

MÉMOIRE

Présenté par : BOUVIALA Marion

Dans le cadre de la **dominante d'approfondissement** : Production et Innovation dans les Systèmes Techniques Végétaux (PISTv)

Stage effectué du : 05/03/2012 au 14/09/2012

À :

Arvalis – Institut du Végétal

Pôle Economie-Systèmes

Service Agronomie, Economie, Environnement

Station expérimentale

91720 Boigneville

Sur le **thème** :

Produire des légumineuses à graines biologiques pour l'alimentation animale

Evaluation multicritère de rotations céréalières à partir de sept cas-types régionalisés

Pour l'obtention du :
DIPLOME D'INGÉNIEUR D'AGROPARISTECH
Cursus ingénieur agronome
et du **DIPLÔME D'AGRONOMIE APPROFONDIE**

Enseignante responsable de stage : Geneviève DAVID

Maîtres de stage : Jean-François GARNIER, Marc BERRODIER

Soutenu le : 26/09/2012

Mémoire de fin d'études

Produire des légumineuses à graines biologiques pour l'alimentation animale

Evaluation multicritère de rotations céréalières à partir de sept cas-types régionalisés



Par Marion BOUVIALA
Promotion 183

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'AgroParisTech, cursus ingénieur agronome
et du diplôme d'agronomie approfondie

–
Septembre 2012

Enseignant responsable :
Geneviève DAVID

Maîtres de stage :
Jean-François GARNIER
Marc BERRODIER

Remerciements

Le travail présenté dans ce document est le fruit de nombreux échanges qui l'ont rendu particulièrement enrichissant tant sur le plan professionnel que personnel. C'est pourquoi je tiens à remercier toutes les personnes qui y ont contribué.

Je remercie tout d'abord Jean-François GARNIER et Marc BERRODIER pour m'en avoir confié la réalisation, pour leur aide précieuse et l'autonomie qu'ils m'ont laissée durant ces six mois.

Je remercie également l'ensemble des personnes sans qui cette étude n'aurait pas été possible : l'ensemble des partenaires du projet ProtéAB et plus particulièrement Stanislas LUBAC, Laurence FONTAINE, Véronique BIARNES, Isabelle CHAILLET, Renan MAURICE, Jean CHAMPION, Patrice COTE, Loïc PRIEUR, Jean-Pierre GOURAUD, Gaétan JOHAN et Jean ARINO pour leur conseils et leur expertise. Je n'oublie pas non plus les agriculteurs rencontrés lors de mes déplacements pour leur accueil et le temps qu'ils m'ont accordé.

Mes remerciements vont également à mes collègues du service SAE pour leurs conseils avisés tout au long de ce stage et à l'ensemble des personnes que j'ai eu la chance de rencontrer à Arvalis pour leur accueil chaleureux.

Et pour finir, un grand merci à tous les stagiaires et CDD de Boigneville pour l'extraordinaire ambiance des six mois passés ici.

Tables des matières

Introduction.....	1
Partie I : Contexte et enjeux du développement des légumineuses à graines en France	2
I.1. L'origine du déficit en protéines européen et les conséquences possibles du passage à 100% d'aliments biologiques dans les rations monogastriques	2
I.2. Les légumineuses à graines en Agriculture Biologique en France	3
I.3. Le projet CASDAR « ProtéAB ».....	4
I.4. La problématique du stage	5
Partie II : Méthode de conception des cas-types	5
II.1. Pourquoi utiliser des cas-types pour cette étude ?	5
II.2. Choix des régions étudiées	5
II.3. Méthode de conception des cas-types	6
II.4. Les références utilisées pour la construction des cas-types.....	7
II.5. Les hypothèses de travail	7
II.6. Présentation des cas-types ProtéAB.....	8
II.5.1. Cas-type Bretagne	8
II.5.2. Cas-type Bourgogne 1	9
II.5.3. Cas-type Bourgogne 2	9
II.5.4. Cas-type Midi-Pyrénées.....	10
II.5.5. Cas-type Pays de la Loire	10
II.5.6. Cas-type Poitou-Charentes.....	11
II.5.7. Cas-type Rhône-Alpes.....	11
II.6. Caractérisation des cas-types	12
II.7 Présentation du logiciel Systerre®	13
Partie III : Calcul et analyse des indicateurs technico-économiques et environnementaux.....	14
II.1. Performances économiques des rotations	14
II.1.1. Charges engagées à la rotation	14
II.1.2. Les marges : indicateurs de rentabilité	15
II.1.3.1 Marges à la culture.....	16
II.1.3.2 Marges nettes à la rotation.....	16
II.1.3.3. Marges nettes à l'exploitation.....	17
III.1.3. Les indicateurs d'autonomie de l'exploitation	18
III.1.3.1 Le poids des intrants.....	18
III.1.3.2 La dépendance aux aides.....	18
III.2. Les résultats économiques des légumineuses à graines	19
III.2.1. Les marges nettes des légumineuses à graines par rapport aux marges nettes des rotations	19
III.2.2 Les coûts de production et les prix d'intérêts : indicateurs de compétitivité.....	19
III.2.3. L'effet précédent des légumineuses	21

III.3. Les indicateurs techniques.....	22
III.3.1. La consommation de carburant des rotations	22
III.3.2. Le temps de travail	23
III.4. Impacts environnementaux des rotations	24
III.4.1. Les émissions de gaz à effet de serre (GES)	24
III.4.2. Les consommations d'énergie primaire	24
III.4.3. Le bilan des minéraux N, P et K	25
III.5. Prise en compte de la variabilité du contexte de production.....	26
III.5.1. Augmentation du prix des intrants énergétiques.	26
III.5.2. Variations des prix de vente des cultures	28
III.5.3. Variations des rendements	28
Conclusion Intermédiaire	29
Partie IV : Quelles sont les marges de manœuvre pour développer les légumineuses à graines dans les régions étudiées ? Mise en place de simulations sur les rotations.....	29
IV.1. Quelles légumineuses à graines sont les mieux adaptées aux différentes rotations ?	29
IV.1.1. Le Lupin : peu compétitif par rapport aux adventices	29
IV.1.2. La féverole : la plus cultivée en AB.....	30
IV.1.3. Le pois protéagineux en pur : des rendements très aléatoires	30
IV.1.4. Les associations céréales – protéagineux : un itinéraire technique allégé	31
IV.1.5. Le soja : des prix de vente élevés	31
IV.1.6. Conception des nouvelles rotations.....	31
IV.2. Les performances économiques des simulations.	33
IV.2.1. Effet de l' augmentation de la part de légumineuses à graines sur les performances économiques des rotations.	33
IV.2.2. Effet de la substitution d'une légumineuse à graines par une autre sur les performances économiques des rotations.	33
IV.2.3. Effet de l'introduction des légumineuses à graines dans les rotations sur le temps de travail	34
IV.2.4. Effet de l'introduction des légumineuses à graines dans les rotations sur l'émissions de gaz à effet de serre	34
IV.2.5. Effet de l'introduction des légumineuses à graines dans les rotations sur la sensibilité à l'augmentation du prix des intrants énergétiques.....	35
IV.5. La concurrence avec l'alimentation humaine	36
IV.5.1. Un soja cultivé pour l'alimentation animale serait-il aussi rentable qu'un soja pour l'alimentation humaine ?	36
IV.5.2. La compétition avec d'autres légumineuses à graines. Exemple de la lentille en Rhône-Alpes	37
Partie V : Discussion, limites et perspectives de l'étude	38

V.1. Quels leviers pour développer la culture des légumineuses à graines biologiques en France ?	38
V.1.1. Diminuer les coûts de production = diminuer les charges ou augmenter les rendements..	38
V.1.1.1. <i>Les charges de mécanisation comme levier d'action</i>	39
V.1.1.2. <i>Augmenter ou régulariser les rendements ?</i>	39
V.1.2. Augmenter les prix de vente des légumineuses à graines	40
V.1.3. Augmenter les surfaces en grandes cultures biologiques.....	41
V.1.4. Contractualiser	41
V.2 Limites et perspectives de l'étude	42
V.2.1. Limites de l'étude et améliorations méthodologiques possibles	42
V.2.1.1. <i>Les limites du logiciel Systeme®</i>	42
V.2.1.2. <i>Les limites des cas-types et des simulations</i>	42
V.2.2. Quelques pistes pour aller plus loin	43
Conclusion générale	45
Références bibliographiques	46
Liste des figures	49
Liste des tableaux	50
Liste des abréviations	51
Liste des annexes.....	52

Introduction

Motivés par une demande croissante de la consommation, les produits biologiques occupent aujourd'hui une place à part entière dans le secteur agricole. Une prise de conscience de la part des consommateurs comme des producteurs, après des scandales alimentaires et des dégradations environnementales, ont appuyé le développement et la croissance de l'Agriculture Biologique (AB). En 2008, elle a connu un tournant notamment sous l'impulsion du Grenelle de l'Environnement qui prévoyait de tripler les surfaces biologiques en France, c'est-à-dire de passer de 2% de la SAU en AB à 6% en 2012.

Après une phase de stabilisation des conversions entre 2003 et 2008, les années 2009 et 2010 ont vu une augmentation sensible des surfaces agricoles biologiques. En 2010, 20 604 exploitations étaient engagées dans cette démarche (+25% par rapport à 2009 et +55% par rapport à 2008) soit 4% des fermes françaises, recouvrant 845 440 ha soit 3,09% de la SAU française. (Agence Bio, 2011a). En comparaison avec d'autres pays européens, les surfaces françaises restent toutefois relativement faibles. Au sein de l'Union Européenne à 27, 8,6 millions d'hectares étaient en bio fin 2009. En 2009, l'Espagne était le premier pays européen avec plus de 1 600 000 ha convertis en AB, juste devant l'Italie. Avec l'Allemagne, ces trois pays concentraient 43% des surfaces biologiques européennes (Agence Bio, 2011b).

Côté élevage, les filières biologiques monogastriques (notamment volailles de chair et poules pondeuses) ont une dynamique de développement importante dans certaines régions françaises : 923 élevages de poules pondeuses biologiques et 586 élevages de poulets de chair étaient présents en France en 2010, soit 5,3 et 5,7% du cheptel national. Cela représente une augmentation de, respectivement, 15 et 18% par rapport à l'année précédente. (Agence Bio, 2011e). Mais cette dynamique n'est pas toujours suivie par les conversions de surfaces en grandes cultures qui seraient pourtant nécessaires à l'alimentation de ces animaux. En bio, comme en conventionnel, la France et l'Europe sont fortement dépendantes des importations de protéines pour l'alimentation animale. En conventionnel, l'Union Européenne importe pour ses élevages près de 80% de ses besoins en protéines, soit l'équivalent de 40 millions de tonnes de tourteaux de soja, principalement en provenance du continent américain. La France, quant à elle, est dépendante de ses importations à hauteur de 45% (Commission de l'Agriculture et du Développement Rural du Parlement Européen, 2011).

A partir du 1^{er} janvier 2012, la réglementation prévoyait l'interdiction d'incorporer en Agriculture Biologique des matières premières d'origine conventionnelle dans l'alimentation des monogastriques, même à faibles doses. Avant 2010, 10% de matières premières conventionnelles étaient autorisées. Une dérogation a été mise en place pour laisser le temps aux agriculteurs et aux filières de trouver des solutions : 5% de matières premières conventionnelles sont encore autorisées jusqu'au 1^{er} janvier 2015. Or les matières premières conventionnelles utilisées sont des matières premières riches en protéines, tels que le gluten de maïs et les concentrés protéiques de pomme de terre, qui n'ont aujourd'hui pas d'équivalent en bio. Avec le passage à 100% d'aliments biologiques dans les rations, le déficit protéique français pour l'Agriculture Biologique a été estimé à 20 000 t de Matières Azotées Totales en 2009 (Dupetit, 2011). Un des nouveaux défis de l'élevage bio est de s'adapter à cette évolution en garantissant une formulation équilibrée des aliments à un coût abordable et en privilégiant un approvisionnement local, sans toutefois pénaliser la compétitivité des élevages français.

Développer la culture des légumineuses à graines (LG) biologiques en France pourrait être une solution pour s'adapter à la fois à l'évolution de la réglementation sur l'alimentation animale et combler, au moins en partie, le déficit en protéines biologiques dans les élevages. L'étude présentée dans ce rapport analyse l'impact du développement des légumineuses à graines, plantes riches en protéines, sur des exploitations de six régions françaises pour lesquelles l'Agriculture Biologique est bien implantée. Dans un premier temps, nous présenterons les sept cas-types régionalisés et leur méthodologie de conception, cas-types qui permettront ensuite de calculer des indicateurs technico-économiques et environnementaux à la culture et à la rotation. Nous discuterons également de la sensibilité de ces rotations face à la variabilité du contexte de production. Puis, dans un troisième temps, nous testerons des variantes possibles de rotations en introduisant des légumineuses à graines pour étudier l'impact de l'augmentation de la part de légumineuses à graines sur quelques indicateurs technico-économiques et environnementaux. Dans une dernière partie, nous présenterons les limites de cette étude ainsi que les perspectives qu'elle soulève.

Partie I : Contexte et enjeux du développement des légumineuses à graines en France

1.1. L'origine du déficit en protéines européen et les conséquences possibles du passage à 100% d'aliments biologiques dans les rations monogastriques

80% de la consommation de l'Union Européenne en oléo-protéagineux sont importés chaque année (Commission de l'Agriculture et du Développement Rural du Parlement Européen, 2011). En 2009, les Fabricants d'Aliments pour le Bétail avaient produit environ 123 000t d'aliments pour les monogastriques. 15 000t de tourteaux de soja avaient été importés pour être incorporés dans ces rations. Même s'il est difficile de se procurer les chiffres exacts, la dépendance aux tourteaux de soja est moins importante en Agriculture Biologique qu'en conventionnel.

Ces déficits significatifs en oléo-protéagineux remontent aux négociations internationales et politiques qui ont eu lieu après la Seconde Guerre Mondiale. Les accords du « Dillon Round » entre 1960 et 1962 avec les Etats Unis autorisent la Communauté Européenne à protéger sa production céréalière (1962 est la date d'entrée en vigueur de la PAC) en échange de la libre circulation du soja américain. En 1973, suite à une catastrophe climatique, les Etats-Unis posent un embargo sur leurs exportations de soja. La dépendance au soja importé et la vulnérabilité du système d'élevage européen sont mises en lumière. Un « plan protéines » est alors mis en place dès 1974 au niveau communautaire, il permettra d'augmenter la couverture des besoins en protéines de 19% à 69% dans les années 1990 (Dupetit, 2011). Mais les Etats-Unis continuent d'attaquer l'Union Européenne sur les effets néfastes de la politique protectionniste de la PAC : en 1992, avec les accords de Blair House, l'UE accepte de réduire ses surfaces en oléo-protéagineux.

Lors des accords de Berlin en 1999 et des réformes successives de la PAC entre 1999 et 2003, l'alignement progressif sur trois ans des aides aux cultures oléo-protéagineuses sur celles aux céréales s'est traduit par une baisse de près de 10% de ces surfaces et donc d'une baisse de la production de protéines végétales. (Confédération Paysanne, 2002). Cela finit de désintéresser les agriculteurs de la culture des oléo-protéagineux. Au même moment, suite à divers scandales sanitaires (le plus 'célèbre' étant celui de la crise de la « Vache folle » en 1996), l'utilisation de farines animales comme sources de protéines est interdite dans l'alimentation du bétail. La dépendance au tourteau de soja s'accroît encore.

La culture des oléo-protéagineux s'est donc retrouvée dans une situation désavantageuse : d'un point de vue strictement économique, les agriculteurs n'avaient pas intérêt à les cultiver mais plutôt à les importer. Les surfaces en protéagineux ont par conséquent fortement diminué. Les agriculteurs et les organismes de collecte et de transformation ont perdu tout intérêt pour ces cultures et par la même occasion les connaissances pratiques les concernant (conduite, stockage, valorisation, etc.). La recherche européenne dans le domaine de la sélection végétale a également sensiblement baissé : le nombre de programmes de recherche sur les protéines végétales mené dans l'Union Européenne est passé de cinquante en 1980 à quinze en 2010, ce qui a entraîné un faible niveau d'innovations et d'adaptations régionales des cultures de protéagineux en Europe (Commission de l'Agriculture et du Développement Rural du Parlement Européen, 2011).

Le passage au 100% bio pour l'alimentation des monogastriques pose un double problème : l'équilibre des rations et la disponibilité des matières premières biologiques. La matière première riche en protéines « parfaite », qui pourrait remplacer les matières premières riches en protéines conventionnelles utilisées dans les rations, n'existe pas. Celle qui s'en rapproche le plus est le tourteau de soja, car il est riche en protéines et équilibré en acides aminés essentiels. Une enquête réalisée en 2011 auprès des Fabricants d'Aliments pour le Bétail (FAB) a permis de recenser les principales craintes de l'interprofession (Dupetit, 2011, et ANDi, 2010) :

- Baisse des performances techniques en porc et en volaille.
- Apport supplémentaire de tourteau de soja bio dans les formulations.
- Augmentation des prix du soja bio tracé et tension sur les volumes (ou opportunité de développement pour cette légumineuse à graines ?).
- Hausse des prix de l'aliment (de 1 à 12% selon les FAB interrogés avec une moyenne de 5%).
- Augmentation des coûts de production et donc du prix payé par le consommateur.

Les conséquences du passage à 100% d'aliments biologiques dans les rations risquent donc de se répercuter sur l'ensemble des filières bios, les producteurs et les consommateurs.

1.2. Les légumineuses à graines en Agriculture Biologique en France

Dans la réglementation européenne, le terme "protéagineux" désigne trois groupes de cultures dont les graines sont récoltées sèches à maturité : le pois (*Pisum sativum*), la féverole (*Vicia faba*) et trois espèces de lupin doux : le lupin blanc (*Lupinus albus*), le lupin bleu (*Lupinus angustifolius*) et le lupin jaune (*Lupinus luteus*) (Dupetit, 2011). Le soja se classe un peu à part : bien qu'étant une légumineuse, il produit de l'huile, ce qui fait qu'il est classé parmi les oléo-protéagineux. Le colza et le tournesol, bien que produisant aussi des protéines, ne sont pas classés dans les protéagineux mais dans les oléagineux stricts puisque ce ne sont pas des légumineuses. Dans cette étude, nous nous intéresserons donc seulement au pois, à la féverole, au lupin, au soja et aux associations céréales-protéagineux.

En 2010, sur les 845 440 ha cultivés en France selon le mode de production biologique, 60% étaient des surfaces toujours en herbe ou des cultures fourragères et seulement 20% étaient couverts par des grandes cultures. Les céréales en représentaient 77%, les oléagineux 14% et les protéagineux seulement 9% (Agence Bio, 2011a). Plus de 60% de la collecte de protéagineux s'est effectuée dans le Centre et le Sud-Ouest. Les légumineuses à graines les plus produites en 2010 sont :

- la féverole avec 10 916 ha, essentiellement cultivée dans la moitié nord de la France où l'itinéraire technique est bien maîtrisé. Elle demeure cependant très aléatoire dans la moitié sud.
- le soja : 7 644 ha, principalement dans la partie sud de la France. Les rendements du soja sont bons et réguliers lorsque le désherbage est bien maîtrisé et la parcelle irriguée.
- et enfin le pois : 4 351 ha. Un des principaux facteurs limitant le développement du pois protéagineux cultivé en pur est la difficulté du désherbage. Cela peut être résolu si il est cultivé en association avec une céréale.

Si les surfaces d'associations céréales-protéagineux sont plus difficiles à estimer, car majoritairement autoconsommées, elles n'en demeurent pas moins importantes : 5 400 ha en 2010. Le lupin, mal connu, est cultivé de façon beaucoup plus anecdotique (293 ha en 2010), il a des rendements faibles en raison de son peu de compétitivité vis-à-vis des adventices et de sa sensibilité aux maladies. Un des points communs aux légumineuses à graines est leur forte irrégularité de rendement (CapBio Bretagne, 2004 ; Dupetit, 2011 ; Alain Daguzand, Agriculteur dans le Gers, communication personnelle).

Les légumineuses à graines ont néanmoins des avantages certains dans les rotations. En Agriculture Biologique, les rotations sont une des clés de la réussite du système de production. Elles permettent de :

- **gérer la fertilité des sols** grâce à l'insertion de légumineuses pour précéder des cultures exigeantes en azote, à la succession de cultures dont l'exigence en azote diminue (blé > céréale secondaire > tournesol), à l'utilisation de couverts végétaux (moutarde, trèfle,...)
- **gérer l'enherbement** grâce à des cultures naturellement nettoyantes comme le sarrasin, à des légumineuses fourragères ou des prairies temporaires fauchées régulièrement, à des cultures semées à grand écartement pour être binées, à une certaine diversité des cultures pour ne pas sélectionner une famille d'adventices, ...
- **gérer les bioagresseurs** grâce à l'alternance des familles de plantes, à l'alternance des dates de semis (printemps-hiver), au respect du délai de retour des plantes,...
- **améliorer la structure du sol** grâce à des plantes avec des systèmes racinaires variés qui explorent des horizons de sols différents

Les légumineuses ont des avantages certains à la fois dans les rotations céréalières et dans les systèmes d'élevage. Elles ont par exemple la capacité de fixer l'azote (N) atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium* présentes dans leurs nodosités. Cette fixation atmosphérique représente 70 à 80% de la nutrition azotée des légumineuses, les 20 à 30% restants venant de l'assimilation de l'azote minéral. (ITAB, 2011). En plus des **économies directes de fertilisants**, les légumineuses sont **d'excellents précédents** pour des cultures exigeantes comme le blé : la féverole restitue de l'ordre de 70 kg de N/ha, soit 67% des besoins d'un blé à 35 q/ha (ITAB, 2009). Le soja, lui, libère de l'ordre d'une trentaine de kilos d'azote pour la

culture suivante (Dupetit, 2011). Les légumineuses ont aussi un effet bénéfique sur la **structure du sol** grâce un système racinaire bien développé (PROLEA-CETIOM, 2002 ; Patrice Renard, communication personnelle). Ces cultures, qui ont un intérêt indiscutable dans les rotations, sont **riches en protéines** (24% de la matière sèche pour le pois, 29% pour la féverole, 35% pour le lupin (PROLEA, 2009)) et ont leur place aussi bien dans l'alimentation des ruminants que dans celle des monogastriques (InterBio Bretagne, 2009).

I.3. Le projet CASDAR « ProtéAB »

C'est dans le contexte d'évolution réglementaire vu précédemment qu'InterBio Bretagne a déposé le projet « ProtéAB », dont l'objectif est de développer les légumineuses à graines en Agriculture Biologique afin de sécuriser les filières animales monogastriques et de diversifier les systèmes de cultures. D'une durée de trois ans, cette initiative est soutenue financièrement par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche par l'intermédiaire du Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural (CAS DAR). La problématique de l'étude est de savoir si l'augmentation des surfaces en légumineuses à graines biologiques serait en mesure de réduire, voire combler, à long terme le déficit en matières premières riches en protéines de l'élevage français biologique.

Six régions sont partenaires du projet (Bourgogne, Bretagne, Midi-Pyrénées, Pays de la Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes, ...) ainsi que plusieurs instituts techniques (ITAB, ARVALIS - Institut du Végétal, UNIP, IFIP, ITAVI, ...), des Chambres d'Agriculture (Drôme, Yonne, Pays de la Loire, ...) et des organisations professionnelles (AgroBio 35, AgroBio Poitou-Charentes, InterBio Bretagne, ...). Ce projet comporte trois volets complémentaires :

- **Volet 1 – Identifier les besoins des filières animales biologiques et les potentialités de production en légumineuses à graines biologiques**
 - o Détermination des besoins et potentialités de productions dans plusieurs zones pédoclimatiques

- **Volet 2 – Mieux connaître les facteurs de réussite, de la production des légumineuses à graines et proposer la formulation d'aliments 100% biologiques**
 - o Identification des espèces et variétés adaptées à divers contextes pédoclimatiques
 - o Mise au point d'itinéraires techniques et étude des bénéfices apportés par les légumineuses à graines au sein d'une rotation
 - o Elaboration de formulations à partir d'analyses d'échantillons et de la disponibilité des matières premières

- **Volet 3 – Evaluer les conséquences d'une augmentation de la part de légumineuses à graines biologiques dans les assolements**
 - o Impact du développement des légumineuses à graines sur les résultats économiques à l'échelle de l'exploitation et des filières

Le premier volet de ProtéAB réalisé en 2011 a permis de faire un état des lieux de l'offre en protéines végétales biologiques disponibles en France et de la demande des filières monogastriques biologiques. Le croisement des potentialités de production avec les besoins des filières animales doit permettre de déterminer les cultures riches en protéines qui semblent les plus intéressantes à développer par zone pédoclimatique pour accompagner la croissance des filières animales.

Dans le mémoire de fin d'études réalisé dans le cadre du Volet 1 de ProtéAB, le déficit en protéines biologiques françaises a été estimé à 20 000 tonnes en 2009 (Dupetit, 2011). Ce déficit, déjà important, risque de s'accroître encore avec le passage à une alimentation 100% bio pour les monogastriques. Cette étude a également réalisé un état des lieux des facteurs de réussite des protéagineux, de leurs facteurs limitant (biotiques et abiotiques), de leurs zones de production potentielles, ... Pour aller plus loin, il serait intéressant de passer à l'échelle supérieure et d'acquiescer des références sur l'intérêt des légumineuses à graines à

l'échelle de la rotation et de l'exploitation, et des marges de manœuvre dont nous disposons pour développer leur culture.

I.4. La problématique du stage

L'objectif de ce stage est d'évaluer l'impact du développement des légumineuses à graines sur les exploitations en agriculture biologique. Trois objectifs ont été définis :

- Acquérir des références sur les rotations en grandes cultures contenant des légumineuses à graines.
 - ⇒ Construction de cas-types dans les six régions partenaires.
- Calculer des indicateurs technico-économiques et environnementaux à la culture mais également à la rotation pour prendre en compte l'effet des cultures entre elles (alimentation en N, problèmes de désherbage,...), tester la sensibilité des rotations face à des variations de prix de vente des cultures, de rendements, de prix des intrants énergétiques, ...
 - ⇒ Evaluation multicritère avec le logiciel Systère® (outil informatique créé par ARVALIS - Institut du végétal permettant de calculer des indicateurs de durabilité des exploitations agricoles).
- Est-il possible d'augmenter la part de légumineuses dans les rotations ? Dans quelles rotations ? Quels sont les effets d'une telle augmentation sur les indicateurs technico-économiques et environnementaux des rotations ?
 - ⇒ Simulations sur les rotations précédemment mises en place, introduction de légumineuses, calcul des indicateurs

Partie II : Méthode de conception des cas-types

II.1. Pourquoi utiliser des cas-types pour cette étude ?

En agriculture biologique comme en conventionnel, il existe une très grande variabilité des pratiques dans une même zone (conduite des cultures, rendements, intrants,...). Cette variabilité s'explique souvent par des choix personnels des agriculteurs ou des situations particulières, voire des incidents. Afin de nous affranchir de cette variabilité, nous avons donc choisi de construire à dire d'experts, dans un contexte pédoclimatique et économique donné pour chaque zone, un cas-type sur la base de données régionales, tout en restant cohérent au maximum avec les opérations culturales, le potentiel de rendement, le précédent, ...

Ces cas-types sont donc des exemples de situations moyennes qui se veulent proches de la réalité, ils ne cherchent pas la représentativité statistique mais plutôt la cohérence technique de l'exploitation. Un autre avantage des cas-types est qu'en cas de manque de références, il est possible d'avoir recours à des hypothèses de travail à partir du moment où elles sont précisées, justifiées et cohérentes. Les cas-types répondent également à plusieurs objectifs en accord avec notre étude :

- En décrivant de manière synthétique la diversité des systèmes de production, ils nous permettent d'acquérir de nombreuses références technico-économiques aussi bien à la culture (les légumineuses à graines) qu'à la rotation.
- En complément des référentiels, ils peuvent servir de support à des études prospectives (test d'une nouvelle politique agricole, l'influence d'une variation de prix ou un accident sur une culture, une nouvelle culture, ...) ou permettre d'étudier des voies d'adaptation des exploitations dans un nouveau contexte (passage à 100% d'aliments biologiques dans les élevages) (Institut de l'Élevage, 2009).

II.2. Choix des régions étudiées

Comme précisé dans l'introduction, 3,09% de la SAU française et 4% des exploitations sont en Agriculture Biologique. Les chiffres nationaux cachent cependant une diversité très marquée entre les régions et les départements. En 2009, la région Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA) détenait le plus fort taux avec 10,5 % de sa SAU consacrée à l'Agriculture Biologique, tandis que la région Midi-Pyrénées comptabilisait les plus vastes surfaces en « bio » avec 105 499 ha. A l'échelle départementale, la Drôme reste en tête du classement avec

13,3% de SAU en AB. Près de la moitié des surfaces biologiques sont concentrées dans cinq régions : Midi-Pyrénées, Pays de la Loire, PACA, Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon. (Agence Bio, 2011d).

Les régions Bretagne, Pays de la Loire et Rhône-Alpes regroupaient 43% des élevages de poules pondeuses biologiques et près de deux tiers des effectifs. La région Pays de la Loire est la première région d'élevage de volailles de chair biologiques (1/3 de la production française). Elle est suivie par l'Aquitaine et Poitou-Charentes. La région Pays de la Loire est également la première région française pour le nombre de truies reproductrices en mode de production biologique, viennent ensuite la Bretagne, Poitou-Charentes et Midi Pyrénées (Agence Bio, 2011e). Six régions ont choisi d'être partenaires du projet ProtéAB : Bourgogne, Bretagne, Midi-Pyrénées, Pays de la Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes. Ce sont des régions dans lesquelles l'Agriculture Biologique est une thématique forte aussi bien pour le nombre de fermes engagées que pour les surfaces en AB.

II.3. Méthode de conception des cas-types

Une fois déterminé le contexte pédoclimatique et économique de l'exploitation (petite région agricole, type de sol, ...), la première étape consiste à définir la SAU de l'exploitation et sa main d'œuvre (figure 1). Par convention, la main d'œuvre de chaque cas-type est de 1 UTH. La SAU sera donc adaptée en fonction. Ensuite, il faut choisir les rotations. Ces rotations s'inscrivent dans un contexte précis : elles doivent être cohérentes avec les débouchés locaux (usine de déshydratation pour la luzerne, élevages pour les mélanges céréales-protéagineux, ...) et le contexte pédoclimatique ainsi qu'avec la surface et la main d'œuvre de l'exploitation type correspondante.

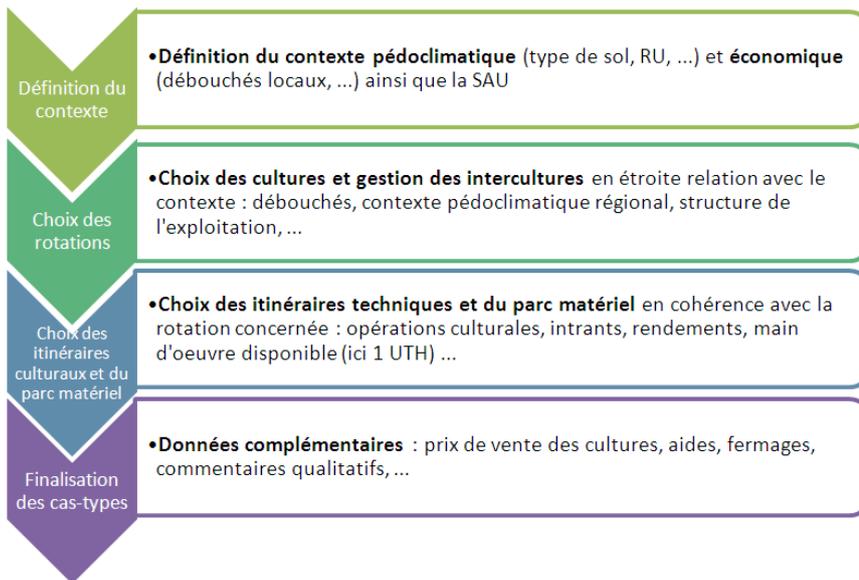


Figure 1 : Méthodologie de conception des cas-types (Source : Bonte, 2010).

Ensuite, les itinéraires techniques et les rendements sont déterminés pour chaque culture de la rotation. Les interventions culturales ainsi que les intrants utilisés diffèrent selon la culture, son précédent, le type de rotation dans laquelle se situe la culture, etc. Par exemple, dans une région d'élevage où la matière organique est facilement accessible et à moindre coût, les apports sur les cultures seront plus fréquents et en plus grandes quantités ; à l'inverse, dans des régions céréalières éloignées de tout bassin d'élevage, le coût des matières organiques est plus élevé et les impasses de fertilisation plus fréquentes.

