études ingénieur, Institut Polytechnique Lasalle Beauvais*, 54 p.
- Nemecek, T., von Richthofen, J.S., Dubois, G., Casta, P., Charles, R., Pahl, H. (2008). Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *Eur. J. Agron.* 28, 380-393.
- Payot B. (2011). Etude « Evaluation multicritère de SdC avec et sans protéagineux » Mise en évidence de marge de progrès acceptables. *SupAgro Montpellier 2011*, 100 p.
- Richard Y, Bois B, Castel T, Cuccia C, Deconninck MC, Doll D, Lecomte C, Monamy C, Thévenin D, Villery J, Xu Y (2010). Le changement climatique en Bourgogne : observations, simulations, impacts. *Présentation au Colloque de la LDH, AgroSup-Dijon*, 5 mars 2010.

- Rochette P., Angers D., Bélanger G., Chantigny M., Prévost D., Lévesque G., 2004. Emissions of N₂O from alfalfa and soybean crops in Eastern Canada. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 493-506.
- Sadok W., Angevin F., Bergez J.-E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T. (2008a). Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: guidelines for identifying relevant multi-criteria decision aid methods, *Agron. Sustain. Dev.* 28 1, 163-174.
- Sadok W., Angevin F., Bergez J.E, Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Messéan A. and Doré T. (2008b). MASC: a qualitative multi attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development*.
- Schneider A., Flénet F., Dumans P., Bonnin E., De Chezelles E., Jeuffroy M-H., Hayer F., Nemecek T., Carrouée B. (2010). Diversifier les rotations céréalières notamment avec du pois et du colza – Données récentes d'expérimentations et d'études, *OCL* vol. 17 n°5 septembre – octobre 2010.
- Vocanson A. (2006). *Thèse de Docteur-Ingénieur de l'INAPG*, 248 p. + Annexes.
- Vocanson A, Jeuffroy MH, Roger-Estrade J, 2006. *Plant and soil* 283: 339-352