Dans un troisième temps, le parc matériel est défini pour chaque exploitation en fonction des itinéraires techniques. Ces choix prennent en compte la surface totale et la main d'œuvre disponible sur l'exploitation. Pour finir, des données complémentaires sont rajoutées pour finaliser la construction du cas-types : fermage, montant des aides, prix de vente des cultures, ...

Les cas-types sont donc des représentations de systèmes agricoles. Ce sont des exemples de situations courantes mais ils n'ont pas de valeur de représentativité. D'une manière générale, ces cas types sont à considérer comme une base de travail à enrichir, corriger et faire évoluer dans l'avenir.

II.4. Les références utilisées pour la construction des cas-types

Chaque étape de la construction des cas-types a été l'occasion d'échanges approfondis avec les experts régionaux. En se basant sur des cas-types déjà existants (projet RotAB, cas-types Rosace des Chambres d'Agriculture, etc.), des enquêtes agriculteurs, des fiches techniques sur les cultures,... des propositions de rotations et d'itinéraires techniques étaient faites puis validées à dire d'experts. Cet aller-retour permanent entre les différents partenaires du projet a permis d'assurer une cohérence maximale entre chaque cas-type et sa région et de garantir l'homogénéité des données.

Nous avons également été attentifs à l'aspect sol : quand l'homogénéité des sols a été jugée suffisante par les experts régionaux, le cas-type ne considère qu'une seule rotation par exploitation. Par contre quand l'hétérogénéité des sols ou la présence d'irrigation induit des rotations différentes, les cas-types comprennent deux rotations sur la même exploitation. C'est le cas en Midi-Pyrénées, Pays de la Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes. Enfin, les cas-types nous permettent de schématiser les rotations et les assolements pour réaliser des simulations (variations des prix de vente des cultures, introduction d'une nouvelle culture dans la rotation, ...). Pour évaluer la rentabilité économique des rotations à l'hectare, nous fixons l'assolement égal à la rotation. A titre d'exemple, pour une SAU de 50 hectares avec 5 cultures, il y aura 5 cultures sur 10 hectares chacune.

II.5. Les hypothèses de travail

Quelques hypothèses sur les données complémentaires des cas-types ont dû être prises. Les exploitations bios étudiées sont considérées comme étant en « rythme de croisière ». La période de conversion et les ajustements de rotation qui en découlent ne sont pas pris en compte car difficiles à modéliser.

Montant des aides :

- Le montant du DPU est fixé à 250 €/ha
- La prime au maintien de l'agriculture biologique est de 100 €/ha.
- Depuis le bilan de santé de la PAC en 2009, une aide spécifique est accordée aux protéagineux. Le Plan Protéines français octroie chaque année une enveloppe de 40 millions d'euros pour les cultures de pois, féverole et lupin. Le montant de l'aide est obtenu en divisant ces 40 millions d'euros par la surface totale cultivée en pois, féverole et lupin de l'année. En 2011, les agriculteurs ont perçu 140 €/ha pour ces cultures. (UNIP, 2012).
- Jusqu'en 2011, il existait une aide couplée à la production de protéagineux pour le pois, la féverole et le lupin. Cette aide de 55,57 €/ha, maintenant découplée, n'a pas été prise en compte pour l'étude.

Prix de vente des cultures : il a ensuite fallu fixer le prix de vente de chaque culture. Plusieurs sources ont été utilisées, afin de recouper et vérifier nos références de prix. Les prix moyens obtenus (tableau 1) ont ensuite été validés par les experts régionaux.

Tableau 1 : Prix de vente moyens des cultures présentes dans les cas-types (Source : dire d'experts)

Culture	Prix moyens (€/t)	Culture	Prix moyens (€/t)	Culture	Prix moyens (€/t)
Avoine nue	500	Luzerne foin	160	Pois chiche	800
Blé meunier	340	Luzerne sur pied	80	Sarrasin	600
Blé fourrager	310	Maïs	240	Soja alim. humaine	650*
Engrain / épeautre	240	Orge fourragère	250	Soja alim. animale	500
Féverole	300	Orge brassicole	360	Tournesol	390
Luzerne déshydratée	90	Pois protéagineux	300	Triticale	240

* Le prix de vente du soja à destination de l'alimentation humaine prend en compte le déclassement de 20% de la culture en alimentation animale.

II.6. Présentation des cas-types ProtéAB

Avec le temps imparti et les données existantes, nous avons construit une à deux exploitations dans chaque région partenaire du projet et une à deux rotations dans chaque exploitation : onze rotations ont pu être finalisées (figure 2).

Pour résumer, les cas-types regroupent l'ensemble des informations qui caractérisent une exploitation agricole. Ces informations sont à la fois quantitatives ce qui constitue les données d'entrées nécessaires à Systerre®, pour le calcul des indicateurs technico-économiques et environnementaux ; informatives ce qui permet la compréhension du cas-type et de nos choix : contexte, risques, forces et faiblesses du système... ; et qualitatives sur la gestion de l'enherbement et de la fertilité, deux thématiques majeures en agriculture biologique.

Les principales caractéristiques des rotations que nous avons élaborées, le détail des itinéraires techniques, du parc matériel et des autres données des cas-types sont présentées dans l'annexe 1, la justification des rotations et leurs variantes possibles en annexe 2.

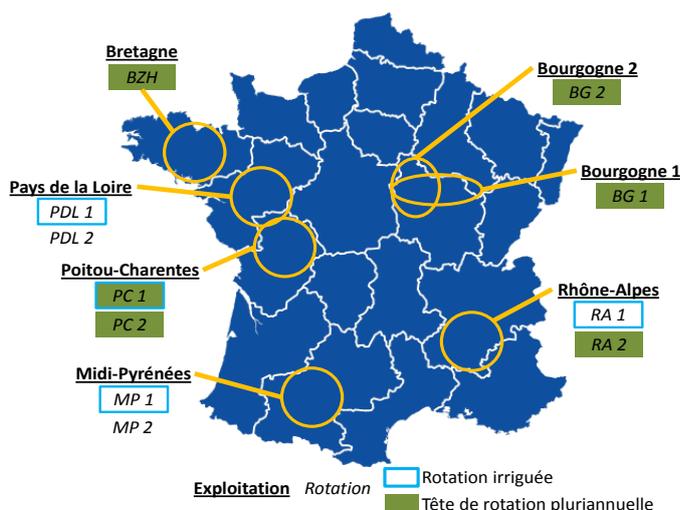


Figure 2 : Localisation des onze rotations étudiées (Source : personnelle)

à des rotations céréalières classiques. Les marges de manœuvre les plus importantes pour développer la culture des légumineuses à graines se trouve donc dans les rotations d'exploitations céréalières ou s'en rapprochant (Jean Pierre Gouraud, communication personnelle).

Sur les sept exploitations étudiées, une seule est en polyculture-élevage, ce qui peut paraître étonnant pour un projet axé sur l'alimentation des monogastriques. Or, il est couramment constaté que les exploitations d'élevages, notamment celles avec un élevage bovin, ont peu de protéagineux dans leurs rotations à part en mélange avec des céréales. De plus, la formulation d'aliments pour les monogastriques étant très pointue, les ateliers élevages sont souvent détachés de l'atelier grandes cultures : les producteurs vendent les cultures puis rachètent des aliments. Leurs rotations s'apparentent donc

II.5.1. Cas-type Bretagne

Sources d'informations ayant servies à la définition du cas-type : Résultats d'expérimentations et de suivis techniques en Grandes Cultures biologiques : InterBio Bretagne, 2010 et InterBio Bretagne, 2011. Gaëtan Johan (AgroBio 35), communications personnelles.

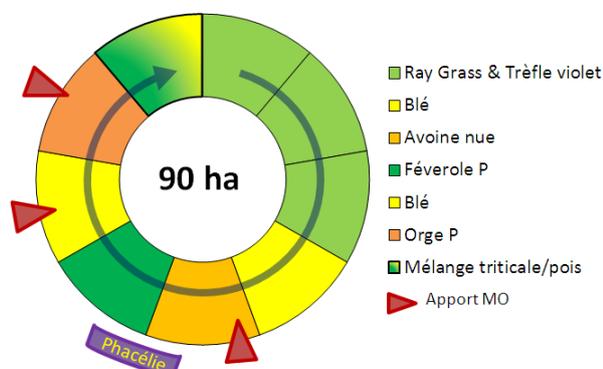


Figure 3 : Rotation du cas-type Bretagne (Source : personnelle)

La ferme-type Bretagne se situe en Ile-et-Vilaine dans le bassin Rennais, c'est une exploitation de 90 ha sur des limons un peu battants à potentiel moyen/bon. Le type de sol étant homogène, il n'y a qu'une seule rotation sur l'exploitation (figure 3). La proximité d'une usine fabriquant des céréales pour le petit déjeuner et de brasseurs de bières bios autorise l'introduction dans la rotation de céréales à forte valeur ajoutée comme l'avoine nue et l'orge de printemps. La présence d'élevages dans la région permet d'avoir une prairie temporaire pluriannuelle comme tête de rotation, cette prairie est vendue sur pieds pour limiter l'investissement en temps et en matériel spécifique de fauche. Des échanges paille-fumier sont réalisés avec un voisin éleveur pour diminuer les coûts d'approvisionnement en matière organique. Au niveau fertilisation

azotée, aucun apport n'est fait sur le blé de prairie et la féverole assure une partie de la fertilisation azotée du blé suivant. Un apport de compost de fientes de volaille est fait sur le deuxième blé et sur l'orge de printemps, le fumier venant de l'échange avec le voisin est mis sur l'avoine nue.

La présence d'une tête de rotation pluriannuelle fauchée régulièrement et les deux cultures de printemps de la rotation (féverole et orge) permettent de casser les cycles des adventices. Malgré cela, quelques problèmes de chardon, rumex, sanve et folle avoine peuvent apparaître dans la rotation. Il n'y a qu'une herse étrille de 12m sur l'exploitation ce qui peut être un facteur limitant de la réussite du désherbage mécanique en cas de fenêtres météorologiques pour les interventions réduites (printemps trop humide par exemple). Si la pression en folle avoine devient trop importante, il sera peut-être plus prudent de remplacer l'avoine nue de la rotation par une autre céréale secondaire comme le seigle. Plus de détails sur la gestion de l'enherbement et de la fertilité dans les cas-types sont données dans les annexes 3 et 4.

II.5.2. Cas-type Bourgogne 1

Sources d'informations ayant servies à la définition du cas-type : INOSYS – Cas-types Bourgogne en Agriculture Biologique, MC1 ABio, Céréaliier en bio, moyenne structure, faible potentiel : Chambres d'Agriculture de Bourgogne, SEDARB, 2008a ; Patrice Cote (Chambre d'Agriculture de l'Yonne), communications personnelles.

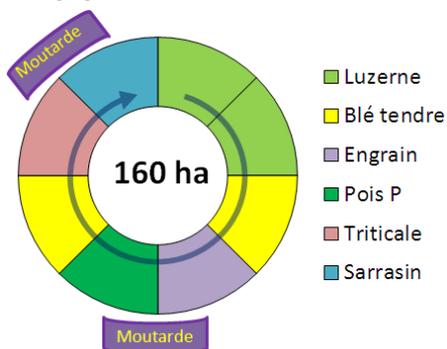


Figure 4 : Rotation du cas-type Bourgogne 1 (Source : personnelle)

Cette exploitation de 160 ha du Sud de l'Yonne se situe sur des terres à potentiel agronomique très faible (60 q/ha de blé en conventionnel). Une seule rotation est présente sur la ferme (figure 4). Une coopérative bio bien implantée dans le territoire permet de diversifier les assolements avec des cultures de niches pour l'alimentation humaine (lentille, pois cassé, sarrasin, ...), l'usine de déshydratation voisine est un débouché tout trouvé pour la luzerne. Les itinéraires techniques des cultures sont adaptés au faible potentiel de sol : peu d'engrais apportés, rendements faibles, ...

Cette exploitation Bourgogne 1 ne se situe pas dans une région d'élevage : les impasses en fertilisation donc sont fréquentes car la matière organique est chère et difficile à se procurer. C'est pour cette raison que la deuxième année de luzerne est broyée et restituée au sol comme engrais vert. Les deux années de luzerne et les deux cultures de printemps permettent de bien contenir les adventices. L'exploitation ne dispose que d'un seul outil de désherbage mécanique : une herse étrille de 12m, ce qui peut limiter les possibilités d'intervention. Le binage des cultures est de plus en plus fréquent dans la région, cette opération permet de lutter contre les adventices à des stades différents de la herse étrille. Les bineuses ont cependant des débits de chantiers plus faibles et des consommations en carburant plus élevées que la herse étrille.

II.5.3. Cas-type Bourgogne 2

Sources d'informations ayant servies à la définition du cas-type : INOSYS – Cas-types Bourgogne en Agriculture Biologique, Polyculture-Elevage en ABio, polyculteur-éleveur en bio, moyenne structure, faible potentiel : Chambres d'Agriculture de Bourgogne, SEDARB, 2008b ; Patrice Cote (Chambre d'Agriculture de l'Yonne), communications personnelles.

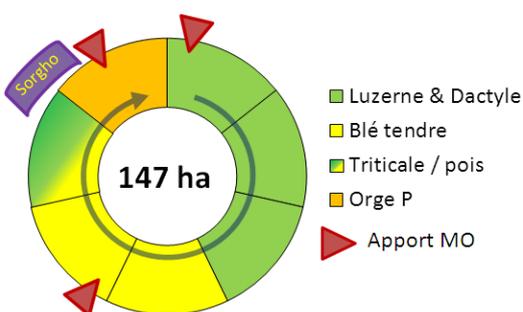


Figure 5 : Rotation du cas-type Bourgogne 2 (Source : personnelle)

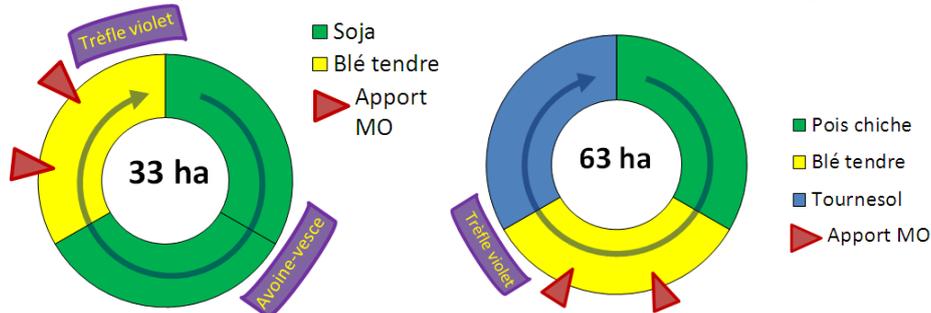
L'exploitation Bourgogne 2 est la seule exploitation en polyculture-élevage de l'étude. Cette exploitation de l'ouest de l'Yonne est composée d'un atelier bovin viande de 70 vaches allaitantes et d'un atelier de productions végétales. Sur les 210 ha de l'exploitation, 30% sont en prairies permanentes, le reste est en grandes cultures ou en prairies temporaires. Le type de sol est le même que celui de l'exploitation Bourgogne 1. Avec trois années de prairies sur les sept ans de la rotation (figure 5), l'enherbement ne devrait

pas poser un problème majeur. La grande force de ce système par rapport aux autres est son autonomie : il y a autoconsommation du deuxième blé, du mélange triticale-pois et du foin de prairie. La matière organique est non limitante et peut donc être apportée en grande quantité sur la première année de prairie, le deuxième blé et l'orge de printemps, malgré un potentiel de sol faible.

II.5.4. Cas-type Midi-Pyrénées

Sources d'informations ayant servies à la définition du cas-type : Loïc Prieur (CREAB) et Jean Arino (Chambre d'Agriculture du Gers), communications personnelles.

Du fait de la topographie particulière de la région où se trouve à la fois des zones de plaines et de coteaux, il y a deux types de sol différents sur ce cas-type de 96 ha du Gers : des sols de vallées profonds (boulbènes) et des coteaux argilo calcaire. Chaque type de sol a sa rotation propre (figure 6).



Sur les boulbènes se cultive une majorité de cultures d'été comme le soja, car ces sols s'engorgent vite en hiver. Cette partie de la sole est irriguée (indispensable à la culture du soja). Sur les coteaux argilo calcaire, terres plus séchantes en été et non irrigables, se cultivent plutôt des cultures d'hiver, ici pois chiche et blé, et des cultures d'été peu sensibles au stress hydrique comme le tournesol. Il n'y a pas de luzerne dans les rotations car il est difficile dans cette région de trouver des débouchés. Les deux rotations sont donc courtes et sans tête de rotation pluriannuelle. Le climat chaud et sec l'été limite le choix des légumineuses : le pois et la féverole sont sensibles au stress hydrique rendant leurs rendements assez aléatoires en Midi-Pyrénées. Il reste de possible le soja, le pois chiche et la lentille.

Pour lutter contre l'enherbement qui peut vite devenir problématique pour ces types de rotations, l'exploitation est très bien équipée en outil de désherbage : elle dispose d'une herse étrille 12m, d'une houe rotative de 4,5m et d'une bineuse 7 rangs équipée d'une barre de guidage. De très nombreux passages de désherbage sont effectués en culture pour lutter contre le chardon, la folle avoine, le coquelicot,... Malgré deux années de soja ou une année de pois chiche qui apportent de l'azote à la culture suivante, de la matière organique est apportée en quantité non négligeable sur les deux blés de l'exploitation : 700 kg/ha de soie de porcs en bouchons en février et 6 t/ha de fientes de volailles fin octobre. Les charges en intrants de ces blés risquent d'être très élevées.

II.5.5. Cas-type Pays de la Loire

Sources d'informations ayant servies à la définition du cas-type : Cas-type RotAB (ITAB, 2011). Renan Maurice (Chambre d'Agriculture Régionale des Pays de la Loire), communications personnelles.

Ce cas-type est localisé au sud et au centre des Pays de la Loire, l'exploitation fait 112 ha, les sols sont des limons argileux et des limons sableux. Il y a deux potentiels de sols distincts ce qui va entraîner deux rotations sur une surface à peu près équivalente (57 et 55 ha). La première rotation (figure 7) est une rotation courte irriguée de trois ans sur la partie à bon potentiel (limons argileux). La deuxième rotation est sur une zone hydromorphe en hiver (limons sableux).

Les éleveurs étant déjà autonomes, le marché de la luzerne est quasi nul dans la région : aucune des deux rotations ne peut commencer par une tête de rotation pluriannuelle. Le risque d'enherbement de ces

rotations étant réel, le désherbage mécanique y est relativement intensif. Toutes les cultures sont binées, mais cela ne suffit pas à empêcher l'apparition de problèmes de vivaces. La féverole n'est pas suffisante pour assurer la fertilisation des blés qui la suivent et du reste de la rotation : des fientes de volailles sont apportées sur les blés, le maïs et le tournesol. Le potentiel de sol étant moins bon dans la rotation non irriguée, les quantités de matière organique amenées sont légèrement inférieures que sur la rotation irriguée.

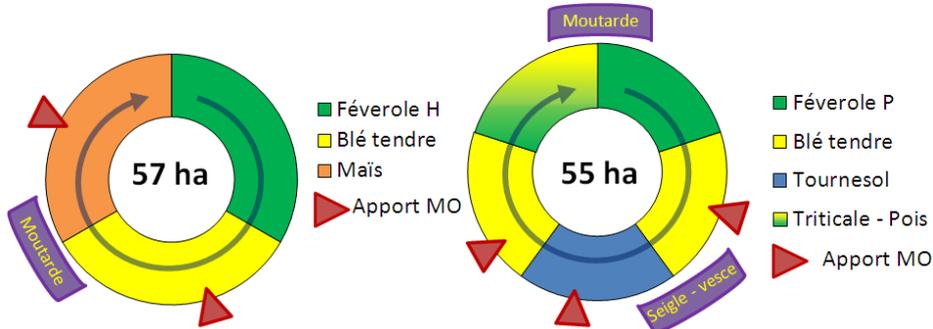


Figure 7 : Rotations du cas-type Pays de la Loire (Source : personnelle)

II.5.6. Cas-type Poitou-Charentes

Sources d'informations ayant servies à la définition du cas-type : Cas-type RotAB (ITAB, 2011). Jean Pierre Gouraud (AgroBio Poitou-Charentes), communications personnelles.

La ferme-type Poitou-Charentes se situe dans la plaine de Niort dans les Deux-Sèvres, sur des terres de groies superficielles et séchantes, elle a une SAU de 108 ha. Bien qu'il n'y ait qu'un seul type de sol sur cette exploitation il y a création de deux îlots (figure 8) : un irrigué et un non irrigué. L'irrigation est de plus en plus problématique en Poitou-Charentes : les arrêtés préfectoraux se multiplient l'été et elle est assez mal perçue dans la région. Pour cette raison, les rotations irriguées ont tendance à être rallongées par des têtes de rotation pluriannuelles pour augmenter le temps de retour des cultures irriguées (maïs notamment). Il y a donc deux rotations longues de neuf cultures qui commencent toutes deux par trois ans de luzerne. Dans cette région d'élevage, le débouché pour la luzerne ne sera pas difficile à trouver : elle sera vendue sur pieds à un éleveur voisin. La présence de trois années de luzerne et d'une ou deux cultures de printemps (maïs, tournesol) limite le risque d'enherbement. De plus, l'exploitation est bien équipée en outil de désherbage mécanique avec une herse étrille de 12m et une bineuse 6 rangs à guidage caméra.

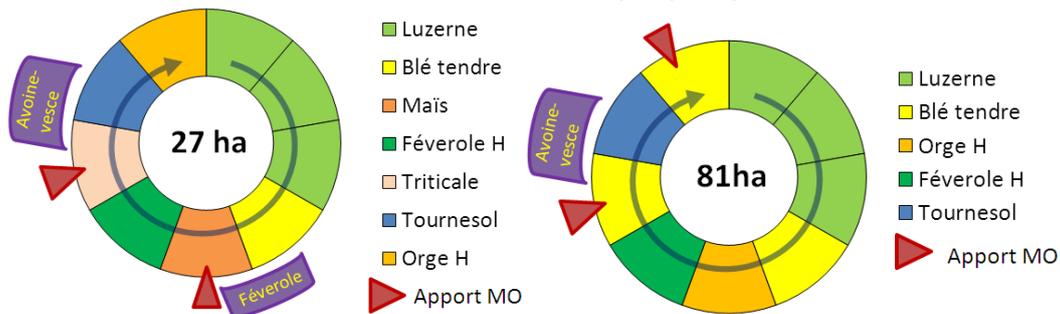


Figure 8 : Rotations du cas-type Poitou-Charentes (Source : personnelle)

II.5.7. Cas-type Rhône-Alpes

Sources d'informations ayant servies à la définition du cas-type : Cas-type RotAB (ITAB, 2011). Jean Champion (Chambre d'Agriculture de la Drôme), communications personnelles.

Les sols du cas-type Rhône-Alpes sont des limons argileux profonds à bon potentiels de la Vallée du Rhône dans le département de la Drôme. Sur cette exploitation de 93 ha l'irrigation est fortement conseillée pour la culture du soja et du maïs, mais il est impensable d'un point de vue technique (matériel nécessaire) et humain (temps de travail déjà important) de la retrouver sur la totalité de la sole. C'est pourquoi il y a deux rotations sur l'exploitation : une rotation courte de trois ans irriguée sur 39 hectares, le reste est occupé par une rotation non irriguée, plus longue et commençant par trois ans de luzerne (figure 9). Le débouché pour la

luzerne n'est cependant pas évident depuis la fermeture d'une usine de déshydratation, il est nécessaire de trouver un éleveur pour la vendre sur pieds.

Malgré un désherbage mécanique technique et performant grâce au parc matériel disponible sur l'exploitation (une herse étrille 12m, une houe rotative 6m, une bineuse 6 rangs à doigts Kress pour un binage sur le rang), la rotation courte reste sensible à l'enherbement. Au bout de trois ou quatre cycles de la rotation, il y a un retour à quelques années de luzerne pour casser le cycle des adventices. Des problèmes d'ambrosie peuvent également apparaître dans la rotation longue. En cas d'infestation de datura ou de xanthium, l'arrachage manuel reste la meilleure solution. Les trois ans de luzerne assurent la fertilisation azotée du premier blé, des fientes de volailles sont apportées sur le deuxième blé. Du Patenkali® est apporté sur la luzerne pour compenser les fortes exportations en P2O5 et K2O de cette culture.

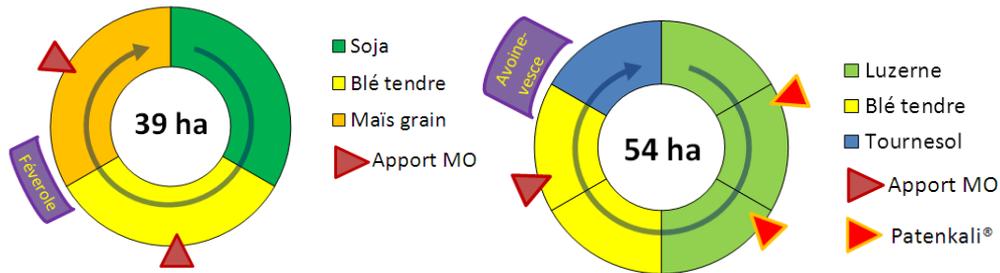


Figure 9 : Rotations du cas-type Rhône-Alpes (Source : personnelle)

II.6. Caractérisation des cas-types

Une fois défini les cas-types à dire d'experts, il est intéressant de les caractériser en comparant la SAU de l'exploitation et son assolement avec les SAU et les assolements moyens régionaux. Cela permet de repositionner les cas-types par rapport à des références régionales.

Pour la comparaison des surfaces d'exploitations, nous avons choisi d'utiliser les données du Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA). Le RICA est une enquête réalisée par sondage à partir de la comptabilité des agriculteurs. Il reprend les chiffres clés et permet une analyse des résultats économiques du secteur agricole et de suivre particulièrement l'évolution des charges, des capitaux engagés sur l'exploitation,... Cette analyse peut être menée par région administrative ou par orientation technico-économique (OTEX). Les données sont anonymisées de façon complète et l'identification des exploitations du réseau est impossible : lors des requêtes, en dessous d'un certain nombre d'occurrence, les données ne seront pas visibles. (Ministère de l'Agriculture – Agreste – RICA, 2009).

Par manque de données, il n'a été possible d'avoir la SAU moyenne pour les exploitations biologiques en Grandes Cultures spécialisées que pour deux régions : Pays de la Loire et Poitou-Charentes. Pour les quatre autres régions, nous n'avons que la SAU moyenne pour les OTEX « Grandes Cultures spécialisées + Polyculture-Elevage ». Les résultats du traitement statistique sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : SAU bio moyenne des régions et des cas-types (Source : Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt - Agreste – RICA France - année 2007, traitement Arvalis)

	SAU bio moyenne (ha)		SAU cas-type (ha)
Pays de la Loire / cas-type PDL	125*	≈	112
Poitou-Charentes / cas-type PC	125*	≈	108
Bourgogne / cas-type BG 1 et 2	158**	≈	160/147
Bretagne / cas-type BZH	40**	<	90
Midi-Pyrénées / cas-type MP	60**	<	96
Rhône-Alpes / cas-type RA	61**	<	93

* OTEX Grandes Cultures spécialisées

**OTEX Grandes Cultures spécialisées + Polyculture-Elevage

Pour les deux régions où il a été possible d'avoir l'OTEX Grandes Cultures spécialisées, la SAU moyenne du cas-type est proche de la SAU moyenne des exploitations bio régionales. Pour la Bourgogne également, la SAU moyenne régionale bio est proche de la SAU des cas-types. Pour les

trois régions restantes, la SAU du cas-type est bien supérieure à la SAU moyenne régionale bio, ce qui reste

néanmoins cohérent : les exploitations en Grandes Cultures spécialisées ont généralement de plus grandes surfaces que les exploitations en polyculture-élevage.

Dans un deuxième temps, nous avons essayé de caractériser les assolements des cas-types grâce aux données disponibles par l'Agence Bio. Il n'y avait pas assez d'exploitations disponibles dans le RICA pour avoir des valeurs significatives. Les sept cas-types représentent des exploitations en rythme de croisière dont la période de conversion est terminée et qui n'ont pas de prairies permanentes, de vignes ou de maraichage. Dans une première approche pour comparer les assolements de nos cas-types aux assolements départementaux et régionaux, nous avons gardé les surfaces biologiques en céréales, surfaces fourragères temporaires, oléagineux et protéagineux, puis nous avons calculé la proportion de chaque catégorie (tableau 3).

	% LG (féverole, soja, pois, lupin, lég. secs, méteils)	% surface fourragères temporaires (dont luzerne)	% céréales	% oléagineux (tournesol, colza, lin)
Ille-et-Vilaine	2	78	20	0
Bretagne	2	75	23	0
Cas-type BZH	22	34	44	0
Yonne	21	25	50	4
Bourgogne	14	36	47	3
Cas-type BG1	13	25	62	0
Cas-type BG2	14	43	43	0
Gers	31	25	36	8
Midi Pyrénées	18	47	31	4
Cas-type MP	45	0	33	22
Drôme	11	43	41	5
Rhône Alpes	7	52	38	3
Cas-type RA	14	29	47	10
Maine-et-Loire	5	67	26	2
Pays de la Loire	4	70	24	2
Cas-type PDL	36	0	54	10
Deux-Sèvres	6	48	40	6
Poitou-Charentes	12	39	39	10
Cas-type PC	11	34	44	11

Tableau 3 : Assolement des départements, des régions et des cas-types
(Source : Agence Bio, 2011d).

Pour les cas-types Bourgogne 1 et 2, Rhône-Alpes et Poitou-Charentes, les assolements sont proches des moyennes départementales et régionales. Les cas-types dans les régions céréalières ont donc des assolements proches de leurs régions. Pour les cas-types Bretagne, Midi-Pyrénées et Pays de la Loire, des différences notables sont visibles. La sole de cultures fourragères est notamment bien plus importante dans le département/la région que dans le cas-type. Ce sont toutes trois des régions de polyculture élevage. Les rotations comportent donc plus de prairies temporaires et moins de céréales et d'oléagineux. Pour mieux caractériser ces derniers cas-types, il aurait été intéressant de pouvoir séparer les données selon les OTEX Grandes Cultures et Polyculture-Elevage.

Nous avons également caractérisé les cas-types d'un point de vue technico économique par rapport aux coûts de production des blés. Le blé tendre est la culture la plus représentée dans les rotations et des études ont analysé ses coûts de production en Agriculture Biologique (Marsac, 2005 ; Rouger, 2008 ; Bonte, 2010 ; Euvrard, 2010). La moyenne des coûts de production complet des blés dans les cas-types ProtéAB est de 340 €/ha avec un écart type de 56. La situation pédoclimatique et culturale étant très différente selon les régions, les coûts de production varient de 250 à 430 €/t. La présentation détaillée des différents coûts de production et de l'analyse de cette caractérisation sont détaillés en annexe 5. Dans cette bibliographie, les coûts de production du blé tendre biologique s'échelonnent de 254 à 358 €/ha. Les résultats des cas-types ProtéAB sont donc plutôt cohérents avec ceux des études précédentes.

II.7 Présentation du logiciel Systemre®

Une évaluation multicritère a ensuite été réalisée sur les cas-types à l'aide du logiciel Systemre®, un outil d'aide à l'expertise des systèmes de cultures développé par ARVALIS - Institut du végétal. L'intérêt de l'analyse multicritère réside dans sa capacité à offrir une vision globale du système de production.



Systemre® est un outil qui permet d'évaluer la durabilité des systèmes de cultures spécialisées en grandes cultures et cultures fourragères en calculant des indicateurs techniques, économiques, environnementaux et sociaux. Parmi les indicateurs calculés par Systemre®, nous utiliserons principalement les marges, les coûts de production, les charges de mécanisation, la consommation de carburant, le temps de travail, les émissions de gaz à effet de serre (GES), les consommations d'énergie. La

plupart de ces indicateurs peuvent être calculés à la culture, à la rotation ou à l'exploitation. Le détail des méthodes de calcul de chaque indicateur est présenté en annexe 6. L'objectif des diagnostics réalisés par Systerre® est d'identifier les marges de manœuvre et les points à améliorer des systèmes de cultures. On peut aussi se servir du logiciel comme d'une base de données qui permet le stockage d'informations issues d'expérimentations « systèmes » ou d'exploitations agricoles réelles ou fictives (ARVALIS - Institut du Végétal, 2012).

Ce logiciel présente un intérêt majeur : il est accompagné de plusieurs bases de données.

- Une base de données sur la mécanisation « Basemeq® » qui contient une grande palette des outils agricoles existant en France décrit avec leurs caractéristiques principales (prix d'achat, coût d'entretien, débit de chantier, poids...). Cette base de données permet de décrire finement tout le parc matériel d'une exploitation et de renseigner automatiquement les données nécessaires aux calculs des indicateurs.
- D'autres bases de références sur les émissions de gaz à effet de serre, les exportations en éléments minéraux par les cultures, les compositions des engrais,... pour le calcul des indicateurs environnementaux.

Une fois que les sept cas-types et leurs rotations sont définis, il est possible de passer au calcul et à l'analyse des indicateurs. Nous commencerons par les indicateurs économiques, puis nous analyserons les indicateurs techniques et environnementaux.

Partie III : Calcul et analyse des indicateurs technico-économiques et environnementaux

II.1. Performances économiques des rotations

II.1.1. Charges engagées à la rotation

La première étape pour calculer les indicateurs économiques est de recenser l'intégralité des charges pour chaque culture de chaque rotation. Nous travaillons en « **coûts complets** », tous les facteurs de production sont pris en compte pour le calcul des charges engagées :

- **Intrants** = semences, engrais, autres intrants (inoculum du soja, trichogramme pour le maïs, eau d'irrigation, ...)
- **Mécanisation** = amortissement technique du matériel (1), frais financiers, travaux par tiers, entretien, réparation, fuel
- **Main d'œuvre** = rémunération de la main d'œuvre familiale (2), MSA exploitant (3), salaires, charges sociales
- **Autres Charges Fixes** = assurances, frais divers, rémunération des capitaux propres (4)
- **Foncier** = montant du fermage (5)

(1). **Amortissement du matériel** : Systerre® calcule un amortissement technique et non fiscal du matériel. Cela permet de répartir l'investissement (prix d'achat + frais financiers) sur la durée d'utilisation réelle du matériel et non sur une durée déterminée au préalable. On s'affranchit ainsi de toute stratégie de gestion fiscale du parc matériel dans l'optique d'une comparaison technique entre exploitations. Pour que la comparaison soit au plus juste, tout le parc matériel est considéré comme acheté neuf. Aucune machine n'est achetée d'occasion.

(2). **Rémunération de la main d'œuvre familiale** : elle est fixe sur l'année et normée pour toutes les exploitations. Elle est ensuite répartie sur chaque culture pour 30% fixe (prise en compte des opérations non imputables à une culture comme l'entretien des machines) et pour 70% en fonction du temps de traction.

(3). **Cotisation MSA** : elle est calculée à partir du résultat net de chaque exploitation.

(4). **Rémunération des capitaux propres** : l'argent injecté dans l'exploitation aurait pu être placé à la banque et rapporter de l'argent via les intérêts. Cela permet de prendre en compte la dévaluation du parc matériel

(5). Fermage : toute la surface de l'exploitation est considérée en location. Les montants des fermages ont été définis en concertation avec les experts régionaux.

Les charges engagées pour les onze rotations (somme des charges de chaque culture de la rotation au prorata de leur surface respective) sont détaillées figure 10. Le poste « Autres Charges Fixes » est relativement stable d'une rotation à l'autre car ce sont des normes proposées par Systerre®. Le poste « Main d'œuvre » est lui aussi assez stable car le coût de la main d'œuvre est normé. Les rotations irriguées ont quand même des charges de main d'œuvre un peu plus élevées que les autres.

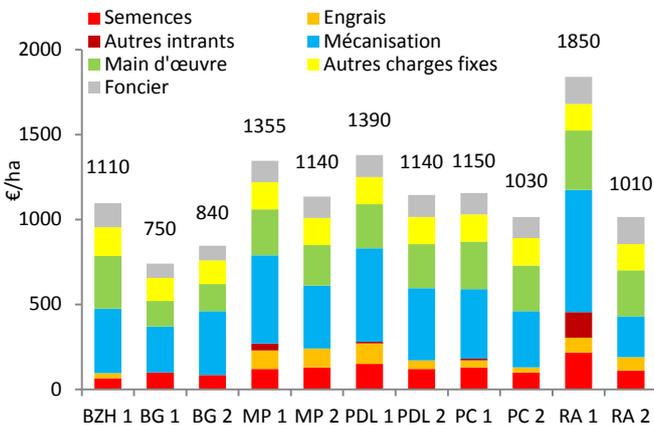


Figure 10 : Répartition des charges engagées à la rotation (Source : calcul Systerre®)

A *contrario*, les postes « Engrais », « Semences » et « Mécanisation » peuvent, fortement varier. Les apports d'engrais sont définis selon les cultures présentes dans les rotations, leur exigence en NPK, les effets précédents des légumineuses et la disponibilité en matière organique dans les régions. Les charges de semences sont fonction des cultures. Le prix des semences et la proportion d'utilisation des semences certifiées varient selon les cultures. Les charges de mécanisation sont liées aux structures des exploitations et aux nombres et types de passages réalisés. Elles sont d'ailleurs le plus gros poste de charges et sont responsables en grande partie des différences observées au niveau du total des charges de chaque rotation. Les écarts observés sont la conséquence de

différences dans la stratégie de gestion du parc matériel, des itinéraires techniques et du choix de faire appel ou non à des entreprises de travaux agricoles pour réaliser certaines opérations. Les charges d'irrigation sont intégrées aux charges de mécanisation, l'eau d'irrigation et l'électricité utilisée par les pompes sont incluses dans la catégorie « autres intrants ». Enfin, le poste « Fermage » dépend directement du potentiel pédoclimatique de la région du cas-type. Il est par exemple de 85 €/ha dans les cas-types Bourgogne alors qu'il atteint 160 €/ha en Rhône-Alpes.

Il y a plus de 1000 €/ha de charges de différence entre la rotation qui a le plus de charges (RA1) et celle qui en a le moins (BG1). Sur les cinq rotations qui ont les charges les plus élevées, quatre sont des rotations irriguées (MP1, PDL1, PC1, RA1). Les deux rotations qui ont le moins de charges sont les rotations qui se trouvent sur les sols à plus faible potentiel (BG1 et BG2). Ces différences sont à mettre en relation avec les contextes de production : les rotations se trouvent dans des contextes pédoclimatiques et économiques très différents (potentiel de sol, présence d'irrigation,...). De ces contextes pédoclimatiques et économiques découlent des stratégies logiques de la part de l'agriculteur, les cultures implantées et la façon de les conduire seront différentes. Il est important d'avoir cela en mémoire lors de l'analyse des résultats. Une fois les montants des charges établis pour chaque rotation, il est possible de calculer les différentes marges.

II.1.2. Les marges : indicateurs de rentabilité

Les marges sont des indicateurs de rentabilité, elles peuvent être calculées à la culture, à la rotation ou à l'exploitation, avec ou sans les aides découplées. Les deux marges les plus utilisées sont les marges brutes et nettes.

$$\text{Marge Brute} = (\text{Rendement} \times \text{Prix de vente}) - \text{Intrants} + \text{Aides couplées}$$

$$\text{Marge Nette} = \text{Marge Brute} - (\text{Charges de Mécanisation} + \text{Charges de Main d'œuvre salariée (dont MSA)} + \text{Autres Charges Fixes} + \text{Fermage})$$

Nous présenterons trois types de marges : les marges à la culture, les marges à la rotation et les marges à l'exploitation.

II.1.3.1 Marges à la culture

La figure 11 présente les marges brutes et nettes à la culture DPU inclus, pour deux rotations très différentes qui nous serviront d'exemples : BZH en vert et RA1 en bleu. Les marges à la culture pour les autres rotations sont présentées en annexe 7. Première constatation, toutes les cultures ne dégagent pas la même marge et les deltas (Δ sur le graphe) entre marges brutes et marges nettes sont différents. Ces variations sont liées au produit des cultures (rendement x prix de vente), aux charges engagées pour chacune d'elles et, pour les deltas, à un poids de chaque poste de charge variable entre culture (exemple : dans la rotation RA1, la marge nette du maïs chute beaucoup plus que celle du soja : le maïs a plus de charges de mécanisation, un couvert intermédiaire et des frais de séchage non négligeables (20€/t), charges qui ne sont prises en compte que dans la marge nette).

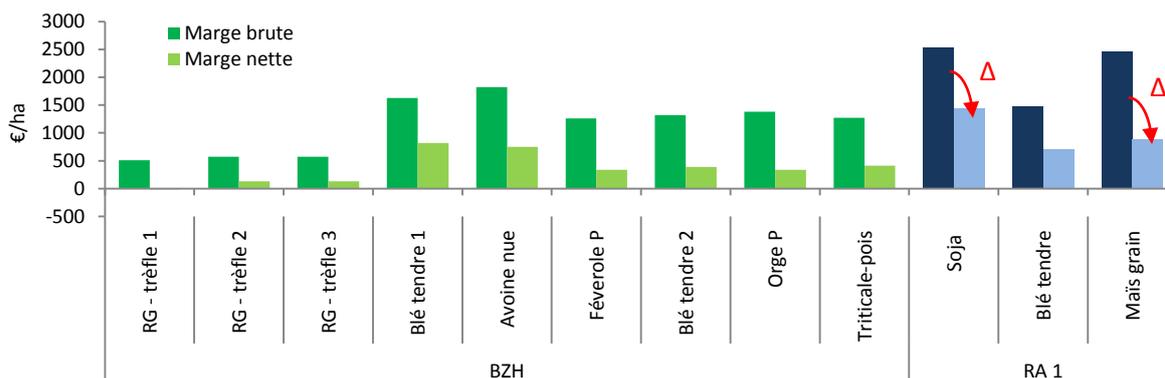


Figure 11 : Marges brutes et nettes DPU inclus à prix de vente moyens des cultures de BZH et RA1 (Source : calcul Systemre®)

Au sein d'une même rotation les marges des cultures présentes plusieurs fois peuvent être différentes. Il y a trois raisons à cela. Tout d'abord, l'objectif visé n'est pas le même : par exemple, dans la rotation BZH, la marge brute de la deuxième année de Ray Grass est supérieure de 60 €/ha à la marge de la première année car cette dernière est broyée pour nettoyer la parcelle des adventices tandis que les deux autres années seront fauchées et vendues. Ensuite, en fonction du précédent, la conduite de la culture peut changer : par exemple, dans la rotation BZH, le blé 1 qui suit trois années de prairie ne recevra pas d'azote et aura un meilleur rendement que le blé 2 (4 t/ha au lieu de 3,5 t/ha). Enfin, certaines cultures supportent des charges qui bénéficieront à toute la rotation : par exemple, dans la rotation RA1, il y a, sur le maïs, un enchaînement de nombreux passages de travail de sol et de désherbage qui bénéficieront également au blé suivant. Il en est de même pour le broyage de la première année de la prairie de la rotation BZH qui permet le nettoyage de la parcelle et bénéficiera à toute la rotation.

D'un point de vue méthodologique, il a été choisi de commencer l'itinéraire technique d'une culture de la récolte du précédent à la récolte de la culture. Aussi, les charges de cultures intermédiaires seront imputées à la culture qui suit, les engrais de fond seront supportés par la culture qui les reçoit... même si ces charges, peuvent bénéficier à toute la rotation. C'est par souci de clarté de lecture et de compréhension des itinéraires techniques que ces charges n'ont pas été réparties à la rotation. Aussi, si on ne considère que les marges à la culture, certaines cultures sont, d'un point de vue économique, 'désavantagées' par rapport à d'autres pour des interventions qui seront bénéfiques à toute la rotation. C'est également vrai dans une moindre mesure pour le désherbage mécanique, les nombreux faux-semis réalisés avant une culture de printemps seront bénéfiques à toute la rotation mais imputés économiquement à cette culture. Il est donc nécessaire de travailler en priorité sur les marges à la rotation.

II.1.3.2 Marges nettes à la rotation

Pour la comparaison des marges à la rotation, seule la marge nette sera étudiée. En effet, la marge brute, bien qu'étant souvent utilisée, ne prend en compte que les charges d'intrants. Elle permet de comparer entre elles deux cultures du même type (deux blés) mais plus difficilement deux cultures différentes (un blé et un maïs). Il peut être difficile de comparer les marges brutes car les charges engagées autres que les intrants (charges de mécanisation et main d'œuvre particulièrement) peuvent varier fortement d'une culture à l'autre.

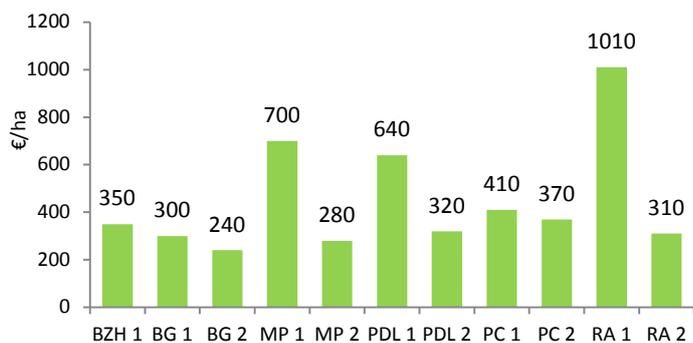


Figure 12 : Marges nettes DPU inclus des rotations (prix moyens)
(Source : calcul Systerre®)

La marge nette, elle, prend compte toutes les charges engagées. La marge nette moyenne avec aides des rotations varie de 240 €/ha pour BG2 à 1010 €/ha pour RA1 (figure 12).

NB : Même si plusieurs cultures de la rotation BG2 sont autoconsommées par l'atelier bovin viande, elles sont considérées comme étant vendues pour ne pas pénaliser les indicateurs économiques.

elles ont les marges nettes les plus élevées. Avec deux années sur trois de soja, MP1 a une marge nette avec aide de 700 €/ha. Grâce à leur bon potentiel de sol et l'irrigation, PDL1 et RA1 ont une marge nette DPU inclus de respectivement 640 et 1010 €/ha. Les rotations les plus rentables économiquement sont les rotations courtes irriguées : ce sont des rotations présentes sur les sols à bon potentiels des exploitations. Le choix de cultures à forte valeur ajoutée comme le blé, le maïs ou le soja, revenant souvent dans les assolements est un autre facteur explicatif des bons résultats de ces rotations. Les résultats économiques de la rotation irriguée PC1 ne sont pas aussi bons que ceux des autres rotations irriguées : c'est une rotation de neuf ans et les cultures irriguées ne se retrouvent que deux années sur les neuf, il y a « dilution » de l'effet irrigation.

Les rotations irriguées de Midi-Pyrénées, Pays de la Loire et Rhône-Alpes sortent du lot :

Effet légumineuses à graines ? Pour chaque indicateur, nous essaierons d'identifier si les légumineuses à graines ont un effet bénéfique sur les rotations. Le soja a l'air d'avoir un effet positif sur les marges des rotations, tout comme l'irrigation, les structures d'exploitations et surtout les contextes pédoclimatiques. En revanche, si les autres légumineuses à graines ont un effet il est caché par les précédents.

II.1.3.3. Marges nettes à l'exploitation

Dans quatre des cas-types, il y a deux rotations sur l'exploitation, et les surfaces des cas-types sont différentes. Il faut donc regarder également les marges à l'exploitation pour mieux prendre en compte

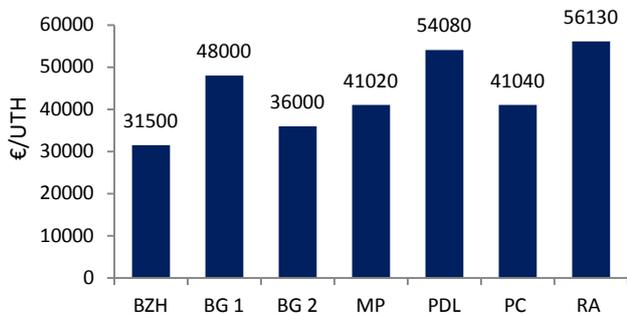


Figure 13 : Marge nette à l'exploitation DPU inclus (prix moyens) (Source : calcul Systerre®)

l'aspect « structure de l'exploitation » et ces deux rotations (une irriguée, l'autre non). Puisque tous les cas-types ont un seul UTH, la marge à l'exploitation correspond également à la marge à l'UTH (figure 13). Le passage des marges à l'hectare aux marges à l'UTH réduit les écarts entre les exploitations. Il y a un effet de compensation de marge assez faible à l'hectare par un travail de plus d'hectare avec un seul UTH. C'est le cas de d'exploitation BG1 qui compense une marge nette à l'hectare de 300 € (une des plus faible,

voir paragraphe précédent) par une surface travaillée de 160 ha (presque la plus élevée). Au contraire, l'exploitation de Bretagne ne compense pas sa faible marge hectare car l'UTH ne travaille que 90 ha. Enfin, les bons résultats de certaines rotations (MP1 par exemple) sont moins marqués puisque la deuxième rotation de l'exploitation fait baisser le résultat net.

Mais l'analyse des marges n'est pas suffisante pour évaluer les résultats économiques des cas-types. L'autonomie des exploitations est un des fondamentaux de l'Agriculture Biologique. Cela se traduit notamment par un « lien au sol » fort, une partie importante des aliments des ateliers élevages doit être produite sur l'exploitation. En absence d'atelier élevage, l'autonomie, notamment celle en matière organique, est plus difficile à atteindre. En plus d'indicateurs purement économiques, des indicateurs d'autonomie des rotations ont été calculés. Ils permettent d'évaluer la dépendance des systèmes aux intrants d'une part et aux aides publiques d'une autre part.

III.1.3. Les indicateurs d'autonomie de l'exploitation

III.1.3.1 Le poids des intrants

Poids des intrants (%)=

$$\frac{\text{Charges opérationnelles: semences+engrais+autres intrants (eau d'irrigation, inoculum, trichogrammes)}}{\text{Produit brut}} \times 100$$

L'indicateur 'Poids des intrants' évalue la dépendance aux intrants du système de production. Il calcule la part des dépenses relatives aux intrants par rapport au produit brut obtenu grâce à l'apport de ces intrants, en faisant le rapport des charges opérationnelles sur le produit brut. Plus le poids des intrants est élevé, plus le système de production est dépendant des intrants. Le poids des intrants des rotations des cas-types varie de 8 à 20% (figure 14). Il est particulièrement faible pour BZH : dans cette rotation, les trois années de prairie n'ont besoin que de peu d'intrants et l'échange paille-fumier permet de s'approvisionner à moindre coût en engrais organiques. En BG2, le faible potentiel de sol dicte la stratégie de l'agriculteur : il utilise peu d'engrais, le poids des intrants est donc très faible malgré un produit faible. Ces rotations qui n'utilisent que peu d'intrants sont également celles qui ont un produit brut, le diviseur de la formule, faible. Cela explique le faible poids des intrants de ces rotations. Les luzernes et les prairies ne nécessitent que peu d'intrants pendant leur culture, elles font également d'excellents précédents pour les céréales. Un blé de luzerne aura besoin de moins d'azote qu'un blé de paille ou d'oléagineux, nécessitera moins de passage de désherbage et au final aura une marge nette supérieure (Bonte, 2010).

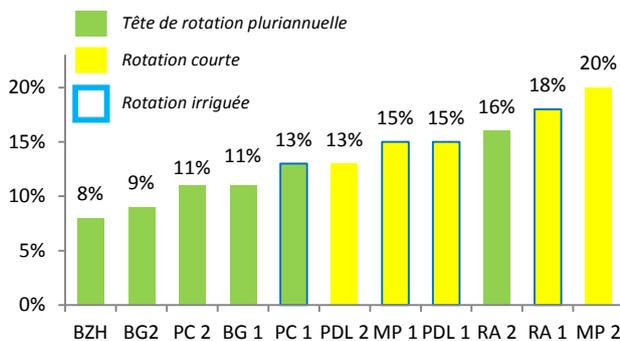


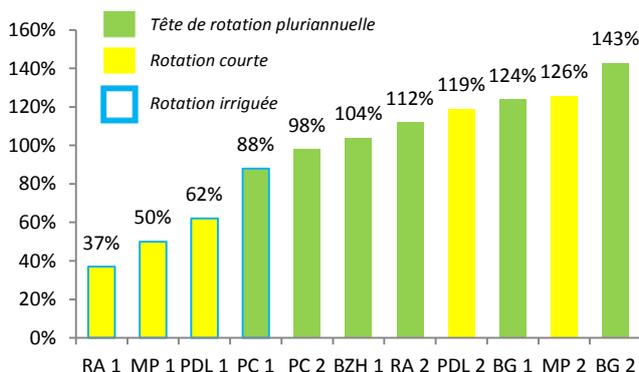
Figure 14 : Poids des intrants de chaque rotation (Source : calcul Systerre®)

A l'opposé les rotations courtes et intensives ont un poids des intrants élevé. Malgré un produit brut élevé pour des cultures comme le maïs ou le soja (2230 €/ha en moyenne pour le maïs et 2070 €/ha pour le soja), ces rotations ont recours à beaucoup d'intrants. MP2 est la plus dépendante : les charges opérationnelles de cette rotation sont presque aussi élevées que celles des autres rotations courtes (beaucoup d'engrais sur le blé notamment) mais son produit brut est plus faible. Il est pénalisé par des rendements du tournesol et du pois chiche assez bas, respectivement 18 et 12 q/ha.

Effet légumineuses à graines ? Ne nécessitant pas d'engrais, les légumineuses ont besoin de moins d'intrants. Grâce aux reliquats azotés qu'elles laissent, les cultures suivantes ont besoin de moins d'azote. On aurait tendance à se dire qu'une rotation avec plus de légumineuses aura un poids des intrants plus faible. Il est difficile ici de séparer dans cet effet « légumineuse », l'effet spécifique aux légumineuses à graines de celui des légumineuses fourragères pluriannuelles.

III.1.3.2 La dépendance aux aides : L'indicateur « dépendance aux aides » permet d'analyser la part des aides dans la marge nette.

$$\text{Dépendance aux aides} = \frac{\text{Total des aides (DPU + Maintien de l'AB + Aide plan Protéines)}}{\text{Marge nette avec aides}}$$



Les quatre rotations les moins dépendantes aux aides sur la figure 15 sont les quatre rotations irriguées. Ce sont celles qui ont les marges nettes les plus élevées (les aides sont sensiblement les mêmes pour toutes les rotations). Les rotations longues sont les plus dépendantes aux aides.

Figure 15 : Dépendance aux aides des rotations (Source : calcul Systerre®)

Elles sont souvent sur des potentiels de sols plus faibles et les rendements des cultures sont inférieurs : leur marge nette sont les plus faibles. Quand la dépendance aux aides est supérieure à 100%, cela signifie que la marge nette est négative sans les aides. Il y a six rotations sur les onze dans ce cas-là. Dans des contextes politiques et économiques incertains, cela soulève des questions sur la durabilité de ces systèmes étant donné leur dépendance aux aides publiques.

A retenir sur les indicateurs d'autonomie : En raisonnant à l'hectare, les rotations courtes irriguées ont les marges les plus élevées mais elles ont également plus de charges : le poids des intrants est plus important. Par contre du fait de leurs marges élevées, elles sont moins dépendantes aux aides. A l'inverse, les rotations longues ont moins de charges, leur poids des intrants est plus faible. Mais elles ont également des marges plus faibles donc leur sensibilité aux aides augmente.

A retenir sur les indicateurs économiques à la rotation : les principaux facteurs explicatifs des résultats économiques des rotations sont : (i) le contexte pédoclimatique et les débouchés régionaux qui permettent de bons rendements et/ou l'introduction de cultures bien valorisées, (ii) la présence d'irrigation qui sécurise les rendements et permet des cultures à forts potentiels (maïs, soja) et (iii) une tête de rotation pluriannuelle qui limite les problèmes d'enherbement et apporte de l'azote à la rotation. A l'échelle de la rotation il est difficile de déceler un effet des protéagineux car ils sont masqués par les trois facteurs précédents. Il faut donc analyser plus finement leurs résultats propres.

III.2. Les résultats économiques des légumineuses à graines

III.2.1. Les marges nettes des légumineuses à graines par rapport aux marges nettes des rotations

NB : les résultats sont ici toujours basés sur des prix et rendements moyens pour toutes les cultures.

La première chose à remarquer est que, contrairement à certaines idées reçues, les légumineuses à graines peuvent être rentables dans des rotations (figure 16) : sur les douze légumineuses présentes dans les cas-types, neuf ont une marge nette supérieure ou égale à la marge nette de leur rotation. Seuls deux féveroles (PC1 et PC2) et un pois en mélange (BZH) ont une marge nette inférieure à celle de leur rotation.

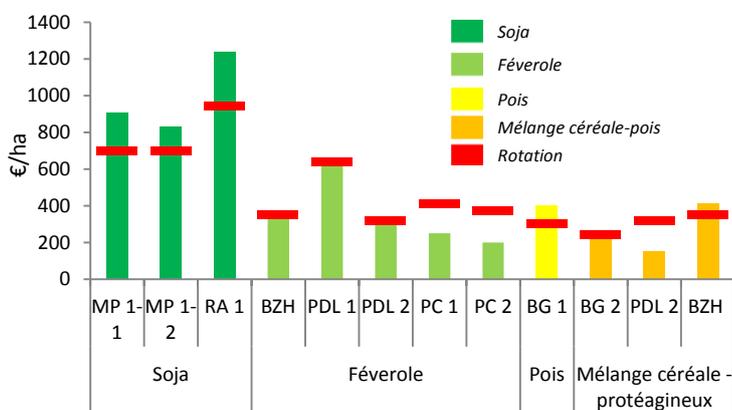


Figure 16 : Marges nettes des légumineuses à graines par rapport aux marges nettes des rotations (Source : calcul Systerre®)

Dans les cas-types, le soja a toujours une marge nette bien supérieure à celle de la rotation. Grâce à son prix de vente élevé, il est à mettre à part parmi les légumineuses à graines. Quand les conditions pédoclimatiques permettent sa culture, ses résultats économiques sont en général très bons. Les autres protéagineux peuvent également contribuer à améliorer les résultats économiques des rotations : féveroles, pois et associations céréales-protéagineux ont des marges intéressantes dans les exemples étudiés.

Néanmoins les marges observées sont très dépendantes des prix de vente des cultures. Or ceux-ci peuvent varier fortement dans le temps et dans l'espace. C'est pourquoi il est aussi important d'étudier plus précisément les coûts de production.

III.2.2 Les coûts de production et les prix d'intérêts : indicateurs de compétitivité

Le coût de production permet d'appréhender la compétitivité d'une culture. Exprimé en €/tonne, il est utilisé pour mesurer des performances économiques ou se comparer à un prix de vente. Par rapport aux marges, il présente l'avantage de ne pas prendre en compte les prix de vente dans son calcul, prix qui peuvent

être variables dans le temps. Systerre® calcule un coût de production complet, dont la méthode de calcul est la suivante :

$$\text{Coût de Production complet} = \frac{\text{Intrants} + \text{Charges de Mécanisation} + \text{Charges de Main d'œuvre salariée et familiale (dont MSA)} + \text{Fermage} + \text{Autres Charges Fixes}^*}{\text{Rendement de la culture}}$$

* dont rémunération des capitaux propres

Contrairement au coût de production « réel », le coût de production « complet » considère l'ensemble des facteurs de production, y compris ceux qui n'apparaissent pas dans la comptabilité de l'exploitation (rémunération des capitaux propres, rémunération de la main d'œuvre familiale). Toute la surface de l'exploitation est considérée en location (fermage). Enfin, l'amortissement du matériel est technique et non comptable. Le coût de production se calcule à la culture et non à la rotation.

Les mélanges céréales-pois ont les coûts de production les plus faibles (figure 17), ils nécessitent peu d'intrants, peu de charges et ont des rendements corrects. Les sojas ont, malgré des rendements assez élevés, des coûts de production élevés : ils ont beaucoup d'intrants (semences certifiées, inoculum, eau d'irrigation,...) et des charges de mécanisation et d'irrigation élevées. Dans les cas-types, la féverole a les coûts de production les plus variables car elle se retrouve dans des contextes pédoclimatiques très variés, aussi bien dans une rotation courte irriguée en Pays de la Loire sur un bon potentiel de sol que dans une rotation longue non irriguée sur des sols à potentiels moins bons en Poitou-Charentes. Ses rendements vont de 2 à 3,1 t/ha et ses coûts de production de 300 à 500 €/t.

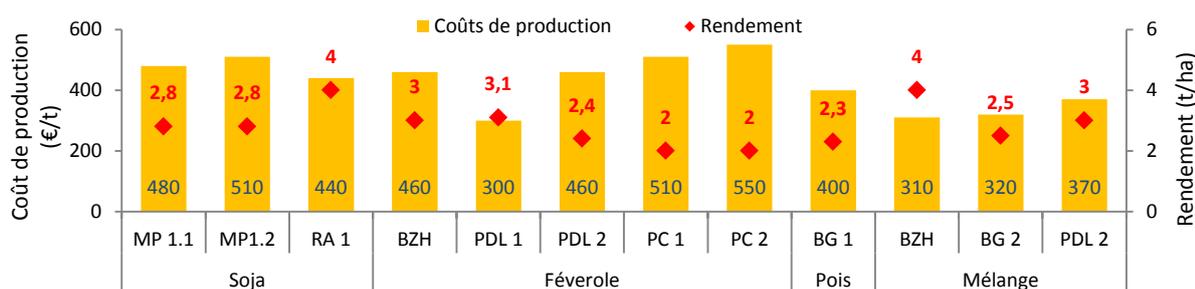


Figure 17 : Coûts de production des légumineuses à graines des onze rotations (Source : calcul Systerre®)

Il ne faut pas oublier cependant que le taux protéique de chaque légumineuse à graines, et donc son intérêt dans la formulation des rations pour les monogastriques, est différent. Le pois est à 24% de la matière sèche de protéines, la féverole est à 29% et le soja à 39% en moyenne. C'est pourquoi nous avons utilisé les coûts de production de chaque culture pour calculer les coûts de production des protéines pour chaque légumineuse. Les hypothèses de travail, les calculs et les résultats détaillés sont présentés en annexe 8. Le soja irrigué et le pois en association avec une céréale ont les coûts de production de protéines les plus faibles, le premier grâce à sa teneur en protéines élevée et le deuxième grâce à un coût de production du pois protéagineux faible.

Le coût de production d'une culture est un indicateur qui permet de calculer la somme des charges nécessaires à la production d'une unité de produit (ici 1 tonne de légumineuse). En soustrayant à ce coût de production les aides ramenées à la tonne, on obtient le prix d'intérêt de cette culture. Ce prix d'intérêt est le prix minimum de vente capable de couvrir les charges complètes, compte tenu des aides reçues. Une culture est intéressante dans une rotation si son prix d'intérêt est inférieur à son prix de vente.

NB : les aides pour les cultures sont les suivantes : 250 €/ha de DPU, 100 €/ha d'aide au maintien de l'agriculture biologique et 140 €/ha d'aides aux protéagineux pour les féveroles et les pois en purs.

Dans nos exemples, le prix d'intérêt du soja est d'en moyenne 360 €/t (figure 18), ce qui est largement inférieur à son prix de vente (650 €/t). Le prix d'intérêt du pois est de 190 €/t, ce qui également bien inférieur à son prix de vente de 300 €/t. Le prix d'intérêt moyen des cinq féveroles est de 250 €/t mais il varie de 140

€/t à 305 €/t. Dans deux situations, le prix d'intérêt de la féverole est proche ou égal à son prix de vente de 300 €/t. Si le prix de vente des féveroles diminue et passe en dessous de 300 €/t, ces deux féveroles-là (BZH et PC2) risquent de ne plus être rentables. Il est plus difficile de calculer le prix d'intérêt du pois en mélange car il dépend du pourcentage de chaque espèce à la récolte, pourcentage qui varie énormément selon les conditions climatiques de l'année.

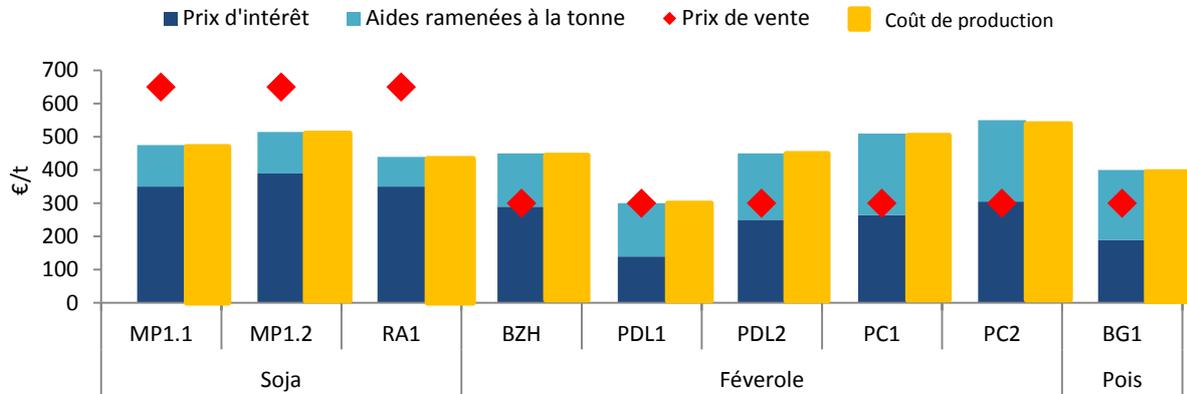


Figure 18 : Coûts de production, prix d'intérêts et prix de vente des légumineuses à graines. (Source : calcul de l'auteur)

Dans ces exemples, le soja est rentable. Le pois est également rentable mais il n'y a qu'un pois protéagineux dans les onze rotations donc il n'est pas possible de conclure sur ses résultats. La rentabilité de la féverole est variable selon les situations. Mais les légumineuses sont des cultures qui ont des effets sur l'ensemble de la rotation au niveau de la gestion de la fertilité, de l'enherbement,...

III.2.3. L'effet précédent des légumineuses

Outre l'économie directe d'engrais lors de leur culture, les légumineuses ont aussi des effets sur les cultures suivantes : c'est « l'effet précédent ». Moins d'azote est apporté sur les cultures suivantes qui ont des généralement des rendements plus élevés. Cet effet précédent est bien visible dans la rotation PC2 où il y a trois blés avec des précédents différents : un blé de luzerne, un blé de féverole et un blé de tournesol. Commençons par étudier les charges engagées sur ces trois blés (figure 19).

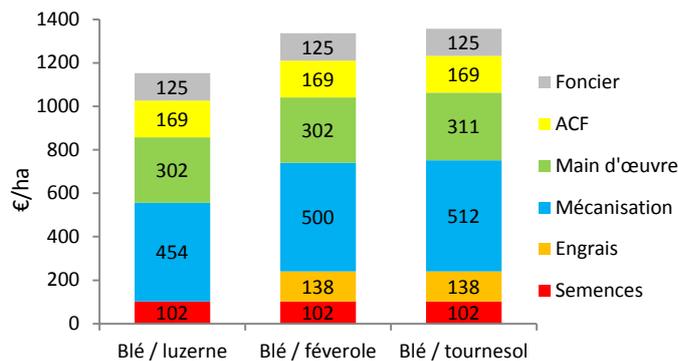


Figure 19 : Charges engagées sur les trois blés de PC2 (Source : calcul Systerre®)

Le blé de luzerne a le rendement le plus élevé des trois blés avec 4,5 t/ha. Comme il a également les charges engagées les plus faibles, il a un coût de production relativement faible de 260 €/t (figure 20). Le blé de tournesol qui a les charges engagées les plus élevés et le rendement le plus faible a le coût de production le plus élevé avec 390 €/t.

Le blé de luzerne a les charges engagées les plus faibles : il ne reçoit pas d'engrais et a des charges de mécanisation moins élevées que les deux autres. Grâce à la luzerne pluriannuelle, il y a moins de passages de désherbage mécanique. Le blé de tournesol a des charges de mécanisation et de main d'œuvre un peu plus importantes que le blé de féverole, il y a un passage de herse étrille en plus.

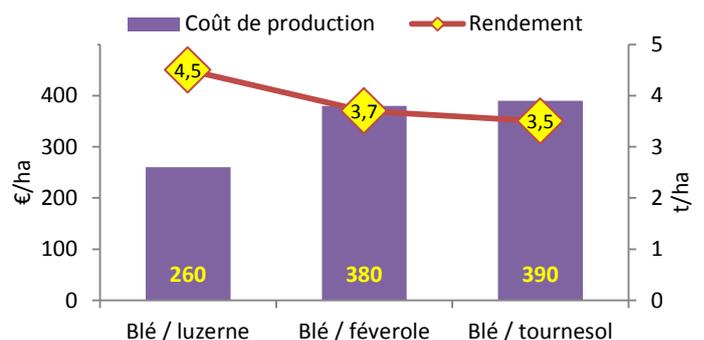


Figure 20 : Rendements et coûts de production des trois blés de PC2 (Source : calcul Systerre®)

L'effet précédent de la luzerne est bien visible dans cet exemple, celui de la féverole un peu moins. Dans d'autres cas-types, l'effet précédent de la légumineuse à graines est un peu plus perceptible comme dans la rotation PDL2 où le blé de féverole a un coût de production de 345 €/t pour un rendement de 3,2 t/ha alors que le blé de tournesol a un coût de production de 370 €/t pour un rendement de 3 t/ha. Moitié moins de matière organique est apportée sur le blé de féverole.

A retenir sur les légumineuses à graines : Le soja, le pois, la féverole et les mélanges céréales-protéagineux ont des marges très différentes. Dans les cas-types, le soja, malgré un coût de production élevé a toujours de très bonnes marges grâce à son prix de vente élevé. Les associations céréales-protéagineux sont les cultures qui ont les coûts de production les plus faibles, mais elles ont également des marges nettes faibles entre 150 et 380 €/ha. Dans ces exemples et selon les contextes de production, les marges des féveroles sont très variables : elles vont de 200 à 650 €/ha. Les pois et les féveroles sont dépendants des aides pour couvrir leurs coûts de production.

Un aspect important à prendre en compte est l'effet précédent des légumineuses à graines. Même si dans les cas-types, cet effet est moins marqué que celui de la luzerne, il est non négligeable. Un blé de légumineuse nécessitera moins de matière organique et aura un rendement supérieur à un blé de céréales ou un blé d'oléagineux.

La présence de légumineuses dans une rotation permet de réaliser des économies d'azote. La gestion de la fertilité est une vraie problématique en AB, surtout dans les exploitations céréalières sans atelier d'élevage. Le deuxième grand frein au développement de l'AB en rotations céréalières est la gestion de l'enherbement. Du fait du nombre de passages de machines important, les impacts environnementaux et techniques du désherbage mécanique en Agriculture Biologique sont parfois mis en question. Est-ce que la présence de légumineuses à graines dans la rotation peut avoir également un effet positif sur les indicateurs techniques et environnementaux ?

III.3. Les indicateurs techniques

Deux indicateurs techniques permettant de mieux prendre en compte entre autre la thématique du désherbage mécanique ont été retenus : la consommation de carburant et le temps de travail.

III.3.1. La consommation de carburant des rotations

La consommation de carburant, exprimée en L/ha, correspond à la quantité de fioul utilisée par les matériels pendant les différentes interventions sur la parcelle. Les consommations annexes (manutention, tri, séchage, ...) et les déplacements entre les parcelles ne sont pas comptabilisés. Par contre, est pris en compte la consommation de carburant des interventions culturales faites par ETA (fauche de la luzerne principalement). La consommation de carburant est en lien direct avec la stratégie de travail du sol et de désherbage : les rotations courtes sont plus sensibles à l'enherbement, elles nécessitent plus de passages désherbage et de travail du sol et donc consomment plus de carburant (figure 21).

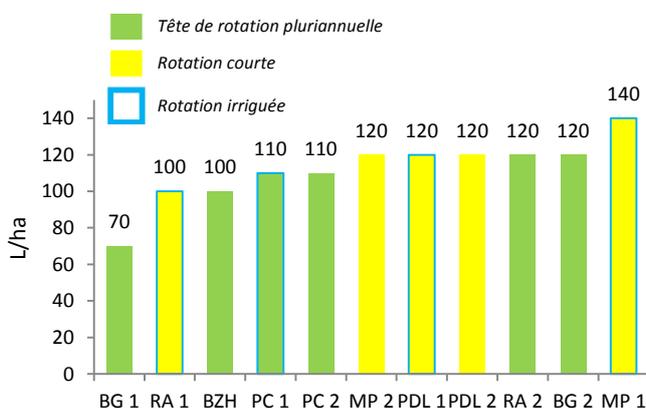


Figure 21 : Consommation de carburant à l'hectare (Source : calcul Systerre®)

La luzerne est une culture assez consommatrice de carburant : elle nécessite pour chaque coupe une fauche, un fanage, un andainage et un pressage et il y a en moyenne trois coupes par an dans les cas-types. C'est pourquoi les rotations BZH, PC1, PC2, RA2 et BG2 ont des consommations élevées comprises entre 100 et 120L/ha. La consommation de carburant de la rotation BG1 est très faible par rapport aux autres cas-types : 70 L/ha contre 115 L/ha en moyenne sur les autres rotations. Dans cette

rotation, il n'y a que trois labours sur les huit années, aucun engrais n'est apporté et le seul outil de désherbage mécanique qui est utilisé est une herse étrille 12m qui a un débit chantier élevé de 9 ha/h et une consommation faible de 1L/ha. MP1 consomme le double de carburant : 140 L/ha. Sont en cause principalement les deux années de soja de cette rotation qui ont un itinéraire technique chargé : labour au printemps, trois faux-semis, deux passages de herse étrille ou de houe rotative et quatre passages de bineuse.

III.3.2. Le temps de travail

L'indicateur « Temps de travail » correspond au temps par hectare consacré aux passages de machines sur la rotation. Il est fonction du nombre de passage de machines par culture, du débit de chantier de chaque outil et de la surface de chaque culture. On peut distinguer le temps de travail traction, le temps de travail dû à l'irrigation (mise en route) et le temps de travail réalisé par entreprise (ETA). Les temps d'observation des parcelles et de déplacement ne sont en revanche pas comptabilisés ici.

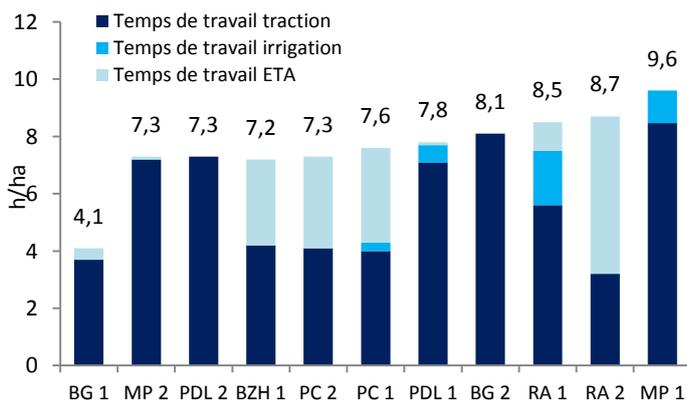


Figure 22 : Temps de travail traction, irrigation et ETA par hectare des rotations (Source : calcul Systerre®)

Il y a de grosses variations de temps de travail total entre les différentes rotations (figure 22) : de 4 h/ha (BG1) à 10 h/ha (MP1). Le recours à du travail par entreprise est également très variable : il peut aller de 0% pour PDL2 à plus de 50% en RA2. La fauche de la luzerne ou de la prairie temporaire est la plupart du temps effectuée par un voisin éleveur ou une entreprise de déshydratation. Il n'y a que dans l'exploitation de polyculture-élevage (BG2) que la fauche est réalisée en propre.

Quand leurs fauches sont faites par entreprise, la luzerne et les prairies temporaires sont avantageuses au niveau du temps de travail. En effet, le travail du sol avant l'implantation est réduit : il n'y a un labour avant la luzerne qu'en RA2, sur les autres rotations un roulage et/ou un passage de herse étrille suffisent, puis pendant deux ou trois ans il n'y a pas de travail du sol et peu d'engrais sont apportés sur ces parcelles. Une tête de rotation pluriannuelle libère du temps de travail qui peut être utilisé pour le désherbage mécanique des autres cultures par exemple. Dans les rotations irriguées, l'irrigation peut représenter une grosse part du temps de travail : 20% du temps de travail de RA1 vient de l'irrigation (7 et 8 tours d'eau respectivement sur maïs et soja). L'irrigation est également concentrée pendant les mois d'été dans les périodes de moissons et de travail du sol estival (déchaumages, implantations de couverts,...). Le temps de travail est donc assez déséquilibré dans l'année et des pics de travail assez importants peuvent apparaître entre juin et septembre.

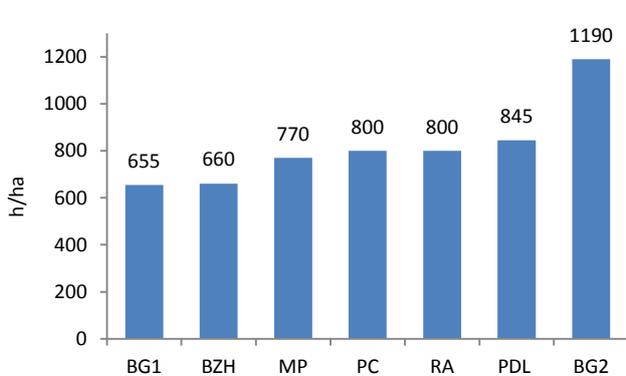


Figure 23 : Temps de travail total (Source : calcul Systerre®)

Comme pour les marges, la structure de l'exploitation et la SAU totale sont importantes pour le temps de travail par UTH. Un temps de travail hectare important sur une petite surface peut être aussi important une fois ramené à l'exploitation qu'un temps de travail faible sur une grande surface. C'est ce qui se passe en BG1 qui a un très faible temps de travail hectare (4,1 h/ha) sur 160 ha, alors que BZH a un temps de travail plus élevé (7,2 h/ha) mais sur 90 ha (figure 23). Au final, les deux exploitations ont le même temps de travail par UTH. BG2 a le temps de travail total le plus élevé, cela vient de la fauche de la luzerne et de la SAU de 147ha. Quand il y a deux rotations sur

l'exploitation, la rotation intensive est souvent complétée par une deuxième rotation demandant moins de travail.

Effet légumineuses à graines ? Les légumineuses à graines devraient permettre de gagner du temps de travail car ce sont des cultures qui ne nécessitent pas de fertilisation et moins de désherbage mécanique. Mais la diminution de temps de travail dû à l'externalisation de la fauche de la luzerne est en général si importante qu'il cache l'effet potentiel de gain de temps de ces légumineuses.

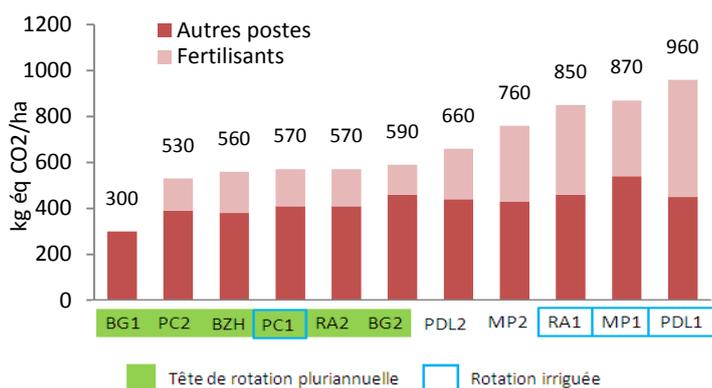
A retenir sur les indicateurs techniques : Les rotations courtes irriguées sont dans l'ensemble plus consommatrices en carburant et demandent un temps de travail plus important. Quand la fauche de la luzerne est externalisée, c'est une culture qui permet un gain de temps de travail non négligeable dans une rotation.

Les passages de machines demandent du temps à l'exploitant et sont consommateurs de carburant. Cette consommation est responsable d'émission de gaz à effet de serre (GES) et la fabrication des machines consomme de l'énergie. Il est possible de faire la même constatation pour les engrais. Aujourd'hui les indicateurs de consommation d'énergie et d'émission de GES font partie intégrante de l'étude de la durabilité des systèmes de cultures. Il est donc important de mieux appréhender l'impact environnemental des rotations étudiées dans les différents contextes.

III.4. Impacts environnementaux des rotations

Parmi les indicateurs environnementaux proposés par Systerre® nous étudierons plus spécifiquement les émissions de gaz à effet de serre, les consommations d'énergie et les bilans des minéraux N, P et K.

III.4.1. Les émissions de gaz à effet de serre (GES)



Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) correspondent au cumul des émissions de CO₂, CH₄ et N₂O pondérées par des coefficients propres à chaque gaz, en fonction de leur pouvoir de réchauffement global et de leur durée de vie et sont exprimés en Kg équivalent CO₂/ha. Sont prises en compte les émissions indirectes (en amont de l'exploitation, pour la production des intrants, leur transport, etc.) et les émissions directes (ARVALIS - Institut du Végétal, 2010a). Sur la figure 24 sont présentés les GES émis par les fertilisants (qui

Figure 24 : Emission de GES par hectare (Source : calcul Systerre®)

représentent la majorité des émissions) et ceux émis par les autres postes (carburant, matériel, semences et irrigation).

Les rotations les plus émettrices de GES sont trois rotations courtes irriguées (MP1, PDL1 et RA1) car les émissions dues aux fertilisants sont particulièrement importantes pour ces rotations-là. BG1 est la rotation qui émet le moins de GES, c'est une rotation longue, assez extensive et sans fertilisants (potentiel de sol faible).

III.4.2. Les consommations d'énergie primaire

Le logiciel Systerre® permet de calculer deux types de consommations d'énergie : la consommation d'énergie utile et la consommation en énergie primaire. L'énergie utile correspond à l'énergie effectivement fournie à l'utilisateur après conversion de l'énergie finale par ses équipements. Au niveau de l'exploitation sont comptabilisées les consommations de carburant (gazole, électricité,...). La consommation d'énergie primaire non renouvelable est calculée comme la somme de l'énergie finale utilisable et de l'énergie de mise à disposition de cette énergie finale (production et distribution) à partir de sources non renouvelables d'énergie (i.e. énergies fossiles et énergie nucléaire). Nous ne présenterons ici que la consommation d'énergie primaire, c'est un indicateur plus complet qui englobe également la consommation en énergie utile (ARVALIS - Institut du Végétal, 2010a). Nous séparerons sur la figure 25, l'énergie consommée par l'irrigation (très grande utilisatrice) et celle consommée par les autres postes (carburant, matériel, fertilisants et semences).

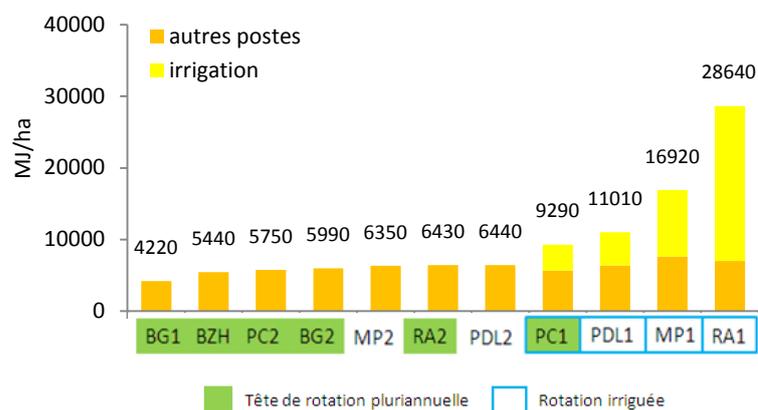


Figure 25 : Consommation d'énergie primaire par hectare des rotations (Source : calcul Systerre®)

La consommation d'énergie primaire varie d'un facteur de 1 à 7 entre la rotation BG1, la moins consommatrice, et la rotation la plus consommatrice en énergie RA1. Les quatre rotations irriguées sont les rotations les plus gourmandes en énergie primaire. Le poste le plus consommateur est l'irrigation : il représente 75% de la consommation d'énergie primaire en RA1.

Effet légumineuses à graines ? L'intensivité de la rotation (en termes d'itinéraires techniques, d'utilisation d'intrants) semble être un facteur explicatif des résultats environnementaux plus important que la présence de protéagineux dans les rotations

III.4.3. Le bilan des minéraux N, P et K

La méthode de calcul du bilan des minéraux permet d'obtenir un indicateur des niveaux d'excédents pour les éléments N, P2O5 et K2O. Le calcul de Systerre® prend en compte (i) les quantités apportées par les engrais, (ii) la fixation d'azote atmosphérique par les légumineuses (sauf celle des légumineuses non productives types couverts) et enfin (iii) les exportations de chaque culture. Contrairement à ce que l'on observe dans la réalité, le logiciel considère que les légumineuses exportent tout l'azote qu'elles fixent. Leur bilan azoté est donc ramené systématiquement à zéro. De plus, l'impact des couverts en interculture n'est pas pris en compte. Ces deux points pourraient être améliorés pour plus de justesse dans les calculs (ARVALIS - Institut du Végétal, 2010a). Un bilan est considéré comme équilibré si la quantité de N est comprise entre 30 et 40 kg/ha et les quantités de P et K entre -20 et + 20 kg/ha (ARVALIS - Institut du Végétal, 2010b).

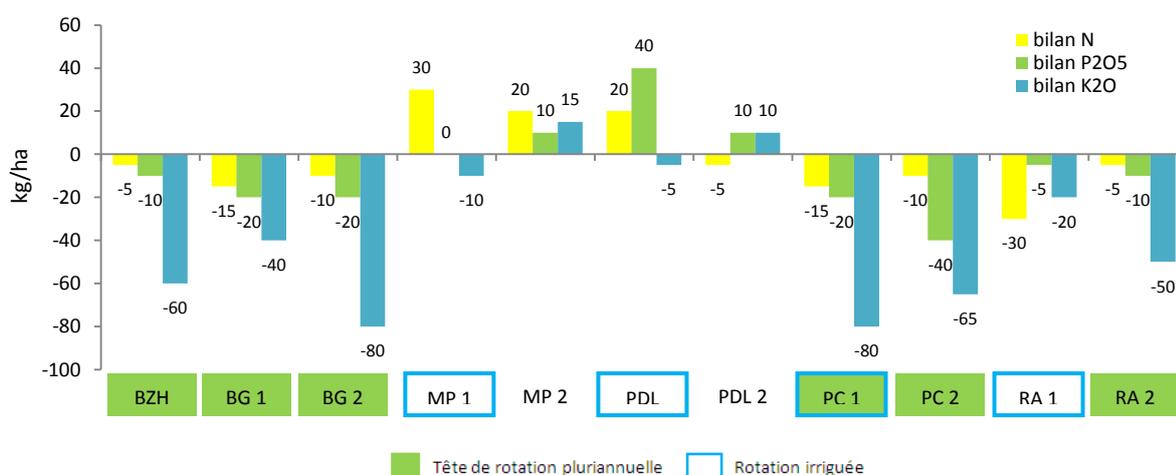


Figure 26 : Bilans des minéraux N, P et K des rotations (Source : calcul Systerre®)

A part pour les rotations MP1, MP2 et PDL1, les bilans NPK des rotations sont dans l'ensemble assez déséquilibrés (figure 26). Les valeurs très négatives observées en P et K sont principalement dues aux fortes exportations de la luzerne. Un engrais potassique n'est apporté pour compenser ces exportations que dans une seule rotation. Attention cependant, des bilans négatifs pour les éléments P2O5 et K2O bien qu'appauvrissant les sols, n'impliquent pas forcément une carence des sols, il est nécessaire de prendre en

compte les réserves de ces sols, grâce par exemple à des analyses de terre. La question qui se pose est de savoir si ces bilans déséquilibrés sont une réalité dans les régions où ils proviennent d'une mauvaise définition des apports de matière organique dans les cas-types (type d'engrais, composition, doses, ...). Une chose est sûre : les impasses en fertilisation réalisées dans les cas-types ne sont pas toujours systématiques sur les exploitations.

A retenir sur les indicateurs environnementaux : les rotations courtes irriguées consomment plus d'énergie et émettent plus de GES que celles commençant par des têtes de rotations pluriannuelles. La plupart des bilans des minéraux N, P et K ne sont pas à l'équilibre dans ces exemples.

La partie précédente a permis de montrer que les cas-types sont des outils très utiles pour acquérir des références technico-économiques sur les rotations. Mais ces résultats sont obtenus dans des contextes de prix, de rendements et de rotations fixés. Or des facteurs économiques externes à l'exploitation comme par exemple le prix des céréales biologiques peuvent fortement fluctuer d'une année à l'autre et même au cours d'une année. Le prix des engrais est lui aussi extrêmement fluctuant comme le montre la figure 27. Les charges engagées sur les cultures et les rotations ne sont donc pas toujours les mêmes, et ces variations influent directement sur la rentabilité d'une rotation.

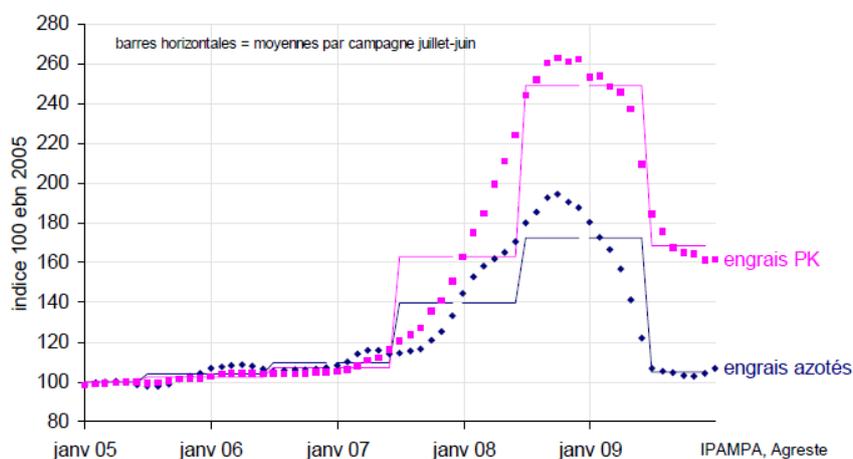


Figure 27 : Prix des engrais azotés et PK en France entre 2005 et 2010 (Source : IMPAMPA, Agreste)

III.5. Prise en compte de la variabilité du contexte de production

L'objectif des simulations qui vont suivre est de tester la robustesse des rotations face à des variations de prix de vente, de rendements et des prix d'achat des intrants énergétiques.

III.5.1. Augmentation du prix des intrants énergétiques.

Nous partons du constat que l'augmentation du prix de l'énergie est suivie par une augmentation du prix des engrais azotés de synthèse (puisque leur coût de production augmente). Les agriculteurs conventionnels s'orientent alors vers des engrais organiques dont les prix augmentent à leur tour, ce qui peut pénaliser les agriculteurs biologiques qui ne dépendent, eux, que de ce type-là d'engrais (Bonte, 2010). Le prix des engrais organique est assez difficile à estimer. En contexte moyen, nous utiliserons les prix définis avec les experts régionaux lors de la construction des cas-types. Lors du passage 'prix moyens' à 'prix hauts', nous avons retenu un doublement du prix des engrais et du prix du fioul agricole.

Les légumineuses ne nécessitent aucun apport d'engrais pendant leur culture. Elles sont donc peu sensibles aux variations de prix des intrants énergétiques. Elles seront seulement sensibles aux variations du prix du fioul, pas des prix des engrais. Il serait donc logique de supposer que plus une rotation comprend de légumineuses à graines et moins elle est sensible à des variations de prix des intrants énergétiques. Pour

vérifier cette hypothèse, nous allons calculer les marges nettes de chaque rotation pour les scénarios « prix des intrants moyens » et « prix des intrants hauts » (figure 28).

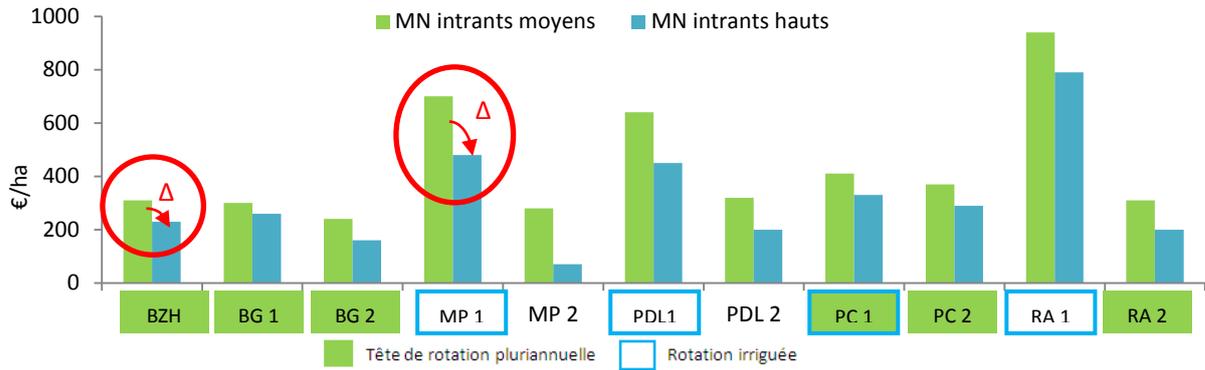


Figure 28 : Marges nettes à prix des intrants moyens et hauts des onze rotations. (Source : calcul Systemre®)

L'écart Δ ('MN prix intrants hauts' – 'MN prix intrants moyens') n'est pas égal pour chaque rotation. C'est particulièrement bien visible entre BZH et MP1. BZH a peu d'engrais sur la rotation, la différence entre les deux marges nettes vient seulement de l'augmentation du prix du fioul. En revanche, MP1 consomme beaucoup d'engrais sur le blé et le maïs, la différence de marge nette vient donc à la fois de l'augmentation du prix du fioul et du prix des engrais. Les plus grands écarts entre les marges sont visibles en MP1, MP2, PDL1 et PDL2. Ce sont toutes des rotations courtes et intensives dans les itinéraires techniques et l'utilisation d'engrais. La figure 29 présente cet écart Δ ('MN prix intrants hauts' – 'MN prix intrants moyens').

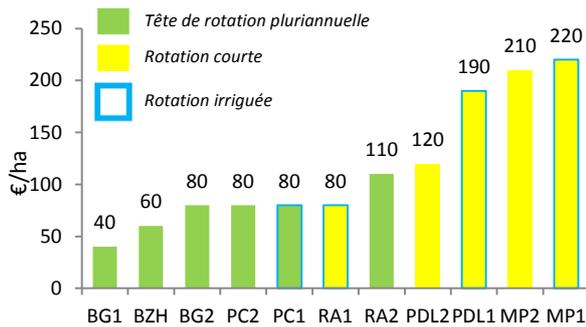


Figure 29 : Ecart « MN prix intrants hauts - MN prix intrants moyens » des onze rotations initiales. (Source : calcul de l'auteur)

Les variations entre la marge nette 'prix intrants hauts' et la marge nette 'prix intrants moyens' vont de 40 €/ha pour BG1 à 220 €/ha pour MP1. Ce sont les rotations courtes qui enregistrent les plus grandes variations de marges nettes. Les rotations BG1, BG2, BZH, PC1 et PC2 commençant par une tête de rotation pluriannuelle semblent enregistrer moins de variations de marge nette.

Mais les écarts de rentabilité entre les rotations peuvent fausser un peu notre vision des variations de marges nettes, il faudrait essayer de s'affranchir des prix de vente, des rendements et du contexte de production dans son ensemble en replaçant ces variations par rapport à la marge nette moyenne des rotations pour calculer les variations « **relatives** » (figure 30).

Pour calculer la variation relative des marges des rotations, il faut diviser la différence ('MN prix intrants hauts' – 'MN prix intrants moyens') par 'MN prix intrants moyens'. En variation relative (figure 30), les rotations commençant par une tête de rotation pluriannuelle restent peu sensibles aux variations de prix des intrants. Ce sont les deux rotations courtes non irriguées (MP2 et PDL2) qui sont les plus sensibles aux variations de prix de vente : ce sont deux rotations avec beaucoup d'intrants et des marges nettes assez faibles (280 €/ha pour MP2, 320 €/ha pour PDL2). En relatif, les rotations courtes irriguées sont moins sensibles aux variations de prix des intrants énergétiques car leurs marges nettes élevées « absorbent » les variations.

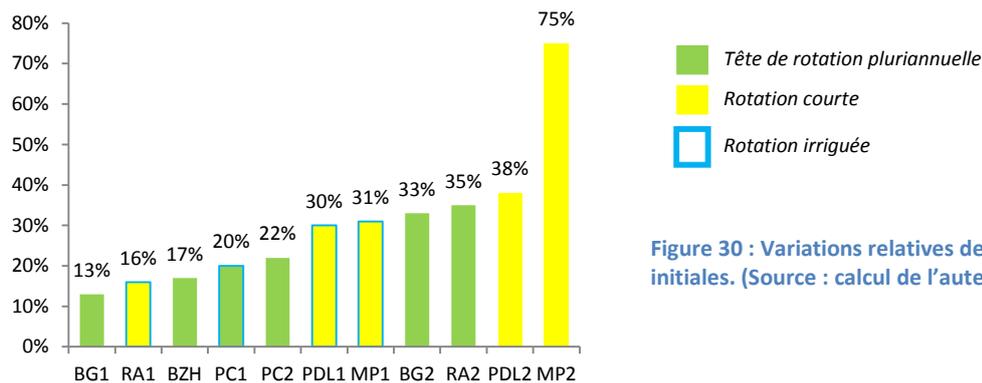


Figure 30 : Variations relatives des marges des onze rotations initiales. (Source : calcul de l'auteur)

A retenir sur l'augmentation du prix des intrants énergétiques : les rotations courtes irriguées sont les plus consommatrices en intrants et en fioul car elles demandent beaucoup de travail du sol et de désherbage mécanique pour lutter contre l'enherbement. Ce sont donc les rotations les plus sensibles aux variations des prix des intrants. L'effet des légumineuses à graines n'est pas visible dans ces exemples-là.

III.5.2. Variations des prix de vente des cultures

En Agriculture Biologique comme en conventionnel, le prix de vente des cultures est extrêmement variable. Pour illustrer cette variabilité, trois prix sont définis pour chaque culture : un prix bas, un prix moyen et un prix haut. Ces trois scénarios de prix ont été obtenus par consensus avec les conseillers agricoles et les partenaires du projet. Les prix moyens correspondent généralement aux prix des campagnes 2010 et 2011. Les prix bas et hauts sont les prix les plus bas et les plus hauts rencontrés ces dernières années. Pour cette simulation, ainsi que pour la suivante, nous calculons la marge nette des rotations dans chaque contexte de prix (ou de rendements), puis nous calculons les variations de marges nettes en absolu et enfin en relatif (hypothèses de calculs et résultats détaillés de la simulation en annexe 9).

A retenir sur la variation des prix de vente : La rentabilité des cultures, et donc des rotations, découle en bonne partie de leur prix de vente, mais également de leur rendement et de leurs charges. Les protéagineux sont plus stables face aux variations de prix, car ils sont à destination de l'alimentation animale, un débouché historiquement plus stable que l'alimentation humaine. En absolu, les rotations avec des têtes de rotation pluriannuelles sont plus stables que les rotations courtes. En relatif, en revanche, ce sont les rotations courtes irriguées qui sont les moins sensibles à des variations de prix de vente des cultures grâce à une marge nette très élevée qui « absorbe » les variations.

III.5.3. Variations des rendements

Des accidents climatiques (gel, sécheresse, ...) peuvent pénaliser les rendements des cultures et donc leur rentabilité. Une des conséquences probables du changement climatique est l'augmentation de la fréquence des accidents climatiques, il nous a donc paru intéressant d'étudier la robustesse des rotations face à des variations de rendements. Des rendements bas-moyens-hauts ont été établis pour chaque culture avec les experts régionaux. Les variations sont donc propres à chaque rotation et varient selon le contexte pédoclimatique et le potentiel de sol. Les calculs et les graphiques de la simulation « variation des rendements » sont présentés en annexe 10.

A retenir sur la variation de rendements : Les rendements des légumineuses sont très variables sauf celui du soja qui est sécurisé par irrigation et celui de la luzerne. Les rotations courtes non irriguées sont les plus sensibles aux variations de rendements. Les rotations longues avec des têtes de rotations sont peu sensibles aux variations de rendements.

Conclusion Intermédiaire

Ces premières parties permettent de réaliser une première approche des rotations en Agriculture Biologique contenant des légumineuses à graines dans les six régions partenaires du projet. Les rotations courtes irriguées ont de meilleurs résultats économiques à l'hectare grâce à de bons rendements (irrigation, engrais, bons potentiels de sol) et à la présence de cultures à forte valeur ajoutée mais elles ont de moins bons résultats pour les indicateurs techniques (temps de travail, consommation de carburant) et environnementaux (émission GES, consommation d'énergie). Elles sont plus sensibles à l'enherbement car elles n'ont pas de tête de rotation pluriannuelle. Cela entraîne plus de passages de désherbage mécanique et de travail du sol. Elles sont aussi souvent plus dépendantes aux intrants extérieurs notamment les intrants azotés.

A l'opposé, les rotations longues ont de meilleurs résultats techniques et environnementaux : le risque d'enherbement de ces rotations, et donc le nombre de passage de désherbage nécessaire, est souvent inférieur grâce aux têtes de rotations pluriannuelles. En revanche, leurs résultats économiques sont plus faibles. Mais attention, ces rotations se retrouvent parfois sur les potentiels des sols inférieurs, et les cultures à forte valeur ajoutée sont moins souvent présentes dans la rotation. L'étude des cas-types précédemment définis n'a pas permis de mettre en évidence des impacts techniques et environnementaux spécifiques aux légumineuses à graines. D'un point de vue économique, seul le soja grâce à ses prix de ventes élevés (alimentation humaine) a un réel impact sur la rentabilité des rotations étudiées. D'autres facteurs comme le potentiel pédoclimatique ou la présence d'une luzerne ou de l'irrigation ont plus d'importance et ont tendance à masquer les effets potentiels des légumineuses à graines. Dans la suite nous tenterons donc d'étudier l'impact de l'introduction de légumineuses à graines dans une rotation.

L'alimentation animale demande des protéines, la question est donc maintenant de savoir s'il est possible d'augmenter la part de légumineuses à graines destinées à l'alimentation animale dans les rotations des cas-types étudiés. Dans le cas où il est effectivement possible d'intégrer plus de légumineuses à graines dans les rotations, il faut connaître l'intérêt de cette augmentation en analysant les résultats technico-économiques et environnementaux de ces nouvelles rotations par rapport aux rotations initiales.

Partie IV : Quelles sont les marges de manœuvre pour développer les légumineuses à graines dans les régions étudiées ? Mise en place de simulations sur les rotations

Les contextes de production sont différents et les cas-types sont des outils utiles pour appréhender cette variabilité. Il est possible de réaliser des simulations pour, par exemple, introduire de nouvelles cultures, puis étudier la robustesse des nouvelles rotations face à des variations de prix, de rendements, ou encore déterminer les prix auxquels devraient être vendus les protéagineux pour qu'ils soient compétitifs dans les rotations d'un point de vue économique. Il ne faut bien sûr pas oublier que les choix des rotations en agriculture biologique sont fortement conditionnés à la durabilité technique et agronomique à long terme. Nous avons essayé d'en tenir compte au maximum lors de la construction des hypothèses de simulation avec les spécialistes régionaux.

IV.1. Quelles légumineuses à graines sont les mieux adaptées aux différentes rotations ?

Pour chaque légumineuse à graines étudiée, ses principaux avantages, inconvénients et sa zone de production 'traditionnelle' sont rappelés brièvement afin de déterminer s'il serait possible et intéressant de l'introduire dans certaines des rotations des cas-types.

IV.1.1. Le Lupin : peu compétitif par rapport aux adventices

Etant donné la difficulté et les risques que représente cette culture (tableau 4), ainsi que les conditions pédologiques qu'elle nécessite, il n'est pas possible de l'introduire dans les rotations des cas-types. Il ne sera donc pas étudié dans la suite de l'étude.

Tableau 4 : Avantages et inconvénients du LUPIN (Source : AgriDEA, 2008).

Avantages	Inconvénients	Zone de production	Simulations possibles dans les cas-types ?
Plante très riche en protéines (de 34 à 41 % selon les variétés) qui peut se substituer au soja dans l'alimentation animale	Développement végétatif très lent au démarrage et cycle très long (11 mois pour le lupin d'hiver) => Très sensible au salissement	Zones à sols acides (pH < 6.5), sols profonds et drainants	Culture trop risquée par rapport à d'autres légumineuses à graines
Contient peu d'amidon - > faible risque d'acidose chez les ruminants	Sensible à l'hydromorphie, au stress hydrique et au calcaire actif	Cultivé en Bretagne et Pays de la Loire	Désherbage trop difficile à maîtriser
	Incorporation limitée dans les rations pour les monogastriques		

IV.1.2. La féverole : la plus cultivée en AB

Moins risquée que le pois, résistante à *Aphanomyces* et relativement facile à désherber (tableau 5), la féverole est la légumineuse à graines la plus cultivée en bio en France avec plus de 10 000 ha en 2010 (Agence Bio, 2011a). Dans les cas-types, elle est déjà présente partout où c'est possible et elle est trop sensible au déficit hydrique pour être introduite en Rhône-Alpes et Midi-Pyrénées : son rendement y est trop aléatoire. Il n'est donc pas possible de l'introduire dans des rotations pour les simulations.

Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la féverole (Source : ITAB, 2009a)

Avantages	Inconvénients	Zone de production	Simulations possibles dans les cas-types ?
Facilité de désherbage : peut être binée	Sensible au stress hydrique : craint la sécheresse au moment de la floraison	Moitié Nord de la France, Bordure Ouest	Déjà présente partout où elle est possible
Développement végétatif rapide	Sensible aux bruches, aux sitones, à l'anthracnose		Pas possible en MP et en RA = stress hydrique
	Choisir des variétés à faible teneur en vicine-convicine pour l'alimentation des volailles		

IV.1.3. Le pois protéagineux en pur : des rendements très aléatoires

Avec moitié moins de surface que la féverole, le pois cultivé en pur est une culture en repli en France, ses rendements sont extrêmement aléatoires et il est sensible à la verse, ce qui complique sa récolte. Le désherbage est son principal facteur limitant : dès que les vrilles se touchent, il est impossible de passer avec un outil de désherbage mécanique. C'est une culture difficile à réussir et très dépendante des conditions pédoclimatiques (tableau 6). Dans les rotations où il est possible d'introduire comme légumineuse une féverole ou un soja, le pois en pur est souvent écarté des assolements. Il est par contre possible et souvent plus intéressant de l'associer avec une céréale.

Tableau 6 : Avantages et inconvénients du pois protéagineux cultivé en pur (Source : ITAB, 2009b)

Avantages	Inconvénients	Zone de production	Simulations possibles dans les cas-types ?
Grain très appétant et facile d'utilisation en alimentation animale, pas de facteurs antinutritionnels	Sensible à <i>Aphanomyces</i> , à la verse, aux maladies, aux ravageurs, au stress hydrique	Moitié Nord de la France, Bordure Ouest	Déjà présent dans une des rotations Bourgogne
	Difficulté de récolte (verse) et de désherbage mécanique, rendement extrêmement aléatoire		

IV.1.4. Les associations céréales – protéagineux : un itinéraire technique allégé

Bien que traditionnellement réservés aux zones d'élevages, les mélanges céréales – protéagineux ont un succès grandissant auprès des céréaliers : ce sont des cultures qui ne nécessitent que peu d'intrants et dont le rendement global est assez constant, bien que la proportion de pois dans le mélange soit, elle, assez variable (tableau 7). Les coopératives s'adaptent à cette offre et acceptent de plus en plus souvent ces mélanges tant qu'ils restent binaires. Les associations céréales – protéagineux paraissent donc une thématique intéressante à étudier dans la suite de l'étude.

Tableau 7 : Avantages et inconvénients des associations céréales - protéagineux (Source : ITAB, 2011b)

Avantages	Inconvénients	Zone de production	Simulations possibles dans les cas-types ?
La céréale joue un rôle de tuteur, pas besoin de N pour la céréale associée	Débouché pas toujours évident : toutes les coopératives n'en veulent pas, tri nécessaire	Zones d'élevage	Possible dans tous les cas-types, en milieu ou fin de rotation
Rendement du mélange constant, mélange étouffant contre les adventices			

IV.1.5. Le soja : des prix de vente élevés

Très riche en protéines, le soja est recherché à la fois par l'alimentation humaine et par l'alimentation animale. Son prix de vente attractif et sa conduite relativement simple en font une culture de choix dès que les conditions pédoclimatiques permettent sa culture (tableau 8). Le soja fait donc parti des cultures qui seront étudiées ultérieurement dans les simulations. Il y a en effet plusieurs possibilités pour augmenter la part de soja dans les rotations : il est possible de le mettre dans une rotation irriguée ou une rotation en sec, il peut prendre la place d'une légumineuse ou d'une autre culture.

Tableau 8 : Avantages et inconvénients du soja (Source : ITAB, CETIOM, 2011)

Avantages	Inconvénients	Zone de production	Simulations possibles dans les cas-types ?
Très riche en protéines (39%)	Irrigation conseillée	Moitié sud de la France	Déjà présent en MP et RA, mais possible de le faire en sec
Recherché par les FAB et l'alimentation humaine : prix de vente attractif en alim. humaine (650 €/t)	Besoin de sommes de températures importantes		Avec des variétés précoces, possible de l'introduire en PDL et PC
Facilité de désherbage, peu sujet aux maladies et aux attaques de ravageurs	Si < 39% de protéines, déclassement en alimentation animale		

Dans les simulations à suivre, nous nous intéresserons donc uniquement au soja et au pois en association avec une céréale.

IV.1.6. Conception des nouvelles rotations

La conception des nouvelles rotations s'est faite en concertation avec les experts régionaux. Pour chaque cas-type, nous avons décidé ensemble s'il était possible (d'un point de vue pédoclimatique, présence ou non de débouchés, ...) d'y introduire une légumineuse à graines. Quand l'introduction d'une nouvelle légumineuse était possible, il fallait déterminer sa place dans la rotation, son itinéraire technique et si cela entraînait des changements pour les autres cultures de la rotation. Les synthèses des essais variétaux soja réalisés par les partenaires de ProtéAB en première année du projet ont également été utilisées. Les itinéraires techniques de ces simulations sont présentés en annexe 11.

Dans ces nouvelles rotations, deux types de rotations sont apparus. Quand une légumineuse remplace une céréale ou un oléagineux, il y a une réelle augmentation de la part de légumineuses à graines dans la rotation. Dans d'autres rotations, il y a simplement substitution d'une légumineuse par une autre. Ces deux

types de rotations seront par la suite appelées simulations « AJOUT de LG » et simulations « SUBSTITUTION de LG » et seront étudiées séparément.

Les simulations « AJOUT de LG » sont les suivantes :

- **RA 2** : Luzerne – Luzerne – Luzerne – Blé – **Triticale / Pois** – Blé : la culture d'été de tournesol est remplacée par un mélange triticale – pois protéagineux. Il faut ensuite rallonger la rotation par une autre céréale pour ne pas revenir trop vite sur de la luzerne.
- **PDL 2** : Féverole P – Blé – **Soja** (sec) – Tournesol – Blé – Triticale / Pois : le soja est intégré dans la rotation longue non irriguée de PDL2, la rotation est par conséquent rallongée d'un an.
- **PC 1** : Luzerne (3 ans) – Blé – Maïs – Féverole H – Triticale – **Soja** (irrigué) – Orge H : la culture d'été de tournesol est remplacée par un soja. L'irrigation est déjà présente dans la rotation, mais comme la surface irriguée est limitée, l'irrigation de la luzerne est arrêtée et reportée sur le soja.
- **PC 1 bis** : **Soja** (irrigué) – Blé – Maïs : il y a un changement de la structure de la rotation PC1 : elle se transforme en une rotation courte irriguée de trois ans mais pour conserver la même surface irriguée que précédemment, elle passe de 27 à 12 ha. De ce fait la rotation PC2 récupère les 15 ha et passe de 81 à 96 ha.
- **RA 2** : Luzerne (3ans) – Blé – Blé – **Soja** (sec) – Orge H : le soja en sec remplace le tournesol, une orge d'hiver est rajoutée après le soja pour que les trois ans de luzerne ne suivent pas directement le soja.

Pour résumer ces simulations, le tableau 9 indique le pourcentage de légumineuses à graines et le pourcentage total de légumineuses (fourragères + à graines) dans les rotations initiales et les simulations.

Tableau 9 : Pourcentages de légumineuses à graines et totales dans les rotations et les simulations. (Source : calcul de l'auteur)

Rotation initiale	% LG	% luzerne	Simulation	% LG	% luzerne
RA2 – initial	0	50	RA2 – pois mélange	16	50
			RA2 – soja	14	42
PC1 – initial	11	44	PC1 – soja long	22	55
			PC1 bis – soja court	33	0
PDL2 – initial	40	0	PDL2 – soja	50	0

Ce qu'il faut remarquer dans ce tableau est que, bien qu'il y ait une augmentation du pourcentage de légumineuses à graines dans chaque simulation par rapport à la rotation initiale, cela peut également s'accompagner d'une diminution du pourcentage de luzerne. Cela est vrai en 'RA2 – soja' et en 'PC1 bis – soja court'

(cases oranges) quand la structure de la rotation change ou quand il y a ajout d'une céréale supplémentaire. cette diminution du pourcentage de luzerne pourra avoir des impacts agronomiques et environnementaux importants.

Voici les simulations « SUBSTITUTION de LG » :

- **MP 2** : **Triticale / Pois** – Blé – Tournesol : le pois chiche est remplacé par un mélange triticale – pois protéagineux.
- **PDL1** : **Triticale / Pois** – Blé – Maïs : la féverole est remplacée par un mélange triticale – pois protéagineux.
- **PDL 2** : Féverole P – Blé – Tournesol – Blé – **Orge / Pois** : le mélange triticale – pois fourrager est remplacé par un mélange orge – pois protéagineux.
- **MP 2** : **Soja** (sec) – Blé – Tournesol : le pois chiche est remplacé par du soja en sec : 10% des agriculteurs gersois font du soja sec (Jean Arino, communication personnelle).
- **PDL 1** : **Soja** (irrigué) – Blé – Maïs : la féverole est remplacée par un soja, l'irrigation est déjà présente sur la rotation, mais il faut investir dans un deuxième enrouleur car la surface irriguée de la rotation est doublée.

L'analyse de ces simulations suit le même cheminement que celui de l'analyse des rotations initiales : étude des performances économiques des rotations, puis des indicateurs techniques et environnementaux. Pour évaluer l'impact de l'introduction des légumineuses dans les rotations, les indicateurs calculés seront comparés à ceux des rotations initiales.

IV.2. Les performances économiques des simulations.

Pour les résultats économiques des simulations, nous étudierons la marge nette, car c'est l'indicateur le plus complet qui permet de prendre en compte l'ensemble des charges.

IV.2.1. Effet de l'augmentation de la part de légumineuses à graines sur les performances économiques des rotations.

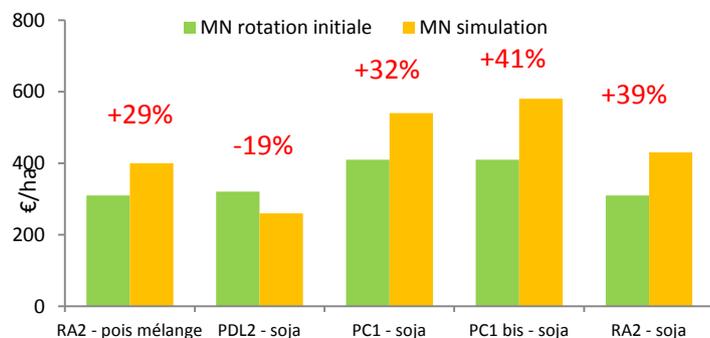


Figure 31 : Marges nettes des cinq simulations 'AJOUT de LG' et de leurs rotations initiales. (Source : calcul Systerre®)

La marge nette de chaque simulation a été calculée et elle est comparée à la marge nette de sa rotation initiale (figure 31). Sur les cinq simulations où il y a augmentation de la part de légumineuses dans la rotation, il y a une augmentation franche de la marge nette dans quatre cas. Il n'y a diminution de la marge nette que dans un seul cas : insertion d'un soja en sec dans la rotation PDL2. La

diminution de la marge nette de la rotation est dans ce cas de -19%. Le rendement faible du soja en sec (1 t/ha) n'arrive pas à

compenser ses charges élevées (1250 €/ha).

En 'RA2 – pois mélange', l'augmentation de marge nette est de 29%. Le tournesol de RA2 a un prix de vente attractif de 390 €/t et une marge brute élevée (1130 €/ha), mais il a également beaucoup de charges de mécanisation et sa marge nette est négative : -50 €/ha. Le mélange triticale-pois qui le remplace a un rendement supérieur et beaucoup moins de charges à l'hectare : 950 €/ha contre 1390 €/ha pour le tournesol. Malgré un prix de vente moins élevé, sa marge nette est au final bien meilleure (580 €/ha). La substitution du tournesol par une légumineuse peut cependant poser question au niveau de l'alimentation animale. Le tourteau de tournesol est en effet couramment utilisé dans la formulation des rations, or là, il sort totalement de la rotation. La forte augmentation de la marge nette de 'RA2 – soja' peut être expliquée en partie par l'ajout d'une céréale entre le soja et la luzerne et pas que grâce à l'introduction de soja dans la rotation.

Changer de culture dans une rotation n'est néanmoins pas si facile, cela a bien entendu des impacts économiques mais également des impacts agronomiques sur la gestion de l'enherbement ou de la fertilisation par exemple.

IV.2.2. Effet de la substitution d'une légumineuse à graines par une autre sur les performances économiques des rotations.

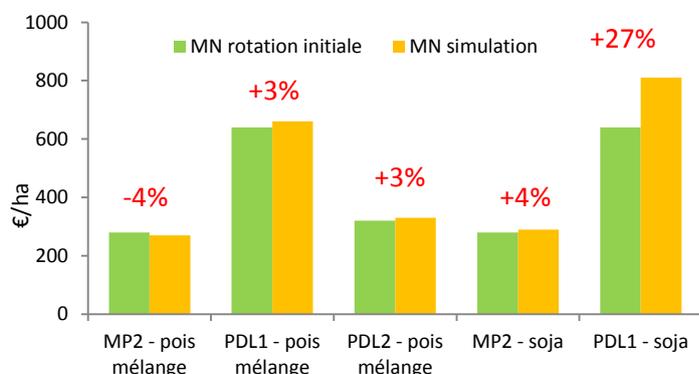


Figure 32 : Marges nettes des cinq simulations 'SUBSTITUTION de LG' et de leurs rotations initiales. (Source : calcul Systerre®)

Pour quatre des simulations « SUBSTITUTION de LG », la variation de la marge nette est presque nulle (figure 32). Dans la simulation 'MP2 – pois mélange' par exemple, il y a diminution de seulement 4% de la marge nette. Une culture à débouché alimentation humaine (le pois chiche) avec un prix de vente très attractif est remplacée, toutes choses égales par ailleurs, par une culture à destination de l'alimentation animale (le mélange triticale-pois). Il n'y a une véritable augmentation de la marge nette que dans la simulation 'PDL1 – soja' où la féverole est remplacée par le soja. La

rotation étant irriguée, le soja a un rendement équivalent à celui de la féverole (3 t/ha) mais il a un prix de vente de 650 €/t.

Pour l'analyse des indicateurs techniques et environnementaux, nous étudierons en particulier le temps de travail et les émissions de gaz à effet de serre.

IV.2.3. Effet de l'introduction des légumineuses à graines dans les rotations sur le temps de travail

Le temps de travail total des simulations (temps de traction + temps d'irrigation + ETA) est comparé figure 33 au temps de travail de leurs rotations initiales.

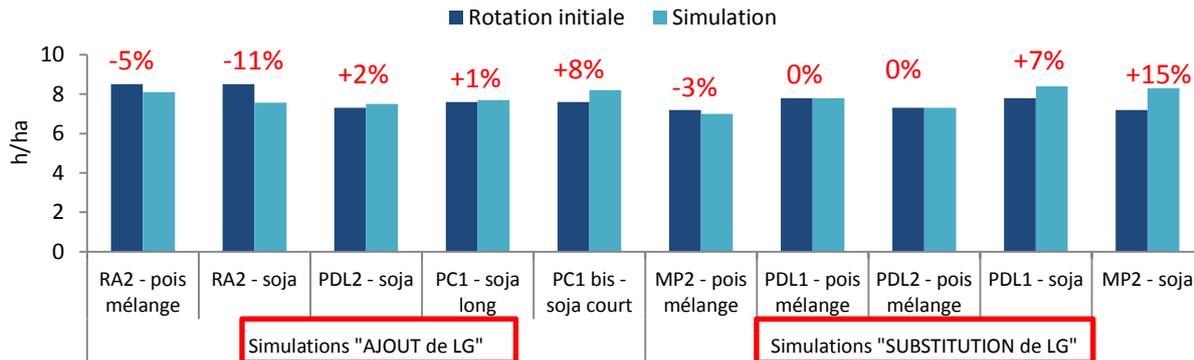


Figure 33 : Temps de travail total des simulations et des rotations initiales en h/ha. (Source : calcul Systerre®)

Sur les cinq simulations « AJOUT de LG », il y a diminution du temps de travail dans deux d'entre elles. Cette diminution est de -5 et -11% pour le mélange pois-céréales en RA2. Dans cette simulation, un tournesol, culture qui demande une culture intermédiaire, plusieurs faux-semis à l'implantation et plusieurs passages de désherbage mécanique en culture, est remplacé par le mélange triticale-pois qui ne nécessite qu'un faux-semis et aucun désherbage en culture. Dans 'PC1 bis-soja court', le temps de travail augmente de 8%, la rotation longue de 9 ans est en effet remplacée par une rotation courte de 3 ans plus intensive en termes d'utilisation d'intrants et de travail du sol.

Sur les cinq simulations « SUBSTITUTION de LG », le temps de travail augmente dans deux simulations impliquant du soja. En PDL1 et MP2, le soja remplace respectivement une féverole et un pois chiche, deux cultures qui demandent moins de temps de travail que le soja. En PDL1, le soja est irrigué. L'augmentation de 7% du temps de travail vient donc a priori de l'irrigation qui sera localisée l'été, période déjà chargée. Dans les simulations où un mélange pois-céréales remplace une autre légumineuse, l'impact sur le temps de travail est négligeable.

IV.2.4. Effet de l'introduction des légumineuses à graines dans les rotations sur les émissions de gaz à effet de serre

Pour représenter les indicateurs environnementaux, nous avons choisi les émissions de gaz à effet de serre, souvent plus parlant que les consommations d'énergie. Là encore, les émissions de gaz à effet de serre des simulations sont comparées à celles des rotations initiales (figure 34).

Dans les simulations « AJOUT de LG », il y a une augmentation remarquable de +120% des émissions de GES en 'PC1 bis-soja court'. Comme pour le temps de travail, cela est dû au changement radical de structure de la rotation. En 'RA2-soja' et 'PDL2-soja', une légère diminution des émissions de GES est visible. Avec l'introduction du soja, ces deux rotations sont rallongées d'une année. Les impacts spécifiques au soja se retrouvent donc un peu dilués par ce rallongement de rotation. Les trois simulations où il y a substitution d'une légumineuse par un mélange céréale-pois montrent peu de différences par rapport aux rotations initiales au niveau des émissions de GES. En revanche, il y a une légère augmentation de ces émissions dans les deux simulations où la légumineuse est remplacée par un soja (PDL1 et MP2). Le soja est une culture qui

demande généralement plus de passages de travail du sol et de désherbage mécanique, une culture intermédiaire et dans le cas de PDL1 de l'irrigation.

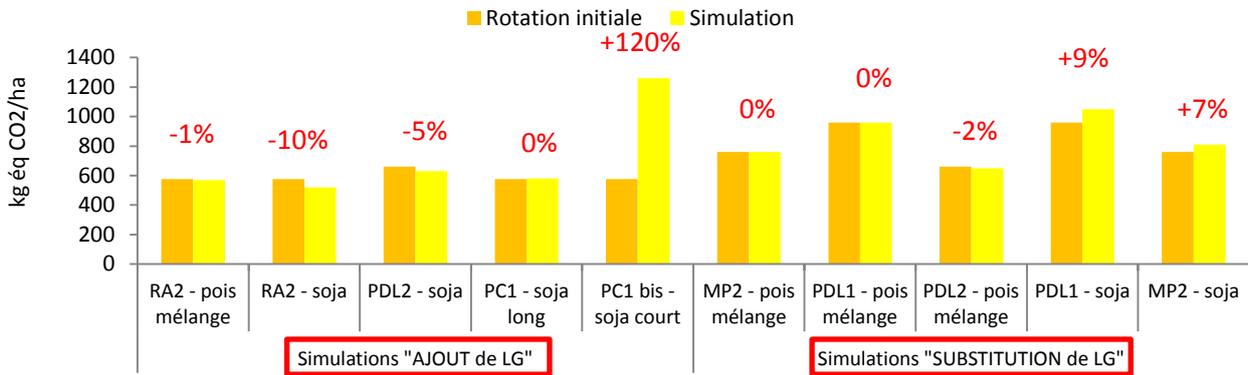


Figure 34 : Emissions de GES pour les simulations et les rotations initiales. (Source : calcul Systerre®)

Dans les exemples étudiés, il y a des bénéfices économiques certains avec les nouvelles rotations qui intègrent une part plus importante de légumineuses à graines. Il y a peu d'effets quand il n'y a qu'une substitution entre deux légumineuses. Les résultats sont plus variables quand il s'agit des indicateurs techniques et environnementaux, ils dépendent principalement des cultures que les légumineuses à graines remplacent dans les simulations. Pour les résultats environnementaux, la combinaison « luzerne + rotation longue » a plus d'impacts sur les indicateurs que la seule présence de légumineuses à graines. Mais l'avantage principal des légumineuses est l'économie d'engrais, à la fois sur la culture et sur la culture suivante. Dans un contexte d'augmentations des prix des intrants énergétiques, les rotations qui permettent d'économiser des engrais sont donc a priori moins sensibles à ces variations. Cette hypothèse est testée dans le paragraphe suivant.

IV.2.5. Effet de l'introduction des légumineuses à graines dans les rotations sur la sensibilité à l'augmentation du prix des intrants énergétiques

Nous reprenons la sensibilité relative des rotations à une augmentation du prix des intrants énergétiques. Pour mémoire, le calcul de la sensibilité est le suivant : ('MN intrants moyens' – 'MN intrants hauts') / 'MN intrants moyens'. La sensibilité des simulations est comparée à la sensibilité de leurs rotations initiales (figure 35).

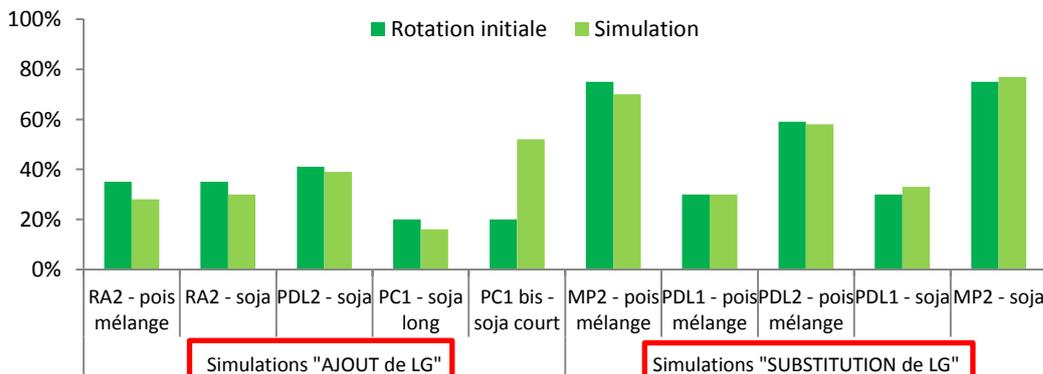


Figure 35 : Sensibilité relative des simulations et des rotations initiales à une augmentation du prix des intrants énergétiques. (Source : calcul de l'auteur)

Dans le cas d'ajout de légumineuses à graines dans les rotations, il y a diminution de la sensibilité à une augmentation du prix des intrants dans quatre cas sur cinq. Cela confirme en partie notre hypothèse sur l'intérêt d'avoir des légumineuses à graines dans une rotation. Il y a toutefois une forte augmentation de cette sensibilité en 'PC1 bis-soja court', cela est encore à mettre en relation avec le changement de structure de la rotation longue qui se transforme en rotation courte irriguée intensive. Comme on pouvait s'y attendre,

il y a beaucoup moins d'effets visibles sur la sensibilité des rotations à l'augmentation du prix des intrants quand il y a une simple substitution d'une légumineuse par une autre.

A retenir sur l'introduction de légumineuses à graines dans les rotations : Il est possible dans certaines rotations d'augmenter la part de légumineuses à graines. Dans ces exemples, les simulations avec introduction de légumineuses à graines montrent peu d'effets sur les indicateurs techniques et environnementaux. Les effets sont principalement dus à la modification de rotation (culture supplémentaire ou culture remplacée). Il y a cependant des meilleurs résultats économiques dans le cas de l'introduction de soja. Néanmoins, les niveaux de prix sont ceux de soja à destination de l'alimentation humaine. Ceci ne répond pas complètement à la demande de protéines pour l'alimentation animale.

Quand il y a substitution d'une légumineuse par une autre, les effets sont beaucoup moins prononcés pour le mélange céréales-pois que pour le soja. L'itinéraire technique du soja est beaucoup plus éloigné de celui de la féverole ou du pois chiche (les légumineuses remplacées) que ne l'est celui du mélange céréales-pois. Le remplacement d'une légumineuse par un soja peut entraîner une amélioration des performances économiques mais également une augmentation du temps de travail et des émissions de GES.

Cela s'est avéré un peu plus compliqué que prévu de changer les rotations et d'analyser les impacts d'une augmentation de la part des légumineuses à graines pour l'alimentation animale dans les rotations précédemment définies. Ainsi, même avec plusieurs méthodes d'analyses, isoler les impacts spécifiques des légumineuses à graines reste difficile. L'impact de la luzerne est plus important que celui de légumineuses à graines. Comme nous l'avons vu précédemment avec l'exemple du soja, il est important de rappeler que si la part des légumineuses à graines augmente dans la sole française, toutes ces nouvelles surfaces ne seront pas forcément à destination de l'alimentation animale. En effet, une des grandes problématiques des légumineuses à graines est la concurrence avec l'alimentation humaine. Nous prendrons deux exemples pour illustrer notre propos : le soja et la lentille.

IV.5. La concurrence avec l'alimentation humaine

IV.5.1. Un soja cultivé pour l'alimentation animale serait-il aussi rentable qu'un soja pour l'alimentation humaine ?

Actuellement, la grande majorité du soja français est cultivé pour l'alimentation humaine. Le marché des Soy Food a une croissance de 10 à 15% par an et n'est pas encore saturé : l'ONIDOL estimait en 2009 qu'il allait y avoir une multiplication de 2,5 à 4 des besoins en graines à un horizon de 10 ans (ONIDOL, 2009). Seules les surfaces qui sont en deuxième année de conversion ou déclassées à cause d'une teneur en protéines trop faible (<39% sur graines sèches) partent en alimentation animale. Environ 20% des surfaces de soja bio sont déclassées chaque année (Dupetit, 2011 d'après Alain Lecat, AgriBioUnion, communication personnelle). Or il y a une réelle demande pour du soja bio en alimentation animale en France, ce soja est payé moins cher que du soja pour l'alimentation humaine : 500 €/t en moyenne en 2011. La question est de savoir si un soja cultivé spécialement pour l'alimentation animale avec un itinéraire technique adapté, que nous appellerons « Soja AA », serait rentable dans les rotations, quelle est la différence de marges entre ce soja AA et le soja 'classique' cultivé pour l'alimentation humaine (« Soja AH ») et enfin, à quels niveaux devraient être son prix de vente et son rendement pour que les marges soient égales. Les itinéraires techniques de ces sojas sont présentés dans le tableau 10. Le soja AA peut être conduit avec un itinéraire technique un peu moins intensif que le soja AH : un à deux passages de désherbage en moins, un ou deux tours d'eau de moins, une proportion plus élevée de semences de fermes. La variété ECUDOR est moins riche en protéines que ISIDOR, mais elle est plus productive : le rendement est le même pour les deux sojas alors que le soja AA a moins d'intrants.

Tableau 10 : Itinéraires techniques des sojas AH et AA
(Source : dire d'expert)

	Soja AH	Soja AA
Variété	ISIDOR	ECUDOR
Travail du sol	labour 3 vibroculteurs	labour 2 vibroculteurs
Désherbage	1 houe rotative 3 bineuses	1 houe rotative 2 bineuses
Irrigation	7 x 40mm	5 x 40mm

La comparaison des deux sojas a été réalisée dans les régions où le soja est une culture 'traditionnelle' et déjà bien développée : Rhône-Alpes et Midi-Pyrénées. Nous avons ensuite calculé les marges brutes et nettes de ces deux cultures (soja AA et soja AH) et de leurs rotations. Les résultats sont présentés dans le tableau 11.

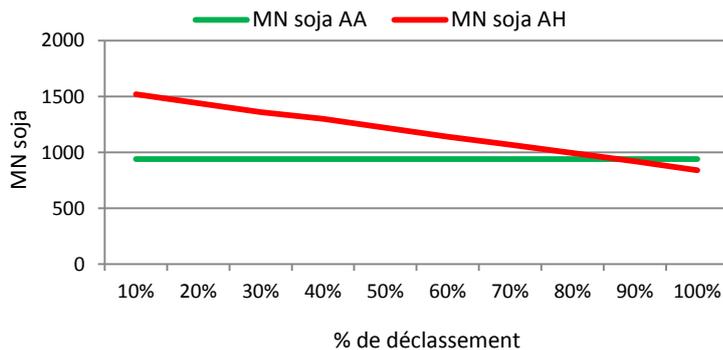
Tableau 11 : Comparaison des marges à la culture et à la rotation pour le soja AH et le soja AA en Rhône-Alpes et Midi-Pyrénées. (Source : calcul Systerre®)

€/ha	Rhône-Alpes	Midi-Pyrénées
Marge <u>brute</u> soja AH	2 550	1 830
Marge <u>brute</u> soja AA	2 000 (-21%)	1 560 (-15%)
Marge <u>nette</u> soja AH	1 440	870
Marge <u>nette</u> soja AA	930 (-35%)	660 (-24%)
Marge <u>nette rotation</u> soja AH	1 010	700
Marge <u>nette rotation</u> soja AA	840 (-10%)	550 (-21%)

Première constatation, le soja AA est toujours moins rentable que du soja AH malgré son itinéraire technique adapté. Il y a diminution de la marge nette de la culture de 35% en Rhône-Alpes et de 24% en Midi-Pyrénées. En Rhône-Alpes cependant, la marge nette du blé est de 700 €/ha et celle du maïs de 880 €/ha,

malgré la diminution de marge nette de 35%, le soja AA reste la culture la plus rentable des trois de la rotation. En Rhône Alpes, pour que la marge nette du soja AH et celle du soja AA soient égales, il faudrait que le prix de vente du soja AA atteigne 630 €/t, soit une augmentation de 120 €/t, ou qu'il ait un rendement de 5 t/ha (+1t/ha). En Midi-Pyrénées, pour que les deux marges nettes soient égales, il faudrait que le prix de vente de soja AA soit de 625 €/t (+125 €/t) ou qu'il ait un rendement de 3,5 t/ha. (+0,7 t/ha). De telles augmentations paraissent improbables.

Par contre un autre point est à prendre en compte : le déclassement des sojas. Si le taux protéique sur graines sèches est inférieur à 39%, le soja pour l'alimentation humaine est déclassé en alimentation animale. A partir de quel pourcentage de déclassement est-il plus intéressant de faire du soja directement pour l'alimentation animale ? En partant d'une hypothèse de départ de 20% de déclassement, nous avons calculé la marge nette du soja AH en augmentant petit à petit ce pourcentage, le résultat est présenté figure 36. La marge nette du soja cultivé pour l'alimentation animale devient supérieure à la marge nette du soja AH à partir de **85%** de déclassement. Or en moyenne, il n'y a que 20% de déclassement pour le soja.



A retenir sur le soja : Quand les conditions pédoclimatiques permettent sa culture, le soja est dans nos exemples intéressant d'un point de vue économique. Le soja à destination de l'alimentation humaine est sous les hypothèses choisies plus rentable qu'un soja pour l'alimentation animale.

Figure 36 : Marge nette du soja AH de RA1 en fonction du % de déclassement
(Source : calcul de l'auteur)

IV.5.2. La compétition avec d'autres légumineuses à graines. Exemple de la lentille en Rhône-Alpes

D'autres légumineuses à graines que le soja peuvent entrer en concurrence avec l'alimentation animale. Dans les régions où le climat est chaud et sec l'été, le stress hydrique limite fortement la culture du pois et de la féverole. Les légumineuses à graines telles que la lentille et le pois chiche sont en revanche souvent présentes dans les rotations non irriguées. Ces deux cultures sont, comme une grande partie du soja français, à destination de l'alimentation humaine. Le prix de vente de la lentille est d'en moyenne 800 €/t ce qui, quand

le débouché existe, la rend très intéressante dans une rotation. Dans la rotation non irriguée de Rhône-Alpes par exemple, il est possible de remplacer la culture d'été de tournesol par une lentille, puis de rallonger la rotation par une céréale d'hiver pour que les trois années de luzerne ne suivent pas une légumineuse. Grâce à son prix de vente élevé, la marge nette de la lentille est de 150 €/ha dans cette rotation alors que celle du tournesol est de -40 €/ha. La marge de la rotation passe alors de 300 à 360 €/ha, ce qui représente un gain de 3 240 €/UTH sur l'exploitation.

Un petit bémol toutefois, l'itinéraire technique de la lentille (présenté en annexe 8) est bien moins intensif en désherbage que celui du tournesol. Les trois passages de vibroculteur et les trois passages de bineuses réalisés dans le tournesol étaient bénéfiques à toute la rotation. De plus, la récolte de la lentille peut être compliquée par la verse de la plante, et enfin, le tri de la culture est obligatoire pour le débouché en alimentation humaine : le taux d'impureté toléré maximal est de 3% (Chambre Régionale d'Agriculture Ile-de-France, 2004).

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les critères économiques ne sont pas les seuls critères de choix des agriculteurs. Des critères agronomiques et techniques influencent directement le choix d'une rotation. Le soja a beau se distinguer d'un point de vue économique dans une rotation, il demande également un temps de travail non négligeable : 10,2 h/ha en moyenne contre 5,5 h/ha pour la féverole et 4,8 pour les mélanges céréales – protéagineux. Ce temps de travail est concentré l'été à cause de l'irrigation, période déjà chargée par les moissons, les déchaumages et autres travaux du sol estivaux, l'implantation des couverts, etc. C'est une culture qui a également des impacts environnementaux non négligeables : l'énergie primaire consommée par le soja est d'en moyenne 27 520 MJ/ha alors qu'elle n'est que de 5 420 MJ/ha pour le blé tendre. Il est donc primordial de prendre en compte tous les indicateurs (économique, agronomique, technique et environnemental) pour discuter de l'intérêt des légumineuses à graines dans une rotation.

A retenir sur la concurrence alimentation humaine – alimentation animale : même s'il est possible de développer les surfaces en légumineuses biologiques en France, il faut être conscient que tout ne sera pas à destination de l'alimentation animale. Pour l'instant, les débouchés en alimentation humaine ne sont pas saturés et sont plus rentables pour les agriculteurs. Il est donc possible d'avoir les bienfaits des légumineuses à graines dans une rotation mais en ayant un débouché alimentation humaine plus rentable que l'alimentation animale.

Partie V : Discussion, limites et perspectives de l'étude

V.1. Quels leviers pour développer la culture des légumineuses à graines biologiques en France ?

Un des objectifs premiers du projet ProtéAB étant de développer les surfaces de légumineuses à graines en Agriculture Biologique, plusieurs leviers ont été identifiés dans cette étude pour permettre de répondre à cette question.

V.1.1. Diminuer les coûts de production = diminuer les charges ou augmenter les rendements

Pour rendre les légumineuses à graines plus attractifs dans les rotations, une des solutions serait de diminuer leur coût de production (cf. III.2.2). Sur certains postes du coût de production, les agriculteurs ont peu de marge de manœuvre. Le fermage est fixé en fonction du contexte pédoclimatique et du potentiel du sol donc ils peuvent difficilement jouer dessus. Il en est de même pour les autres charges fixes qui varient peu d'un cas-type à l'autre (entre 90 et 100 €/ha) et sont souvent incompressibles. En revanche, les charges de mécanisation et de main d'œuvre qui sont les postes de charges les plus élevés, et le poste des intrants sont des leviers importants pour améliorer le coût de production car ils sont indépendants des facteurs extérieurs à l'exploitation.

V.1.1.1. Les charges de mécanisation comme levier d'action

Dans les onze rotations, les charges de mécanisation hors irrigation s'échelonnent de 240 à 550 €/ha, soit de 24 à 45% du total des charges engagées. A l'échelle de la culture, la moyenne des charges de mécanisation du soja est de 630 €/ha soit 43% de son coût de production. Est-ce qu'il ne serait pas possible de réduire ces charges ? Une des solutions possible est la mise en commun du matériel. En développant des CUMA ou la copropriété, il est possible d'acheter en commun du matériel plus cher, plus performant avec des débits de chantiers plus élevés. Les charges de mécanisation et de main d'œuvre s'en trouvent alors diminuées. Deux exemples avec du matériel de désherbage mécanique :

- une bineuse 6 rangs classique coûte 4 700 € et a un débit de chantier de 1,4 ha/h. Une bineuse 6 rangs à guidage caméra coûte 19 700 € et a un débit de 3 ha/h.
- une herse étrille de 6m coûte 4 300 € pour un débit moyen en post levée de 3,2 ha/h, une herse étrille de 12m vaut elle 9 900€ mais a un débit de 6,3 ha/h en post levée (Sources Basemeq® ; Marion Pottier, communication personnelle).

De plus, il y a des stratégies de gestion du parc matériel très diverses sur nos cas-types :

- En Bretagne : il n'y a pas de CUMA, tout le matériel est en propre. Le seul outil de désherbage présent sur l'exploitation est un herse étrille de 12m.
- En Midi-Pyrénées : la moissonneuse, les deux remorques, les deux semoirs et l'épandeur de fumier sont à 50% en copropriété, le reste du matériel est en propre.
- En Rhône-Alpes : le broyeur et le rouleau sont en CUMA. Toutes les récoltes des cultures y compris celle de la luzerne, le transport des grains et la fertilisation sont réalisés par entreprise.

Il ne serait pas juste d'un point de vue méthodologique de comparer directement l'impact de la stratégie de gestion du parc matériel sur les résultats économiques et environnementaux de ces exploitations car les contextes pédoclimatiques, les cultures, les itinéraires techniques et les potentiels de sols sont trop différents. Il serait par contre possible de calculer l'effet de ces stratégies sur les charges de mécanisation en prenant plusieurs scénarios (ETA, CUMA, copropriété) pour chaque cas-type. Attention cependant, si les charges de mécanisation de l'exploitation diminuent, les charges à l'hectare des légumineuses à graines vont diminuer mais éventuellement aussi celles des autres cultures. Diminuer les charges de mécanisation peut améliorer la rentabilité des légumineuses à graines mais pas forcément leur compétitivité par rapport aux autres cultures de la rotation.

V.1.1.2. Augmenter ou régulariser les rendements ?

Le rendement est la première composante du coût de production. Augmenter les rendements pourrait donc constituer un levier efficace pour diminuer ces coûts de production. Dans les cas-types «intensifs» (en termes d'utilisation d'intrants), les rendements peuvent atteindre 4,5 t/ha pour le blé, 10 t/ha pour le maïs, 3,5 t/ha pour les féveroles. Il est donc possible d'atteindre des niveaux de rendements élevés dans des rotations biologiques. Cette productivité est cependant directement liée au potentiel du sol, sur lequel il est difficile d'intervenir, et les stratégies de fertilisation et de désherbage sont dans les cas-types déjà adaptées à ce potentiel de sol. Il existe néanmoins des marges de manœuvres pour augmenter les rendements dans les rotations en grandes cultures biologiques.

Quelques pistes intéressantes sont testées dans les essais réalisés dans le cadre du projet ProtéAB. Ces essais doivent permettre de déterminer les variétés de légumineuses à graines les mieux adaptées à l'AB dans les contextes régionaux (concurrence aux adventices, résistances aux maladies), les itinéraires techniques les plus performants, etc.

Mais cette perspective d'intensification a toutefois ses limites. Les rotations qui ont les meilleurs rendements sont les rotations courtes. Le délai de retour entre les cultures est d'en moyenne trois ans dans ces rotations, or la fréquence de retour conseillée est de 5-6 ans pour les féveroles et les pois (ITAB 2009a, ITAB 2009b). La diminution de ce temps de retour peut entraîner une augmentation de la pression en ravageurs et en maladies. De plus, nous n'avons pour l'instant que peu de recul sur la durabilité des rotations courtes de type « légumineuse-blé-maïs », notamment sur la gestion de l'enherbement. En cas de fortes infestations, les vivaces comme le chardon, le rumex ou le chiendent sont difficiles à gérer et il n'existe pas de

« solutions miracles » pour s'en débarrasser. La forte irrégularité de rendements des légumineuses à graines les désavantagent fortement lors du choix de l'assolement. En plus de l'augmentation de ces rendements, un enjeu de la production de légumineuses à graines semble également de s'orienter vers une régularisation de ces derniers.

V.1.2. Augmenter les prix de vente des légumineuses à graines

Pour inciter les agriculteurs à cultiver des légumineuses à graines pour l'alimentation animale, une solution est d'augmenter les prix de vente de ces cultures. Ce qui rend actuellement si attractives les cultures pour l'alimentation humaine est leur prix de vente élevé. Au moment de la rédaction de ce rapport, les prix de vente des légumineuses à graines étaient élevés : le prix de vente départ champ des pois et des féveroles était de 385 €/t et celui du soja pour l'alimentation animale (soja AA) de 600 €/t. Les prix du pois, de la féverole et du soja AA sont supérieurs aux prix considérés comme 'hauts' dans les simulations de variations de prix de vente. Le prix des céréales et du maïs sont eux à niveaux comparables à ceux des prix 'hauts'. Le tableau 12 présente le gain de rentabilité Δ dû au passage du contexte 'prix moyens' au contexte 'prix actuels' :

$$\Delta = (\text{MN Légumineuse} - \text{MN Rotation})_{\text{prix actuels}} - (\text{MN Légumineuse} - \text{MN Rotation})_{\text{prix moyens}}$$

Tableau 12 : Gain de rentabilité des légumineuses dû au passage en prix actuels (Source : calcul de l'auteur)

	Pois BG1	Féverole BZH	Féverole PDL1	Féverole PDL2	Féverole PC1	Féverole PC2
Δ	43	105	11	34	11	1

Plus ce différentiel est positif et plus les légumineuses sont rentables dans les rotations dans le contexte 'prix actuels' par rapport au contexte 'prix moyens'. Dans l'étude présentée tout au long de ce rapport, les légumineuses avaient plutôt de bons résultats économiques avec les prix définis par direx d'experts. En prix actuels, ces résultats sont au moins aussi bons (quand Δ est petit, en PDL1, PC1 et PC2) voire même bien meilleurs (quand Δ est grand en BG1, NZH et PDL2).

Pour déterminer les rendements et les prix pour lesquels les légumineuses à graines sont rentables dans une rotation donnée. Par « rentable » nous entendons que la marge de la culture contribue à augmenter la marge de la rotation. Nous calculons donc la marge nette de la légumineuse en faisant varier les prix et les rendements, et pour chaque cas, nous comparons cette marge à la marge nette de la rotation.

- Si MN légumineuse > MN rotation : la légumineuse est rentable dans la rotation
- Si MN légumineuse < MN rotation : la légumineuse n'est pas rentable dans la rotation

Le tableau 13 ci-dessous permet de comparer la marge nette du soja en Rhône-Alpes par rapport à la marge nette de la rotation, en fonction du rendement et du prix de vente de cette culture. Pour mémoire, la marge nette de la rotation RA1 est de 940 €/ha dans un contexte de prix et de rendements moyens (4 t/ha à 650 €/t). Dans ces conditions de prix et de rendements, la marge nette de ce soja est comprise entre 1 400 et 1 480 €/ha, ce qui est largement supérieur à la marge de la rotation. Il est également possible de placer dans ce tableau des contextes variables de prix et de rendements. Par exemple, dans un contexte de prix haut (750 €/t), la marge nette du soja est toujours rentable, quel que soit le contexte de rendement (à 3, 4 ou 5 t/ha).

NB : les contextes de prix et de rendements bas-moyens-hauts ont été définis avec les partenaires régionaux pour chaque culture et rotation. Ces niveaux de prix et de rendements sont réalistes pour la région, les marges sont donc atteignables.

Ces tableaux sont des outils simples permettant d'avoir un ordre d'idée concernant les niveaux de prix et de rendements permettant aux légumineuses à graines d'être rentables dans un contexte donné. Ou bien, connaissant un rendement ils permettent de déterminer le prix de vente de rentabilité de la culture ou vice versa. Attention cependant, les autres cultures de la rotation sont 'fixées' : leurs prix et rendements ne varient pas, ce qui n'est pas forcément toujours vrai. Les tableaux pour les autres légumineuses sont présentés en annexe 12.

Tableau 13 : Marges nettes du soja en fonction de son prix de vente et de son rendement. (Source : calcul de l'auteur)

Rendement (t/ha)	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4	4,6	4,8	5
Prix de vente (€/t)														
440	-100	-12	76	164	252	340	428	516	604	692	780	868	956	1044
460	-52	40	132	224	316	408	500	592	684	776	868	960	1052	1144
480	-4	92	188	284	380	476	572	668	764	860	956	1052	1148	1244
500	44	144	244	344	444	544	644	744	844	944	1044	1144	1244	1344
520	92	196	300	404	508	612	716	820	924	1028	1132	1236	1340	1444
540	140	248	356	464	572	680	788	896	1004	1112	1220	1328	1436	1544
560	188	300	412	524	636	748	860	972	1084	1196	1308	1420	1532	1644
580	236	352	468	584	700	816	932	1048	1164	1280	1396	1512	1628	1744
600	284	404	524	644	764	884	1004	1124	1244	1364	1484	1604	1724	1844
620	332	456	580	704	828	952	1076	1200	1324	1448	1572	1696	1820	1944
640	380	508	636	764	892	1020	1148	1276	1404	1532	1660	1788	1916	2044
660	428	560	692	824	956	1088	1220	1352	1484	1616	1748	1880	2012	2144
680	476	612	748	884	1020	1156	1292	1428	1564	1700	1836	1972	2108	2244
700	524	664	804	944	1084	1224	1364	1504	1644	1784	1924	2064	2204	2344
720	572	716	860	1004	1148	1292	1436	1580	1724	1868	2012	2156	2300	2444
740	620	768	916	1064	1212	1360	1508	1656	1804	1952	2100	2248	2396	2544
760	668	820	972	1124	1276	1428	1580	1732	1884	2036	2188	2340	2492	2644

■ MN soja << MN rotation ■ MN soja ≈ MN rotation ■ MN soja >> MN rotation

V.1.3. Augmenter les surfaces en grandes cultures biologiques

Dans la plupart des rotations des cas-types étudiés, le maximum de légumineuses est déjà atteint. Les rotations longues ont pour tête de rotation une légumineuse fourragère pluriannuelle suivie de deux céréales. Une légumineuse à graine sert de relais azoté. Dans les rotations courtes, il y a déjà une légumineuse à graines tous les trois ans. Comme il s'avère très difficile d'augmenter le pourcentage de légumineuses dans les rotations étudiées, la solution serait d'augmenter les surfaces en grandes cultures biologiques. En 2012, les 6% de la SAU en AB que prévoyait le Grenelle de l'Environnement sont encore loin d'être atteints. Si la dynamique de conversion des exploitations céréalières se poursuit, toute surface nouvellement engagée augmentera potentiellement les surfaces en légumineuses à graines.

V.1.4. Contractualiser

Face aux incertitudes des marchés et à la volatilité des prix des denrées agricoles (cf. figure 28), un double besoin se fait sentir dans les filières :

- Un **besoin de lisibilité** : en débouchés pour les producteurs, en matières premières pour les transformateurs et en approvisionnement pour les distributeurs
- Un **besoin de stabilité** : en prix et en volumes

Il pourrait donc être judicieux de mettre en place un vrai dialogue entre producteurs, transformateurs et distributeurs pour fixer collectivement des prix justes et équitables pour l'ensemble de la filière (FNAB, 2011). La contractualisation est un bon moyen pour faire face à ces problématiques d'approvisionnement. C'est une démarche forte en Agriculture Biologique, souvent mise en place pour les cultures à destination de l'alimentation humaine. Des contrats pluriannuels assurent les approvisionnements et la continuité des filières tout en partageant les risques, cela pour avoir une vision à moyen terme dans les filières. La contractualisation permet également d'assurer la qualité et la traçabilité des produits. Des scandales concernant la traçabilité des produits biologiques peuvent en effet être dangereux pour la pérennité de l'ensemble de la filière biologique en France.

Des projets de contractualisation en grandes cultures commencent à voir le jour. Dans la région Pays de la Loire par exemple, il existe des contrats sur trois ans entre un fabricant d'aliment pour les monogastriques et une coopérative. Sur ces contrats sont spécifiés un prix haut maximum, un prix bas garanti et il est stipulé que le prix des cultures bio doit être égal au double de celui en conventionnel (Biofil, 2010). Toujours en Pays de la Loire, un fabricant d'aliments pour les volailles souhaitant se fournir en céréales produites localement a mis en place des contrats avec des céréaliers garantissant pendant cinq ans un prix d'achat égal ou supérieur au

prix du marché. Pour développer les grandes cultures biologiques, ces contrats donnent également une prime de conversion de 100 €/ha la première année et de 50 €/ha la deuxième année (Biofil, 2010). Dans ces deux exemples l'objectif est le même : garantir une rémunération correcte pour le céréalier et un prix des aliments abordables pour l'éleveur.

V.2 Limites et perspectives de l'étude

Un des intérêts majeurs des cas-types est qu'ils sont réutilisables et non figés. Comme les hypothèses sont explicitées, il est possible de modifier un rendement, un prix de vente, un outil,... Même si les hypothèses choisies dans cette étude pourront toujours être contestées, elles ont au moins le mérite d'être transparentes et justifiées. Malgré toute l'attention portée aux choix méthodologiques, les résultats présentés n'en sont pas moins discutables. Il faut se rappeler que ce sont des résultats « moyens » : ils sont calculés à partir d'itinéraires techniques moyens, à prix moyens et pour des rendements moyens. Les valeurs réelles observables dans les exploitations peuvent se situer bien en dessus ou bien en dessous. Nous sommes également conscients de la faiblesse de l'échantillon étant donné la diversité des situations étudiées, ce qui ne nous permet pas de conclure solidement mais seulement de donner des grandes tendances dans notre échantillon en fonction de notre jeu d'hypothèses. Néanmoins, le but de ce rapport était aussi de proposer et de soumettre à discussion des méthodes d'études pour les systèmes céréaliers biologiques.

V.2.1. Limites de l'étude et améliorations méthodologiques possibles

V.2.1.1. Les limites du logiciel Systerre®

Pour certaines données d'entrées des cas-types difficiles d'accès, nous avons utilisé les normes d'ARVALIS – Institut du Végétal ou des valeurs moyennes. Par exemple, la rémunération de la main d'œuvre familiale est fixée à 12 600 €/an/UTH à laquelle on ajoute la MSA. Le montant du DPU a lui été estimé à 250 €/ha. Cela a l'avantage de faciliter la comparaison et l'analyse des résultats, mais cela entraîne par la même occasion une perte d'informations sur les pratiques régionales et leur variabilité.

Du fait de la grande variabilité des types d'irrigation au sein d'une même région, les **charges d'irrigation** ont été les charges les plus difficiles à estimer. Les charges obtenues ont bien été validées par les experts régionaux mais elles ne reflètent pas la grande hétérogénéité des pratiques. Les **légumineuses** non productives types couverts ou jachères ne sont pas prises en compte pour le calcul des bilans azotés. De plus, les restitutions des légumineuses productives sont automatiquement ramenées au montant des exportations. Il n'est donc pour l'instant pas possible d'estimer précisément l'effet précédent des légumineuses autrement qu'à dire d'experts. Ainsi, il serait intéressant de comparer l'effet précédent de la féverole avec celui du pois ou du soja.

Par manque de références, les émissions de GES et les consommations d'énergie des **semences biologiques** sont calculées comme pour des semences conventionnelles. Or les semences biologiques ont sûrement des impacts différents étant donné que les itinéraires techniques, les intrants et les rendements pour les produire sont différents de ceux des semences conventionnelles. Les semences ne représentant néanmoins que 7,7% de l'émission des GES et 5,7% de la consommation d'énergie, c'est un poste un peu plus anecdotique. De plus, la phase de production des **engrais organiques** n'est pas prise en compte dans le calcul des émissions de GES. Pour la partie environnementale de l'évaluation multicritère, nous n'avons analysé que trois indicateurs : les émissions de GES, la consommation d'énergie primaire et le bilan des minéraux NPK. D'autres indicateurs qui ne sont pas disponibles sur Systerre® mériteraient d'être étudiés : le devenir des Eléments Traces Métalliques dans les sols, la pollution par les nitrates, émission de NH3 par volatilisation, la diversité floristique, la consommation d'eau d'irrigation en période critique, ...

V.2.1.2. Les limites des cas-types et des simulations

Il n'est pas inutile de souligner encore une fois l'importance des hypothèses de départ. Les résultats sont justes et cohérents mais sous ces hypothèses-là. Attention donc à ne pas extrapoler trop vite les cas-types. Par exemple, les bons résultats des légumineuses à graines sont à nuancer. Dans nos exemples, les légumineuses à graines sont souvent rentables mais elles sont dans des situations qui leur sont favorables.

Elles ont été positionnées dans les rotations dans des contextes pédoclimatiques qui leur étaient adaptés. Seule la féverole n'est peut-être pas placée dans les situations où elle peut exprimer le mieux son potentiel de rendement, étant donné les régions d'étude.

Comme tout modèle, les cas-types ont leurs inconvénients : leur régularité parfaite (la rotation = l'assolement) n'est pas très plausible. Et en simplifiant la réalité, certains éléments n'ont pas été pris en compte. Le **prix de vente** des cultures est le même pour tous les cas-types. Or, les prix de vente varient dans le temps ET dans l'espace : dans une région, la proximité avec un débouché peut jouer fortement sur les prix.

Par manque de données, la **capacité de stockage** sur les exploitations n'est pas considérée. Or, les agriculteurs ayant des capacités de stockage peuvent mieux valoriser leur production et augmenter leur revenu. La solution serait de rajouter une prime de stockage aux prix de vente. **Le désherbage manuel** est fréquemment utilisé en Agriculture Biologique et énormément consommateur de temps et de main d'œuvre. Dans nos cas-types, il n'est pourtant pas considéré comme systématique mais plus comme une solution de rattrapage potentielle pour des adventices problématiques comme le datura, le xanthium, l'ambrosie ou le tournesol sauvage. Il n'a donc pas été comptabilisé dans les cas-types. Si ces problèmes se développent et qu'il soit alors souhaitable de prendre en compte le désherbage manuel, il serait possible de l'ajouter aux charges en multipliant le débit de chantier par le coût horaire de la main d'œuvre extérieure.

Nous avons choisi de prendre un coût zéro pour les **engrais organiques** autoproduits ou obtenus par échange. Étant donné les prix actuels des engrais, ce choix méthodologique est discutable. Nous aurions peut-être mieux fait de parler en « coût d'opportunité ». Si l'agriculteur n'avait pas produit son engrais il aurait dû l'acheter. Même autoproduit, le prix d'un engrais n'est jamais nul. Dans les **simulations « variations des prix de vente »** des cultures, les prix varient tous dans le même sens : dans un contexte « prix bas » tous les prix sont bas. Or, ce n'est pas forcément toujours le cas. Deux idées pour résoudre ce problème :

- Utiliser les contextes historiques des prix
- Les faire varier dans des sens différents par catégories de cultures (céréales/oléagineux/protéagineux) ou en fonction de leurs débouchés (alimentation humaine, animale, biomasse,...)

Pour aller plus loin dans les tests de robustesse des rotations face à des chocs, il serait envisageable de faire des études fréquentielles sur les accidents en culture des légumineuses (sur dix années, combien de fois le pois ne peut pas être récolté, combien de fois la féverole souffre de sécheresse à la floraison, ...). Ces fréquences permettraient éventuellement d'appréhender la variabilité des rendements des légumineuses et de connaître les systèmes les plus robustes sur une période donnée. Des **enquêtes quantitatives** ainsi que l'analyse d'essais systèmes longue durée contribueraient sûrement à améliorer la représentativité des cas-types et à combler leurs lacunes. D'autres enjeux sont intéressants actuellement mais sont plus difficiles à caractériser : biodiversité, pression foncière, contribution à l'emploi, valeur paysagère, ...

V.2.2. Quelques pistes pour aller plus loin

La première étape après ce stage est de diffuser largement les cas-types pour **validation définitive**, d'une part auprès des partenaires régionaux du projet, puis auprès de toutes les personnes susceptibles de proposer des axes d'amélioration. Une présentation des cas-types sous forme de fiches techniques contribuerait sûrement à une meilleure appropriation de ces outils par tous les acteurs concernés. Pour approfondir encore cette étude, plusieurs pistes s'offrent à nous. Nous pourrions calculer les indicateurs Systerre® sur des exploitations réelles proches des cas-types et comparer ainsi les résultats obtenus et « valider » d'une certaine manière les cas-types.

Trois des cas-types ProtéAB (Pays de la Loire, Rhône-Alpes et Poitou-Charentes) sont basés sur des cas-types créés en 2010 lors du projet CAS DAR RotAB (Bonte, 2010). Depuis leur création il y a deux ans, plusieurs choses ont changé. De nouveaux outils de désherbage mécanique se sont popularisés, le binage des céréales s'est répandu, des types d'engrais devenus trop chers ont été remplacés par d'autres (la farine de plumes par de la farine de viandes en Rhône-Alpes), l'irrigation est de plus en plus controversée en Poitou-Charentes,... et surtout les prix de vente ont augmenté. Ces changements peuvent avoir de gros impacts sur les indicateurs. Un exemple est donné tableau 14 avec la marge nette des rotations :

Tableau 14 : Marges nettes prix et rendements moyens des cas-types communs aux projets RotAB et ProtéAB

€/ha	RA 1	RA 2	PDL 1	PDL 2	PC 1	PC 2
Marge nette RotAB 2010	570	270	420	240	360	340
Marge nette ProtéAB 2012	1010	310	640	320	410	370

Une **actualisation** tous les trois ou quatre ans des cas-types déjà existants permettrait de suivre les évolutions de l'Agriculture Biologique en France. Il ne serait pas non plus impossible d'utiliser ces cas-types pour étudier les facteurs de compétitivité et les marges de manœuvres dont disposent les producteurs français face à leurs concurrents européens (Espagne, Italie, Europe de l'Est,...) ou internationaux.

Un autre volet de ProtéAB actuellement en cours, porte sur l'impact environnemental des légumineuses à graines dans les rotations et les systèmes. Cette étude est réalisée par l'association Solagro qui utilise un outil nommé « **Dialecte** » pour réaliser des diagnostics environnementaux. Comme l'outil Systerre® calcule lui aussi des indicateurs environnementaux, il était prévu au départ de comparer les méthodes et les résultats, en utilisant Dialecte sur les cas-types ou Systerre® sur les exploitations que Solagro avait enquêté. Par manque de données communes, tout n'a cependant pas pu être réalisé. A première vue toutefois, les deux méthodes seraient plutôt complémentaires car les indicateurs calculés par les deux outils ne sont pas les mêmes. Les résultats définitifs de ces diagnostics n'étaient pas disponibles au moment de la rédaction de ce mémoire.

Plusieurs thématiques semblent particulièrement intéressantes pour la dernière année du projet ProtéAB. Faire le lien vers l'élevage et les fabricants d'aliments pour le bétail paraît nécessaire pour un projet portant sur l'alimentation animale. Pour cela, pourquoi ne pas essayer d'optimiser les systèmes décrits dans les cas-types construits dans cette étude ? En utilisant les coûts de production et/ou les prix d'intérêts des cultures, il serait possible de calculer le prix de revient des rations pour les monogastriques et les comparer aux prix actuels. Dans un deuxième temps, il serait envisageable d'essayer d'optimiser les rotations des cas-types dans le but d'optimiser la fabrication des rations. Des cas-types plus orientés vers la polyculture-élevage ou chez des FAFeurs (Fabricants d'Aliments à la Ferme) seraient cependant peut être plus pertinents pour une telle étude. Les FAFeurs ont en effet un vrai lien entre les ateliers productions végétales et productions animales de leurs exploitations, lien qu'il serait sûrement intéressant d'analyser plus finement dans un objectif de recherche d'autonomie des exploitations biologiques.

L'extrapolation des résultats de cette étude dans d'autres régions paraît également nécessaire. Prenons l'exemple de la féverole. C'est une culture qui est mieux adaptée dans les sols profonds et dans le Nord-Ouest de la France. Excepté la Bretagne, les régions de l'étude ne sont pas celles où elle peut avoir les meilleurs rendements. Les résultats de la féverole pourraient donc être bien meilleurs que dans l'étude qui vient d'être présentée dans des situations qui lui sont plus favorables.

Conclusion générale

L'étude présentée dans ce rapport a pour but d'analyser l'intérêt des légumineuses à graines dans les rotations en grandes cultures biologiques, et plus particulièrement leur rentabilité économique, leur faisabilité technique et leurs impacts environnementaux. Cette analyse s'est effectuée sur des cas-types régionalisés. Les cas-types sont des représentations de situations moyennes d'exploitations, proches de la réalité, mais sans représentativité statistique. Onze rotations ont ainsi été définies à dire d'experts grâce à des échanges approfondis avec les partenaires régionaux afin de garantir leur cohérence.

Du fait de la grande variabilité de contexte pédoclimatique et de débouchés pour les cultures au sein des cas-types, leurs résultats et les conclusions qui en découlent sont différents. Il n'a pas été possible de mettre en évidence un effet des légumineuses à graines sur la formation de ces résultats. En revanche, deux facteurs explicatifs des résultats, en plus du contexte pédoclimatique, nous ont paru très importants : la présence d'une tête de rotation pluriannuelle et l'irrigation. Les rotations avec une tête de rotation pluriannuelle ont des indicateurs économiques un peu plus bas, mais leurs indicateurs techniques et environnementaux sont meilleurs. A l'inverse, les rotations courtes irriguées sont des rotations plus intensives. Grâce à des cultures à forte valeur ajoutée, leurs résultats économiques sont bons mais cela entraîne une dégradation des indicateurs techniques et environnementaux.

Au niveau des résultats à la culture, le soja se distingue des protéagineux. Grâce à son prix de vente élevé, sa marge nette est bien supérieure à celle des autres légumineuses à graines. Les associations céréales-protéagineux sont des cultures qui semblent prometteuses. Malgré des marges relativement basses, elles sont faciles à conduire et demandent peu de temps de travail. Face à des contextes de production de plus en plus variables, il nous a semblé intéressant de tester la robustesse des rotations face à des variations de prix des intrants énergétiques, de prix de vente des cultures ou de rendement. Les légumineuses n'ayant pas besoin d'engrais, ils sont peu sensibles à l'augmentation du prix des intrants énergétiques. La féverole, le pois et les mélanges sont moins sensibles aux variations de prix de vente car elles sont à destination de l'alimentation animale, débouché moins volatil que l'alimentation humaine.

Afin d'approfondir l'étude, nous avons testé l'effet de l'introduction de légumineuses dans les rotations. La plupart des cas-types étant déjà proche du maximum de légumineuses, il a parfois été difficile d'en introduire des nouvelles. Les nouvelles rotations comportent du soja ou une association pois-céréale. Dans ces exemples, quand il y a substitution d'une légumineuse par le mélange céréale-pois, il y a peu d'impacts sur les indicateurs technico-économiques et environnementaux. Les impacts dépendent principalement de la modification de la rotation (culture remplacée, rallongement de la rotation par une céréale,...). Néanmoins, une diminution de la sensibilité face à une augmentation du prix des intrants énergétiques est observée dans la plupart des cas.

Un des principaux freins au développement des légumineuses à graines mis à jour lors de ce stage est la compétition avec l'alimentation humaine. Les cultures comme le soja, la lentille ou le pois chiche ont des prix de vente très élevés. Quand le débouché existe elles sont plus attractives d'un point de vue économique dans une rotation qu'une féverole ou un pois cultivés pour l'alimentation animale, alors qu'elles ont des effets agronomiques proches. Une voie pour assurer le développement des légumineuses passe par la diminution de leurs coûts de production, soit en diminuant leurs charges soit en augmentant ou régularisant leurs rendements. Si l'augmentation des prix de vente des légumineuses à graines n'est pas suffisante pour augmenter leur part dans la sole française, peut-être que l'augmentation des surfaces en grandes cultures biologiques ou le développement de la contractualisation entre des fabricants d'aliments et des coopératives y parviendront. Quelques thématiques non explorées dans cette étude mériteraient de l'être. L'évolution prochaine du marché de l'alimentation humaine pour le soja, la gestion du risque pour les agriculteurs due à la variabilité des rendements des légumineuses, les débouchés pour les mélanges céréales-protéagineux sont des pistes intéressantes à creuser pour la suite du projet.

Références bibliographiques

Agence Bio (2011a). La bio en France, de la production à la consommation. L'agriculture biologique, chiffres clés – Edition 2011. p.46-86. **[en ligne]**. Disponible sur :

http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/CC_Ed2011_Chap4_1_prod.pdf

Agence Bio (2011b). L'Agriculture Biologique dans l'Union Européenne. L'agriculture biologique, chiffres clés – Edition 2011. p.28-42. **[en ligne]**. Disponible sur :

http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/CC_Ed2011_Chap3.pdf

Agence Bio (2011c). Exploitations et surfaces bios par production végétale et par région. L'agriculture biologique, chiffres clés – Edition 2011. p.144-166. **[en ligne]**. Disponible sur :

http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/CC_Ed2011_chap6.pdf

Agence Bio (2011d). L'Agriculture Biologique dans les régions. L'agriculture biologique, chiffres clés – Edition 2011. p.186-231. **[en ligne]**. Disponible sur :

http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/CC_Ed2011_Chap8.pdf

Agence Bio (2011e). Focus sur les filières bio en France. L'agriculture biologique, chiffres clés – Edition 2011. p.87-142. **[en ligne]**. Disponible sur :

http://www.agencebio.org/upload/pagesEdito/fichiers/CC_Ed2011_Chap5.pdf

AgriDEA. (2008). Lupin – Culture. Fiche technique. 2p. **[en ligne]**. Disponible sur :

<http://www.agridea-lausanne.ch/files/4.11.1-2.pdf>

AND international. (2010). Mission d'appui technique en vue de la structuration et du développement des filières grandes cultures en agriculture biologique, avec un focus sur l'alimentation animale à horizon 2012 : AND international pour l'Agence Bio. p.26-56.

ARVALIS – Institut du Végétal. (2010a). SYSTERRE® : Méthode de calculs d'indicateurs. Document de travail. 16p.

ARVALIS – Institut du Végétal. (2010b). Signification des indicateurs. Document de travail. 2p.

ARVALIS – Institut du Végétal. (2012). Formation interne : Durabilité des systèmes de cultures : décrire, suivre et évaluer un système de culture avec Systerre®. Document de présentation de l'outil Systerre®, 8p.

Biofil. (2010). Pays de la Loire : le défi de l'alimentation des monogastriques. Actualités en lignes de Biofil, la revue agricole de l'Agriculture Biologique. 6 Août 2010. **[en ligne]**. Disponible sur :

<http://www.biofil.fr/actualites/pays-de-la-loire-le-defi-de-l%E2%80%99alimentation-des-monogastriques-2/>

BONTE JB. (2010). Les rotations des cultures dans les systèmes céréaliers biologiques : peut-on combiner performances économiques, agronomiques et environnementales ? Première approche d'analyse multicritères. Mémoire de fin d'études. Institut Supérieur d'Agriculture de Lille, 111p.

CapBio Bretagne. (2004). Le lupin. Fiche technique en Agriculture Biologique des Chambres d'Agriculture de Bretagne. 4p. **[en ligne]**. Disponible sur :

<http://www.capbio-bretagne.com/ca1/synagri.nsf/TECHDOCPARCLEF/00017533?OpenDocument>

Chambres d'Agriculture de Bourgogne, SEDARB. (2008a). INOSYS – Cas-types Bourgogne en Agriculture Biologique, MC1 ABio, Céréalière en bio, moyenne structure, faible potentiel. 4p.

Chambres d'Agriculture de Bourgogne, SEDARB. (2008b). INOSYS – Cas-types Bourgogne en Agriculture Biologique, Polyculture-Elevage en ABio, polyculteur-éleveur en bio, moyenne structure, faible potentiel. 4p.

Chambre Régionale d'Agriculture d'Ile-de-France. (2004). La lentille biologique. Fiche technique. 2p. **[en ligne]**.

Disponible sur : http://www.phyteauvergne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/Conseils_agri/47%20-%20fiche_technique_lentille_bio.pdf

Commission de l'agriculture et du développement rural du Parlement Européen. (2011). Rapport sur le déficit de l'Union en protéines végétales : quelle solution à un problème ancien ? Proposition de résolution et exposé de motifs. 19p. **[en ligne]**. Disponible sur : <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A7-2011-0026+0+DOC+PDF+V0//FR>

Confédération Paysanne. (2002). Un plan protéines pour l'Europe : analyse et propositions de la confédération paysanne dans le cadre d'une nouvelle politique agricole. 26p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.confederationpaysanne.fr/images/imagesFCK/File/02/plan_proteines.pdf

DUPETIT C. (2011). Etat des lieux des besoins des filières animales monogastriques biologiques et potentialités de production en légumineuses à graines biologiques en vue du passage à une alimentation issue à 100% de l'Agriculture Biologique. Mémoire de fin d'études. AgroCampus Ouest, 84p.

FNAB. (2011). Pour une contractualisation collective et partenariale. Communiqué de presse du 14 avril 2011. 1p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.fnab.org/images/files/espace_presse/FNAB_communique_presse_contractualisation_partenariale_avril_2011.pdf

GARNIER JF. (2009). Evaluation des coûts de production en grandes cultures biologiques. Actes de la Journée Technique Grandes Cultures biologiques du 23 mars 2009. p63-70.

GARNIER JF, VIAUX P. (2009). Coûts de production du blé bio : zoom sur deux régions. Perspectives Agricoles n°359, Dossier Agriculture Biologique. Septembre 2009. p30-33.

GARNIER JF. (2011a). Concevoir et évaluer les systèmes de grandes cultures biologiques : analyses à la rotation en grandes cultures bio sans élevage. Présentation à la journée de restitution du programme RotAB.

GARNIER JF. (2011b). Analyse technico-économique de rotations en grandes cultures biologiques sans élevage. Actes de la Journée Technique Grandes Cultures biologiques du 6 avril 2011 « Conception et évaluation des systèmes de grandes cultures en AB ». p7-13.

Institut de l'élevage. (2009). Les systèmes bovins biologiques en France, 18 systèmes laitiers, 6 systèmes viandes. Présentation des cas-types du Réseaux d'Élevage. 202p. **[en ligne]**. Disponible sur : <http://www.inst-elevage.asso.fr/spip.php?article18241>

InterBio Bretagne. (2009). Développer les légumineuses à graines en Agriculture Biologique : un enjeu pour les filières animales et la diversification des systèmes de culture. Appel à projets d'innovation et de partenariat 2009, manifestation d'intérêt. 11p.

InterBio Bretagne. (2010). Résultats d'expérimentations et de suivis techniques « Grandes Cultures » en agrobiologie en Bretagne. Campagne 2008/2009. Edition 2010. 67p.

InterBio Bretagne. (2011). Résultats d'expérimentations et de suivis techniques « Grandes Cultures » en agrobiologie en Bretagne. Campagne 2009/2010. Edition 2011. 67p.

ITAB. (2009a). Fiche technique : la culture de la féverole en AB. Guide technique « Techn'itab », réactualisation de l'édition 2003. 6p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiche-feverole-web.pdf

ITAB. (2009b). Fiche technique : la culture du pois protéagineux en AB. Guide technique « Techn'itab », réactualisation de l'édition 2003. 8p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiche-pois-web.pdf

ITAB. (2011a). Rotations en grandes cultures biologiques sans élevage. 8 fermes-types, 11 rotations. Repères agronomiques, économiques, techniques et environnementaux». Brochure, livrable du projet RotAB. 132p. **[en ligne]**. Disponible sur : <http://www.itab.asso.fr/downloads/rotab/rotab-cas-types-avril2011.pdf>

ITAB. (2011b). Fiche technique : la culture des associations céréales/protéagineux en AB. Guide technique « Techn'itab », réactualisation de l'édition 2003. 8p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiche-association.pdf

ITAB. (2011c). Rotations pratiquées en grandes cultures biologiques en France : état des lieux par région. Livrable du projet CAS DAR RotAB. 65p. **[en ligne]**. Disponible sur : <http://www.itab.asso.fr/downloads/rotab/rotab-synthese-regions.pdf>

ITAB, CETIOM. (2011). Soja Bio : Guide de culture. Cahier technique. 22p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/guide-soja.pdf

MARSAC S. et al. (2005). Coûts de production Sud-Ouest : les marges des grandes cultures biologiques en baisse. Perspectives Agricoles n°311, p6, 5p.

Ministère de l'Agriculture – Agreste – RICA. (2009). Méthodologie, RICA France, Tableaux standard 2009. Agreste Chiffres et Données Agriculture n°214. 7p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_methodologie214.pdf

ODEFEY L. et al. (2011). Organic farming: implication for costs of production and provisioning of environmental services. FACEPA deliverable n°7.3. September 2011. 126p.

ONIDOL. (2009). L'avenir de la filière du soja français. 6p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.cetiom.fr/fileadmin/cetiom/kiosque/plaquette_soja_onidol_09.pdf

PROLEA. (2007). Pois et colza, deux matières premières locales complémentaires. Fiche technique Alimentation Animale n°71. 2p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.prolea.com/fileadmin/extranet/Publications/oleoproteagineux/Infos_prolea/InfosProlea71.pdf

PROLEA. (2009). Les graines : pois, féveroles, lupin. Article d'actualité. **[en ligne]**. Disponible sur : <http://prolea.com/index.php?id=1600>

PROLEA-CETIOM. (2002). Le soja, une culture de choix dans vos assolements. Conseils régionaux. Mars 2002. 4p. **[en ligne]**. Disponible sur : http://www.cetiom.fr/fileadmin/cetiom/kiosque/PDF_fiches_regions/reg_so_choix.pdf

ROUGER PE. (2008). Céréales biologiques : des coûts de production élevés dépendants du système. Vers une méthodologie standardisée de calcul de coût de production. Mémoire de fin d'études. AgroParisTech. 119p.

UNIP. (2012). Aides protéagineux 2011 : 195,57 €/ha. Article d'actualité. **[en ligne]**. Disponible sur : <http://www.unip.fr/actualites/details-actualite/actualite/aides-proteagineux-2011-195-eurosha.html>

Crédit photo de couverture : ITAB

Liste des figures

Figure 1 : Méthodologie de conception des cas-types (Source : Bonte, 2010).....	6
Figure 2 : Localisation des onze rotations étudiées (Source : personnelle).....	8
Figure 3 : Rotation du cas-type Bretagne (Source : personnelle).....	8
Figure 4 : Rotation du cas-type Bourgogne 1 (Source : personnelle).....	9
Figure 5 : Rotation du cas-type Bourgogne 2 (Source : personnelle).....	9
Figure 6 : Rotations du cas-type Midi-Pyrénées (Source : personnelle).....	10
Figure 7 : Rotations du cas-type Pays de la Loire (Source : personnelle).....	11
Figure 8 : Rotations du cas-type Poitou-Charentes (Source : personnelle).....	11
Figure 9 : Rotations du cas-type Rhône-Alpes (Source : personnelle).....	12
Figure 10 : Répartition des charges engagées à la rotation (Source : calcul Systerre®).....	15
Figure 11 : Marges brutes et nettes DPU inclus à prix de vente moyens des cultures de BZH et RA1 (Source : calcul Systerre®).....	16
Figure 12 : Marges nettes DPU inclus des rotations (prix moyens) (Source : calcul Systerre®).....	17
Figure 13 : Marge nette à l'exploitation DPU inclus (prix moyens) (Source : calcul Systerre®).....	17
Figure 14 : Poids des intrants de chaque rotation.....	18
Figure 15 : Dépendance aux aides des rotations (Source : calcul Systerre®).....	18
Figure 16 : Marges nettes des légumineuses à graines par rapport aux marges nettes des rotations (Source : calcul Systerre®).....	19
Figure 17 : Coûts de production des légumineuses à graines des onze rotations (Source : calcul Systerre®).....	20
Figure 18 : Coûts de production, prix d'intérêts et prix de vente des légumineuses à graines. (Source : calcul de l'auteur).....	21
Figure 19 : Charges engagées sur les trois blés de PC2.....	21
Figure 20 : Rendements et coûts de production des trois blés de PC2 (Source : calcul Systerre®).....	21
Figure 21 : Consommation de carburant à l'hectare (Source : calcul Systerre®).....	22
Figure 22 : Temps de travail traction, irrigation et ETA par hectare des rotations (Source : calcul Systerre®).....	23
Figure 23 : Temps de travail total (Source : calcul Systerre®).....	23
Figure 24 : Emission de GES par hectare (Source : calcul Systerre®).....	24
Figure 25 : Consommation d'énergie primaire par hectare des rotations (Source : calcul Systerre®).....	25
Figure 26 : Bilans des minéraux N, P et K des rotations (Source : calcul Systerre®).....	25
Figure 27 : Prix des engrais azotés et PK en France entre 2005 et 2010 (Source : IMPAMPA, Agreste).....	26
Figure 28 : Marges nettes à prix des intrants moyens et hauts des onze rotations. (Source : calcul Systerre®).....	27
Figure 29 : Ecart « MN prix intrants hauts - MN prix intrants moyens » des onze rotations initiales. (Source : calcul de l'auteur).....	27
Figure 30 : Variations relatives des marges des onze rotations initiales. (Source : calcul de l'auteur).....	28
Figure 31 : Marges nettes des cinq simulations 'AJOUT de LG' et de leurs rotations initiales. (Source : calcul Systerre®).....	33
Figure 32 : Marges nettes des cinq simulations 'SUBSTITUTION de LG' et de leurs rotations initiales. (Source : calcul Systerre®).....	33
Figure 33 : Temps de travail total des simulations et des rotations initiales en h/ha. (Source : calcul Systerre®).....	34
Figure 34 : Emissions de GES pour les simulations et les rotations initiales. (Source : calcul Systerre®).....	35
Figure 35 : Sensibilité relative des simulations et des rotations initiales à une augmentation du prix des intrants énergétiques. (Source : calcul de l'auteur).....	35
Figure 36 : Marge nette du soja AH de RA1 en fonction du % de déclassement.....	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prix de vente moyens des cultures présentes dans les cas-types (Source : dires d'experts).....	7
Tableau 2 : SAU bio moyenne des régions et des cas-types (Source :	12
Tableau 3 : Assolement des départements, des régions et des cas-types (Source : Agence Bio, 2011d). .	13
Tableau 4 : Avantages et inconvénients du LUPIN (Source : AgriDEA, 2008).	30
Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la féverole (Source : ITAB, 2009a)	30
Tableau 6 : Avantages et inconvénients du pois protéagineux cultivé en pur (Source : ITAB, 2009b)	30
Tableau 7 : Avantages et inconvénients des associations céréales - protéagineux (Source : ITAB, 2011b)	31
Tableau 8 : Avantages et inconvénients du soja (Source : ITAB, CETIOM, 2011).....	31
Tableau 9 : Pourcentages de légumineuses à graines et totales dans les rotations.....	32
Tableau 10 : Itinéraires techniques des sojas AH et AA	37
Tableau 11 : Comparaison des marges à la culture et à la rotation pour le soja.....	37
Tableau 12 : Gain de rentabilité des légumineuses dû au passage en prix actuels (Source : calcul de l'auteur)	40
Tableau 13 : Marges nettes du soja en fonction de son prix de vente et de son rendement. (Source : calcul de l'auteur).....	41
Tableau 14 : Marges nettes prix et rendements moyens des cas-types communs aux projets RotAB et ProtéAB.....	44

Liste des abréviations

AA : Alimentation Animale
AB : Agriculture Biologique
ACF : Autres Charges Fixes (= charges de structure)
AH : Alimentation Humaine
BG : Bourgogne
bio : biologique
BZH : Bretagne
Cas Dar : Compte d’Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural
Ch. : charges
CI : Culture intermédiaire
CP : Coût de Production
CUMA : Coopérative d’Utilisation du Matériel Agricole
cv : chevaux
DPU : Droit à Paiement Unique
éq. : équivalent
ETA : Entreprise de Travaux Agricoles
FAB : Fabricant d’Aliment du Bétail
GES : Gaz à Effet de Serre
gr/ha : grain par hectare
H : Hiver
h : heure
ha : Hectare
IFIP : Institut de la Filière Porcine
ITAB : Institut Technique de l’Agriculture Biologique
ITAVI : Institut Technique de l’AViculture
IVAN : Investissement Valeur A Neuf
K : Potasse
kg : Kilogramme
L : Litre
LG : légumineuse à graines
MB : Marge Brute
MD : Marge Directe
MJ : Méga Joule
mm : millimètres (d’eau)
MN : Marge Nette
MO : Matière Organique
MP : Midi-Pyrénées
MSA : Mutuelle Sociale Agricole
N : Azote
P : Printemps
P : Phosphore
PC : Poitou-Charentes
PDL : Pays de la Loire
q : quintal
RA : Rhône-Alpes
Rdt. : Rendement
RICIA : Réseau d’Information Comptable Agricole
rgs : rangs
SAU : Surface Agricole Utile
t : tonne
tMS : tonne de Matière Sèche
U : Unité
UNIP : Union Nationale Interprofessionnelle des plantes riches en Protéines
UTH : Unité de Travail Humain

Liste des annexes

Annexe 1 : Présentation détaillée des cas-types	p.I
Annexe 2 : Justification des rotations des cas-types	p.XXXI
Annexe 3 : Gestion de l'enherbement dans les onze rotations des cas-types	p.XXXIII
Annexe 4 : Gestion de la fertilité dans les onze rotations des cas-types	p.XXXV
Annexe 5 : Caractérisation des cas-types : étude des coûts de production du blé tendre biologique	p.XXXVII
Annexe 6 : Méthodes de calcul des indicateurs Systemre® utilisés	p.XLI
Annexe 7 : Marges brutes et nettes des cultures pour les onze rotations	p.XLIV
Annexe 8 : Coûts de production des protéines	p.XLVIII
Annexe 9 : Simulation « Variations des prix de vente des cultures »	p.L
Annexe 10 : Simulation « Variations des rendements »	p.LIV
Annexe 11 : Itinéraires techniques des simulations	p.LVII
Annexe 12 : Tableaux des marges nettes des légumineuses à graines en fonction du prix de vente et du rendement	p.LXII

Annexe 1 : Présentation détaillée des cas-types

Cas-type Bretagne

Exploitation : 90 ha, 1 UTH

Région : Bassin Rennais, Ille-et-Vilaine, données météo de la ville de Rennes

Type de sol : sols à potentiel moyen/bon, limons un peu battants, profondeur 80cm

Rotation longue non irriguée (BZH) : Ray Grass & Trèfle Violet (3 ans) – Blé tendre 1 – Avoine nue – Féverole P – Blé tendre 2 – Orge P – Mélange triticales/pois fourrager

Le Parc matériel		Prix d'achat (€)	Nb d'heures/an	-	-	-
Traction	95 cv	47 700	119	-	-	-
	120 cv	66 300	292	-	-	-
		Prix d'achat (€)	Nombre d'ha/an	Débit (ha/h)	Carburant (L/ha)	Coût (€/ha)
Récolte	Moissonneuse 4.6 m	120 000	66	1,4	17,1	142,2
Transport	Remorque 10 t	10 300	66	1,4	7	36,9
Travail du sol / Semis	Déchaumeur à dents 4 m	21 700	55	2,7	5,9	40,9
	Covercrop 4 m	12 000	44	2,3	6,9	33,8
	Charrue 5 corps	16 500	66	0,8	19,8	62,4
	Broyeur 3 m	8 000	33	1,1	12	45,6
	Herse étrille 9 m	7 000	187	3	4,2	16,2
	Rouleau 4 m	3 000	110	2,2	4,8	18,6
	Vibroculteur 4 m	5 600	88	2,3	7,2	21,1
	Semoir 3m	9 000	110	1,1	14	49
	+ herse rotative 3 m*	11 000	110			
Entreprise	Récolte luzerne	(faucheuse, faneur, andaineur, presse, plateau). Coût retiré du prix de vente (vente sur pied)				
	Epandage fumier / compost	20 €/t				

	Rendement (t/ha)			Prix de vente (€/t)		
	Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut
Ray Grass & Trèfle violet	3	4	5	45	60	90
Blé tendre 1	2.5	4	5.5	220	340	400
Avoine nue	2	3	4.5	350	500	650
Féverole P	2	3	4	210	300	340
Blé tendre 2	1.5	3.5	5.5	220	340	400
Orge P	2	3.5	4.5	250	360	400
Triticale - pois	2.5	4	4.5	160	260	300

Informations utile :

Fermage : 140 €/ha
Aides : 350 €/ha
MSA : 170 €/ha
Charges diverses : 97 €/ha
IVAN : 3760 €/ha

Itinéraires techniques des cultures de BZH

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Ray Grass & Trèfle violet 1	Covercrop	07/08/2010	
	Semis & roulage	20/08/2010	Ray Grass 20 kg/ha, Trèfle violet 5 kg/ha, au semoir à céréales, 100% de semences certifiées
	Herse étrille	21/08/2010	
	Broyage	15/05/2011	
	Fauche 1	05/07/2011	1.5 tMs/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	10/08/2011	1.5 tMS/ha, effectué par entreprise
Ray Grass & Trèfle violet 2 et 3	Fauche 1	15/05/2011	1 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	05/07/2011	1.5 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 3	10/08/2011	1.5 tMS/ha, effectué par entreprise
Blé tendre 1	Déchaumeur	15/09/2010	
	Labour	20/10/2010	
	Vibroculteur	27/10/2010	
	Vibroculteur	10/11/2010	
	Semis	15/11/2010	Mélange de RENAN, PIRENEO et APACHE, 160 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	20/03/2011	
	Herse étrille	10/04/2011	
	Récolte	15/07/2011	4 t/ha
Avoine nue	Déchaumeur	01/09/2010	
	Apport MO	01/09/2010	Fumier de bovin, 10 t/ha, effectué par entreprise
	Labour	01/20/2010	
	Vibroculteur	07/10/2010	
	Vibroculteur	15/10/2010	
	Semis	22/10/2010	Variété GRAFTON, 80 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	26/10/2010	
	Herse étrille	17/03/2011	
	Herse étrille	15/04/2011	
	Récolte	30/07/2011	3 t/ha
Féverole P	Covercrop	01/08/2010	
	Déchaumeur	14/08/2010	
	Semis CI	15/08/2010	Phacélie, 10 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Broyage	15/02/2011	
	Labour	05/03/2011	
	Semis	10/03/2011	Variété DIVINE, 200 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	15/03/2011	
	Herse étrille	10/04/2011	
	Herse étrille	20/05/2011	
	Récolte	15/08/2011	3 t/ha
Blé tendre 2	Déchaumeur	21/08/2010	
	Labour	04/09/2010	
	Vibroculteur	24/09/2010	
	Vibroculteur	11/10/2010	
	Semis	16/11/2010	Mélange de RENAN, PIRENEO et APACHE, 160 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	20/11/2010	
	Apport MO	16/02/2011	Compost de fientes de volailles, 5 t/ha, effectué par entreprise
	Herse étrille	20/03/2011	

	Herse étrille	10/04/2011	
	Récolte	16/07/2011	3.5 t/ha
Orge P	Déchaumeur	01/08/2010	
	Covercrop	05/08/2010	
	Semis CI	20/08/2010	Moutarde blanche, 7 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Broyage	15/02/2011	
	Apport MO	17/02/2011	Compost de fientes de volailles, 5 t/ha, effectué par entreprise
	Labour	05/03/2011	
	Semis	15/03/2011	Variété SCARLETT, 180 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	25/03/2011	
	Herse étrille	15/04/2011	
	Récolte	30/07/2011	3.5 t/ha
Mélange triticale - pois	Covercrop	05/08/2010	
	Labour	17/10/2010	
	Vibroculteur	21/10/2010	
	Vibroculteur	27/10/2010	
	Semis	02/11/2010	Pois : variété ASSAS, 37 kg/ha, 100% de semences certifiées Triticale : variété TREMPLIN, 140 kg/ha, 10% de semences certifiées
	Récolte	15/07/2011	4 t/ha dont 30% de pois

BZH 1	RG & Trèfle 1	RG & Trèfle 2	RG & Trèfle 3	Blé 1	Avoine nue	Féverole P	Blé 2	Orge P	Triticale-pois	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	90	
Rendement (t/ha)	3,0	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0		
Prix de vente (€/t)	60	60	60	340	500	300	340	360	260		
PB Hors aides (€/ha)	180	240	240	1360	1500	900	1190	1260	1038	79080	879
Aides (€/ha)	350	350	350	350	350	490	350	350	350	32900	366
PB Avec aides (€/ha)	530	590	590	1710	1850	1390	1540	1610	1388	111980	1244
Semences (€/ha)	18	18	18	80	30	128	80	96	121	5909	66
Engrais (€/ha)	0	0	0	0	0	0	135	135	0	2700	30
Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Intrants (€/ha)	18	18	18	80	30	128	215	231	121	8609	96
MB Hors aides (€/ha)	162	222	222	1280	1470	772	975	1029	917	70471	783
MB Avec aides (€/ha)	512	572	572	1630	1820	1262	1325	1379	1267	103371	1149
Ch. méca (€/ha)	117	31	31	445	664	558	564	638	399	34474	383
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	80	800	9
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	169	169	169	169	169	169	169	169	169	15210	169
Total ch. méca & MO (€/ha)	286	200	200	614	833	727	733	807	648	50484	561
MD Hors aides (€/ha)	-125	21	21	666	636	46	241	222	269	19987	222
MD Avec aides (€/ha)	225	371	371	1016	986	536	591	572	619	52887	588
Ch. diverses (€/ha)	97	97	97	97	97	97	97	97	97	8757	97
Fermeage (€/ha)	140	140	140	140	140	140	140	140	140	12600	140
Total ACF (€/ha)	237	237	237	237	237	237	237	237	237	21357	237
MN Hors aides (€/ha)	-362	-216	-216	428	399	-192	4	-15	32	-1370	-15
MN Avec aides (€/ha)	-12	134	134	778	749	298	354	335	382	31530	350

Tableau 1 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation BZH.

Cas-type Bourgogne 1

Exploitation : 160 ha, 1 UTH

Région : Région Bourgogne, Sud de l'Yonne, nord de la Côte d'Or, données météo de la ville d'Auxerre

Type de sol : zone à potentiel agronomique faible à moyen, profondeur 30cm, réserve hydrique faible, sols calcaires à forte pierrosité (nécessité de broyage et peut engendrer des problèmes à la récolte)

Rotation longue non irriguée (BG1) : Luzerne (2 ans) – Blé tendre 1 – Engrain – Pois vert P – Blé tendre 2 – Triticale – Sarrasin

Le Parc matériel		Prix d'achat (€)	Nb d'heures/an	-	-	-
Traction	80 cv	42 000	128	-	-	-
	130 cv	69 600	386	-	-	-
		Prix d'achat (€)	Nombre d'ha/an	Débit (ha/h)	Carburant (L/ha)	Coût (€/ha)
Récolte	Moissonneuse 4.6 m (CUMA)	-	120	1,5	17	105
Transport	Remorque 12 t	14 500	120	1,4	7	31
Travail du sol / Semis	Déchaumeur 4,5 m	24 600	140	3,4	4,2	22
	Charrue 6 corps	23 200	60	0,9	15,9	66,3
	Broyeur 4,5 m (CUMA)	-	100	2	8	10
	Herse étrille 12 m	9 900	220	9	1	6,7
	Rouleau 4 m (CUMA)	-	140	2	4	3
	Vibroculteur 4 m	5 600	120	2.2	6,5	20,5
	Semoir 3m + Herse rotative 3 m	9 000 11 000	180	1,1	13	44,5
Entreprise	Récolte luzerne	(faucheuse, ensileuse). Coût retiré du prix de vente (déshydratation)				

	Rendement (t/ha)			Prix de vente (€/t)		
	Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut
Luzerne 1	7	9	11	40	60	90
Luzerne 2	5	6	9			
Blé tendre 1	1.5	2.5	3	220	340	400
Engrain	1.5	2	2.5	350	500	650
Pois vert	1.5	2.3	3	210	300	340
Blé tendre 2	1.5	2	2.5	220	340	400
Triticale	1.5	2	2.5	250	360	400
Sarrasin	8	1.1	1.5	160	260	300

Informations utile :

Fermage : 85 €/ha
Aides : 350 €/ha
MSA : 75 €/ha
Charges diverses : 99 €/ha
IVAN : 1308 €/ha

Itinéraires techniques des cultures de BG 1

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Luzerne 1	Déchaumeur	01/09/2010	
	Semis & roulage	03/09/2010	Variété EUROPE, 25 kg/ha, 1cm de profondeur, 100% de semences certifiées
	Herse étrille	15/09/2010	
	Fauche 1	15/05/2011	4 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	29/06/2011	3 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 3	15/08/2011	2 tMS/ha, effectué par entreprise
Luzerne 2	Broyage	17/05/2011	
	Broyage	01/07/2011	
	Broyage	17/08/2011	
Blé tendre 1	Déchaumeur	20/08/2010	
	Labour	10/09/2010	
	Vibroculteur	10/10/2010	
	Semis	10/11/2010	Variété RENAN, 180 kg/ha, 30% de semences certifiées
	Herse étrille	19/11/2010	
	Récolte	15/07/2011	2,5 t/ha
Engrain	Déchaumeur	31/07/2010	
	Semis	20/10/2010	Variété RESSAC, 150 kg/ha, 100% semences fermières
	Herse étrille	30/10/2010	
	Herse étrille	25/03/2011	
	Récolte	25/07/2011	2 t/ha
Pois vert P	Déchaumeur	05/08/2010	
	Semis CI	18/08/2010	Moutarde brune, 7 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Broyage	13/02/2011	
	Labour	01/03/2011	
	Semis	14/03/2011	Variété NITOCHE, 280 kg/ha, 30% de semences certifiées
	Herse étrille	20/03/2011	
	Herse étrille	14/04/2011	
Récolte	30/06/2011	2,3 t/ha à 27% d'humidité	
Blé tendre 2	Déchaumeur	20/08/2010	
	Vibroculteur	10/10/2010	
	Vibroculteur	05/11/2010	
	Semis	10/11/2010	Variété RENAN, 180 kg/ha, 30% de semences certifiées
	Herse étrille	19/11/2010	
	Herse étrille	25/03/2011	
	Herse étrille	17/04/2011	
	Récolte	15/07/2011	2 t/ha
Triticale	Déchaumeur	10/08/2010	
	Vibroculteur	10/09/2010	
	Vibroculteur	10/10/2010	
	Semis	01/11/2010	Variété GRANDVAL, 170 kg/ha, 30% de semences certifiées
	Herse étrille	05/11/2010	
	Herse étrille	15/03/2011	
	Récolte	25/07/2011	2 t/ha
Sarrasin	Déchaumeur	05/08/2010	
	Labour	10/09/2010	
	Semis CI	15/09/2010	Moutarde brune, 7 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Broyage	18/02/2011	
	Vibroculteur + rouleau	20/04/2011	
	Semis	15/05/2011	Variété HARPE, 40 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Récolte	15/07/2011	1.1 t/ha, cycle de 100-120j, plante à croissance indéfinie

BG 1	Luzerne 1	Luzerne 2	Blé 1	Engrain	Pois P	Blé 2	Triticale	Sarrasin	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	20	20	20	20	20	20	20	20	160	
Rendement moyen (t/ha)	9,0	6,0	2,5	2,0	2,3	2,0	2,0	1,1		
Prix de vente moyen (€/t)	60	0	340	290	300	340	240	600		
PB Hors aides (€/ha)	540	0	850	580	690	680	480	660	89600	560
Aides (€/ha)	350	350	350	350	490	350	350	350	58800	368
PB Avec aides (€/ha)	890	350	1200	930	1180	1030	830	1010	148400	928
Semences (€/ha)	94	94	105	69	168	105	73	103	16218	101
Engrais (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Intrants (€/ha)	94	94	105	69	168	105	73	103	16218	101
MB Hors aides (€/ha)	446	-94	745	511	522	575	407	557	73382	459
MB Avec aides (€/ha)	796	256	1095	861	1012	925	757	907	132182	826
Ch. méca (€/ha)	298	110	308	216	352	275	257	359	43508	272
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	75	75	75	75	75	75	75	75	12000	75
Total ch. méca & MO (€/ha)	373	185	383	291	427	350	332	434	55508	347
MD Hors aides (€/ha)	74	-279	362	220	95	224	75	123	17874	112
MD Avec aides (€/ha)	424	71	712	570	585	574	425	473	76674	479
Ch. diverses (€/ha)	99	99	99	99	99	99	99	99	15840	99
Fermage (€/ha)	85	85	85	85	85	85	85	85	13600	85
Total ACF (€/ha)	184	184	184	184	184	184	184	184	29440	184
MN Hors aides (€/ha)	-111	-463	178	36	-89	40	-109	-61	-11566	-72
MN Avec aides (€/ha)	240	-113	528	386	401	390	241	289	47234	295

Tableau 2 : Résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation BG1.

Cas-type Bourgogne 2

Exploitation : 210 hectares dont 30% de prairies permanentes = 147ha de SCOP ; 1 atelier bovin viande : 70 vaches allaitantes ; 2 UTH, 1 pour l'atelier bovin viande, 1 pour l'atelier productions végétales

Région : Région Bourgogne, Ouest de l'Yonne, données météo de la ville d'Auxerre

Type de sol : zone à potentiel agronomique faible à moyen, profondeur 30cm, réserve hydrique faible, sols calcaires à forte pierrosité (nécessité de broyage et peut engendrer des problèmes à la récolte)

Rotation longue non irriguée (BG 2) : Luzerne & dactyle (3 ans) – blé – blé – mélange triticale/pois fourrager – orge P

Le foin de Luzerne & Dactyle, le 2^e blé (fourrager) et le mélange triticale-pois sont autoconsommés par l'atelier bovin viande.

Le Parc matériel		Prix d'achat (€)	Nb d'heures/an	-	-	-
Traction	100 cv	52 000	63	-	-	-
	140 cv	66 300	412	-	-	-
		Prix d'achat (€)	Nombre d'ha/an	Débit (ha/h)	Carburant (L/ha)	Coût (€/ha)
Récolte	Moissonneuse 4.6 m (CUMA)	-	84	2	17	105
	Faucheuse 4m	1 100	210	2,3	9,4	19,7
	Faneuse 5m	5 250	210	2,9	5,3	9,7
	Andaineuse 6m	11 750	189	3,6	4,3	9,3
	Presse	19 400	189	1,1	14	39,3
Transport	Remorque 10 T	14 500	42	1,4	7	68,3
	Remorque 12 T	14 500	42	1,4	7	37,9
	Plateau fourrager 12 T	8 200	210	1,1	7	17,3
Travail du sol / Semis	Déchaumeur 3 m	11 000	84	2	9,2	24,8
	Covercrop 4 m	13 000	42	2,6	7,1	33,2
	Charrue 4 corps	13 300	63	0,9	30,1	68
	Herse étrille 12 m	9 900	168	9	1	6,6
	Rouleau 4 m (CUMA)	-	126	2	4	3
	Vibroculteur 3 m	2 600	105	2	9,2	18
	Semoir 3m	9 000	126	1,1	14	43,3
Herse rotative 3 m	11 000	126				
Fertilisation	Epandeur engrais 12 T	24 500	63	0,7	22	63,2

	Rendement (t/ha)			Prix de vente (€/t)		
	Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut
Luzerne & Dactyle 1, 2 et 3	6	8	10	50	80	100
Blé tendre	1.5	2.5	3	220	340	400
Blé fourrager	1.5	2	1.5	190	310	370
Triticale-pois	2	2.5	3	160	260	300
Orge P	1.2	1.8	2.2	220	340	380

Informations utile :

Fermage : 85 €/ha
Aides : 350 €/ha
MSA : 74 €/ha
Charges diverses : 99 €/ha
IVAN : 1370 €/ha

Itinéraires techniques des cultures de BG 2

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Luzerne & Dactyle 1	Déchaumeur	13/09/2010	
	Semis & roulage	14/09/2010	Luzerne : variété EUROPE, 15 kg/ha ; Dactyle : 12 kg/ha ; au semoir à céréales, 100% de semences certifiées
	Herse étrille	20/09/2010	
	Apport MO	15/02/2011	10 t/ha compost de fumier de bovin
	Fauche 1	09/05/2011	4 tMS/ha
	Fauche 2	23/06/2011	3 tMS/ha
	Fauche 3	24/08/2011	2 tMS/ha
Luzerne & Dactyle 2 et 3	Fauche 1	13/05/2011	4 tMS/ha
	Fauche 2	22/06/2011	3 tMS/ha
	Fauche 3	24/08/2011	2 tMS/ha
Blé tendre	Déchaumeur	20/08/2010	
	Labour	10/09/2010	
	Vibroculteur	05/10/2010	
	Vibroculteur	25/10/2010	
	Semis	10/11/2010	Variété RENAN, 180 kg/ha, 30% de semences certifiées
	Herse étrille	19/11/2010	
	Récolte	15/07/2011	2.5 t/ha
Blé fourrager	Déchaumeur	10/08/2010	
	Vibroculteur	20/09/2010	
	Apport MO	15/10/2010	10 t/ha compost de fumier de bovin
	Semis	10/11/2010	
	Herse étrille	19/11/2010	
	Herse étrille	10/04/2011	
	Récolte	16/07/2011	2 t/ha
Triticale – pois	Covercrop	05/08/2010	
	Labour	10/09/2010	
	Vibroculteur	05/10/2010	
	Semis	02/11/2010	Pois : Variété ASSAS, 37 kg/ha, 100% de semences certifiées Triticale : Variété GRANDVAL, 140 kg/ha, 10% de semences certifiées
	Herse étrille	05/03/2011	
	Récolte	17/07/2011	2.5 t/ha dont 30% de pois
Orge P	Déchaumeur	20/07/2010	
	Covercrop	05/08/2010	
	Semis CI	20/08/2010	Sorgho fourrager, 25 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Fauche	15/02/2011	Sorgho fourrager, 5 T/ha
	Apport MO	17/02/2011	10 t/ha compost fumier de bovin
	Labour	01/03/2011	
	Vibroculteur	12/03/2011	
	Semis	25/03/2011	Variété PRESTIGE, 180 kg/ha, 30% de semences certifiées
	Herse étrille	01/04/2011	
	Herse étrille	15/04/2011	
	Herse étrille	28/04/2011	
Récolte	30/07/2011	1.8 t/ha	

BG 2	Luzerne & dactyle 1	Luzerne & dactyle 2	Luzerne & dactyle 3	Blé tendre	Blé fourrager	Triticale - pois	Orge P	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	21	21	21	21	21	21	21	147	
Rendement moyen (t/ha)	9,0	9,0	9,0	2,5	2,0	2,5	1,8		
Prix de vente moyen (€/t)	80	80	80	340	310	240	340		
PB Hors aides (€/ha)	720	720	720	850	620	600	612	101682	692
Aides (€/ha)	350	350	350	350	350	350	350	51450	350
PB Avec aides (€/ha)	1070	1070	1070	1200	970	950	962	153132	1042
Semences (€/ha)	57	57	57	71	71	123	164	12581	86
Engrais (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Intrants (€/ha)	57	57	57	71	71	123	164	12581	86
MB Hors aides (€/ha)	663	663	663	779	549	477	448	89101	606
MB Avec aides (€/ha)	1013	1013	1013	1129	899	827	798	140551	956
Ch. méca (€/ha)	430	331	331	329	347	315	543	55163	375
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	75	75	75	75	75	75	75	11025	75
Total ch. méca & MO (€/ha)	505	406	406	404	422	390	618	66188	450
MD Hors aides (€/ha)	158	257	257	375	127	87	-169	22913	156
MD Avec aides (€/ha)	508	607	607	725	477	437	181	74363	506
Ch. diverses (€/ha)	99	99	99	99	99	99	99	14553	99
Fermage (€/ha)	85	85	85	85	85	85	85	12495	85
Total ACF (€/ha)	184	184	184	184	184	184	184	27048	184
MN Hors aides (€/ha)	-26	73	73	191	-57	-97	-353	-4135	-28
MN Avec aides (€/ha)	324	423	423	541	293	253	-3	47315	322

Tableau 3 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation BG2

Cas-type Midi-Pyrénées

Exploitation : 96 ha, 1 UTH

Région : Coteaux du Gers, données météo de la ville d'Auch

Type de sol : deux types de sols sur l'exploitation :

- Les sols de fonds de vallée à bon potentiel, limons battants très profonds : les « bouldières », un peu engorgés l'hiver
- Les sols de coteau argilo-calcaire, potentiel moyen, un peu séchants en été.

Rotation courte irriguée (MP1) : Soja – Soja – Blé tendre (**33ha**) sur les bouldières

Rotation courte non irriguée (MP2) : Pois chiche – Blé tendre – Tournesol (**63ha**) sur les coteaux

Le Parc matériel		Prix d'achat (€)	Nb d'heures/an	-	-	-
Traction	100 cv (copropriété 50%)	52 000	188	-	-	-
	140 cv (copropriété 50%)	78 840	509	-	-	-
		Prix d'achat (€)	Nombre d'ha/an	Débit (ha/h)	Carburant (L/ha)	Coût (€/ha)
Récolte	Moissonneuse 4m (copropriété 50%)	115 000	96	1,4	17,1	69,6
Transport	Remorque 8 t (copropriété 50%)	8 850	48	1,4	7	20,1
	Remorque 12 t (copropriété 50%)	12 000	48	1,4	7	25,3
Travail du sol / Semis	Déchaumeur 3,5 m	21 700	85	2,7	6,8	28,7
	Covercrop 3,5 m	12 000	21	2,3	8	51,9
	Cultivateur 4 m	6 200	42	2,3	8	23,1
	Charrue 4 corps	13 300	43	0,6	30,1	70,1
	Broyeur 3 m	8 000	43	1,1	14	37,1
	Herse étrille 12 m	9 900	224	5	2,6	9
	Houe rotative 4 m	5 600	106	2,3	5,7	14,1
	Bineuse 7 rgs + barre de guidage	11 000	108	1,4	13,2	26,6
	Rouleau 4 m	3 000	110	2,2	4,8	18,6
	Vibroculteur 4 m	5 600	88	2,3	7,2	21,1
	Semoir 4 m (copropriété 50%)	15 000	53	1,5	10,3	52,2
	+ herse rotative 4 m*	14 400	53			
	Semoir monograine 7 rgs (copropriété 50%)	10 800	43	1,1	15,4	65,7
	+ herse rotative 4 m*	14 400	43			
Fertilisation	Epandeur fumier 12T (copropriété 50%)	23 500	32	0,7	22	61,1
	Epandeur 1 200L	3 200	75	12,2	1,3	5,2

* Même outil

		Rendement (t/ha)			Prix de vente (€/t)		
		Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut
MP 1	Soja 1 & 2	2.2	2.8	3.2	550	650	750
	Blé tendre 1	2.5	3.3	4.2	220	340	400
MP 2	Pois chiche	0.6	1.2	1.8	650	800	950
	Blé tendre 2	2.5	3.2	3.9	220	340	400
	Tournesol	1.3	1.8	2.5	280	390	500

Irrigation

- via un lac collinaire de 36 000m³
- 2 enrouleurs de 320m de long
- 1 pompe électrique de 50m³/h
- 1000m de tuyaux enterrés
- 200m tuyaux de surface
- charges fixes = 160 €/h
- charges opérationnelles = 39 €/ha

Informations utiles :

Charges diverses : 160 €/ha **Fermage** : 125 €/ha

Aides : 350 €/ha **MSA** : 120 €/ha

IVAN : 2830 €/ha

Itinéraires techniques des cultures de MP 1

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja 1	Broyage	31/10/2010	Broyage du couvert de trèfle
	Labour	05/02/2011	
	Herse rotative	20/02/2011	
	Vibroculteur	15/03/2011	
	Vibroculteur	10/04/2011	
	Vibroculteur	30/04/2011	
	Semis	15/05/2011	Variété ISIDOR, 480 000 gr/ha (97 kg/ha) 20% de semences certifiées, écartement 56cm, inoculum obligatoire
	Houe rotative	20/05/2011	Peut être remplacé par une herse étrille
	Houe rotative	02/06/2011	Peut être remplacé par une herse étrille
	Bineuse	15/06/2011	
	Bineuse	07/07/2011	
	Irrigation	10/07/2011	30mm
	Bineuse	20/07/2011	Il peut y avoir un 4 ^e passage si les conditions météo le permettent
	Irrigation	01/08/2011	30mm
	Irrigation	20/08/2011	30mm
	Irrigation	15/09/2011	30mm
	Récolte	05/10/2011	2.8 t/ha
Soja 2	Semis CI	15/10/2010	Mélange Vesce-avoine, 16 kg/ha d'avoine, 24 kg/ha vesce, 100% de semences fermières, semé à l'épandeur centrifuge
	Déchaumeur	19/10/2010	Permet d'enfouir les graines
	Broyage	02/03/2011	
	Vibroculteur	07/03/2011	Ou herse rotative
	Vibroculteur	17/03/2011	Ou herse rotative
	Vibroculteur	30/04/2011	Ou herse rotative
	Semis	15/05/2011	Variété ISIDOR, 480 000 gr/ha (97 kg/ha), 20% de semences certifiées, écartement 56cm, inoculum obligatoire
	Houe rotative	20/05/2011	Peut être remplacé par une herse étrille
	Houe rotative	01/06/2011	Peut être remplacé par une herse étrille
	Bineuse	10/06/2011	
	Bineuse	25/06/2011	
	Irrigation	07/07/2011	30mm
	Bineuse	15/07/2011	
	Bineuse	27/07/2011	
	Irrigation	30/07/2011	30mm
	Irrigation	22/08/2011	30mm
	Irrigation	10/09/2011	30mm
Récolte	17/10/2011	2.8 t/ha	
Blé tendre 1	Déchaumeur	25/10/2010	
	Vibroculteur + rouleau	01/11/2010	
	Apport MO 1	05/11/2010	6 t/ha de fientes de volailles
	Semis	15/11/2010	Variété RENAN, 190 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	20/11/2010	
	Houe rotative	02/02/2011	
	Apport MO 2	10/02/2011	700 kg/ha de soies de porcs broyées et hydrolysées
	Houe rotative	02/03/2011	
	Herse étrille	15/03/2011	
	Semis CI	10/04/2011	Trèfle violet, 5 kg/ha, à l'épandeur centrifuge
	Herse étrille	20/04/2011	
	Récolte	15/07/2011	3.3 t/ha

Itinéraires techniques des cultures de MP 2

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Pois chiche	Covercrop	10/09/2010	
	Déchaumeur	10/10/2010	
	Labour	05/11/2010	Le labour est réalisé dans 50% des cas, à réfléchir selon le salissement de la parcelle
	Cultivateur	20/12/2010	
	Vibroculteur	05/02/2011	
	Vibroculteur	20/02/2011	
	Semis	20/03/2011	120 kg/ha, 100% de semences fermières, écartement 56cm
	Herse étrille	05/04/2011	
	Houe rotative	15/04/2011	
	Herse étrille	25/04/2011	
	Bineuse	15/05/2011	
	Récolte	10/07/2011	1.2 t/ha
Blé tendre 2	Déchaumeur	05/08/2010	
	Déchaumeur	05/09/2010	
	Vibroculteur + rouleau	01/10/2010	
	Apport MO 1	15/10/2010	6 t/ha de fientes de volailles
	Vibroculteur + rouleau	20/10/2010	
	Semis	02/11/2010	Variété RENAN, 190 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	05/11/2010	
	Houe rotative	02/02/2011	
	Apport MO 2	15/02/2011	700 kg/ha de soies de porcs broyées et hydrolysées
	Houe rotative	25/02/2011	
	Herse étrille	25/03/2011	
	Semis CI	05/04/2011	Trèfle violet, 5 kg/ha, à l'épandeur centrifuge
	Herse étrille	05/06/2011	
Récolte	15/07/2011	3.2 t/ha	
Tournesol	Broyage	30/10/2010	Du trèfle semé sous couvert de blé
	Labour	05/11/2011	
	Cultivateur	30/01/2011	
	Vibroculteur	05/03/2011	
	Vibroculteur	17/03/2011	
	Herse plate	07/04/2011	
	Semis	02/05/2011	Variété ALISSON, 75 000 gr/ha (4 kg/ha), écartement 56cm, 100% de semences certifiées
	Herse étrille	10/05/2011	Un 2 ^e passage possible
	Houe rotative	22/05/2011	Un 2 ^e passage possible
	Bineuse	10/06/2011	Un 2 ^e passage possible
	Récolte	19/09/2011	1.8 t/ha

MP1	Soja 1	Soja 2	Blé	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	11	11	11	33	
Rendement moyen (t/ha)	2,8	2,8	3,3		
Prix de vente moyen (€/t)	600	600	340		
PB hors aides (€/ha)	1680	1680	1122	49302	1494
Aides (€/ha)	350	350	350	11550	350
PB avec aides (€/ha)	2030	2030	1472	60852	1844
Semences (€/ha)	120	142	111	4099	124
Engrais (€/ha)	0	0	344	3784	115
Irrigation (€/ha)	39	39	0	858	26
Autres intrants (€/ha)	26	26	0	572	17
Total Intrants (€/ha)	185	207	455	9313	282
MB Hors aides (€/ha)	1495	1473	668	39989	1212
MB avec aides (€/ha)	1845	1823	1018	51539	1562
Ch. méca (€/ha)	426	486	327	13631	413
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	160	160	0	3520	107
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	0
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	120	120	120	3960	120
Total ch. méca & MO (€/ha)	706	766	447	21111	640
MD Hors aides (€/ha)	789	707	220	18877	572
MD Avec aides (€/ha)	1139	1057	570	30427	922
Ch. diverses (€/ha)	99	99	99	3267	99
Fermage (€/ha)	125	125	125	4125	125
Total ACF (€/ha)	224	224	224	7392	224
MN Hors aides (€/ha)	565	483	-4	11485	348
MN Avec aides (€/ha)	915	833	346	23035	698

Tableau 4 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation MP 1

MP2	Pois chiche	Blé	Tournesol	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	21	21	21	63	
Rendement moyen (t/ha)	1,2	3,2	1,8		
Prix de vente moyen (€/t)	800	310	390		
PB hors aides (€/ha)	960	992	702	55734	885
Aides (€/ha)	350	350	350	22050	350
PB avec aides (€/ha)	1310	1342	1052	77784	1235
Semences (€/ha)	156	111	120	8117	129
Engrais (€/ha)	0	344	0	7224	115
Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	0
Total Intrants (€/ha)	156	455	120	15341	244
MB Hors aides (€/ha)	804	538	582	40394	641
MB Avec aides (€/ha)	1154	888	932	62444	991
Ch. méca (€/ha)	334	384	390	23260	369
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	0
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	120	120	120	7560	120
Total ch. méca & MO (€/ha)	454	504	510	30820	489
MD Hors aides (€/ha)	350	34	72	9573	152
MD Avec aides (€/ha)	700	384	422	31623	502
Ch. diverses (€/ha)	99	99	99	6237	99
Fermage (€/ha)	125	125	125	7875	125
Total ACF (€/ha)	224	224	224	14112	224
MN Hors aides (€/ha)	126	-190	-152	-4539	-72
MN Avec aides (€/ha)	476	160	198	17511	278

Tableau 5 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation MP2

Cas-type Pays de la Loire

Exploitation : 112 ha, 1 UTH

Région : Sud et Centre région Pays de la Loire, données météo de la ville d'Angers

Type de sol : Limono-argileux à limons sableux. Le potentiel diffère selon la rotation que l'on considère : la rotation irriguée se situe sur les sols qui présentent le meilleur potentiel.

Rotation courte irriguée (PDL1) : Féverole H – Blé tendre – Maïs grain (**57ha**) -> Sol à bon potentiel, limono-argileux 16% d'argiles, 80cm de profondeur, drainés, bonne RU, peu séchant, peu caillouteux.

Rotation courte non irriguée (PDL2) : Féverole P – Blé tendre 1 – Tournesol – Blé tendre 2 –Triticale / pois fourrager (**55ha**) -> Sol de potentiel moyen, limons sableux, peu profonds (entre 30 et 60 cm), tendance hydromorphe en hiver, caillouteux, non drainés. La période hivernale peut empêcher de rentrer dans les parcelles pendant l'hiver.

Le Parc matériel		Prix d'achat (€)	Nb d'heures/an	-	-	-
Traction	100 cv	62 000	214	-	-	-
	140 cv	88 400	557	-	-	-
		Prix d'achat (€)	Nombre d'ha/an	Débit (ha/h)	Carburant (L/ha)	Coût (€/ha)
Récolte	Moissonneuse 4 m	115 000	93	1,4	17,1	108,4
Transport	Remorque 12 T	11 850	56	1,4	7	36,8
	Remorque 16 T	20 000	56	1,4	7	42,9
Travail du sol / Semis	Déchaumeur 4 m	21 700	79	2,7	6,7	31,8
	Covercrop 4 m (CUMA)	-	52	2,3	8	6,9
	Charrue 5 corps	16 500	82	0,8	24,8	59,9
	Broyeur 3 m (CUMA)	-	52	1,1	14	8,4
	Herse étrille 12 m	9 9 000	172	4	3,3	13
	Bineuse céréales 3 m	6 000	71	1,2	11	33,7
	Bineuse 4 rgs	5 500	79	2,1	6,3	20,9
	Rouleau 4 m	3 000	164	2,2	5	15,4
	Vibroculteur 4 m	5 600	164	2,3	8,4	18,1
	Semoir 3m	6 600	123	1,1	14	46,3
	+ herse rotative 3 m*	11 000	123			
	Semoir monograines 6 rgs (CUMA)	-	30	1,1	14	47,4
	+ herse rotative 3 m*	11 000	30			
	Fertilisation	Epandeur fumier 12 T (CUMA)	-	71	0,7	22
Entreprise	Récolte maïs grain					140 €/ha

* Même outil

		Rendement (t/ha)			Prix de vente (€/t)		
		Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut
PDL 1	Féverole H	2.5	3.1	4.5	210	300	340
	Blé	3	3.8	5	220	340	400
	Maïs	6.5	8	9	220	280	320
PDL 2	Féverole P	1.5	2.4	3.5	210	300	340
	Blé 1	2.5	3.2	4.5	220	340	400
	Tournesol	1.8	2.4	3	280	390	500
	Blé 2	2	3	4	220	340	400
	Triticale - pois	2	3	4	160	260	300

Irrigation

- Pompage dans une réserve d'eau de 50 000m3
- 1 enrouleur de 320m de long
- 1 pompe électrique de 50m3/h
- 1000m de tuyaux enterrés
- 200m tuyaux de surface
- charges fixes = 197 €/h
- charges opérationnelles = 39 €/ha

Informations utile :

Ferme : 131 €/ha **Aides** : 350 €/ha **MSA** : 149 €/ha

Charges diverses : 92 €/ha **IVAN** : 3 420 €/ha

Itinéraires techniques des cultures de PDL 1

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Féverole H	Déchaumeur	07/11/2010	
	Déchaumeur	19/11/2010	
	Semis	20/11/2010	Variété IRENA, 200 kg/ha, 10% de semences certifiées
	Binage	04/03/2011	
	Herse étrille	12/03/2011	
	Récolte	29/07/2011	3,1 t/ha
Blé tendre	Déchaumeur	03/08/2010	
	Labour	03/09/2010	
	Vibroculteur	23/09/2010	
	Vibroculteur	10/10/2010	
	Apport MO	17/10/2010	4 t/ha de compost de fientes de volailles, effectué par entreprise
	Semis	02/11/2010	Mélange de RENAN, PIRENEO et APACHE, 175 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	08/11/2010	
	Binage	10/03/2011	Permet d'ameublir le sol avant le 2 ^e passage de HE
	Herse étrille	21/03/2011	
	Récolte	15/07/2011	3,8 t/ha
Maïs grain	Covercrop	07/08/2010	
	Semis CI	24/08/2010	Moutarde blanche, 7 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Broyage	28/02/2011	
	Labour	01/03/2011	
	Vibroculteur	14/03/2011	
	Apport MO	27/03/2011	6 t/ha compost de fientes de volailles, effectué par entreprise
	Vibroculteur	13/04/2011	
	Semis	03/05/2011	Variété : selon disponibilité, 110 000 gr/ha (36 kg/ha), 100% de semences certifiées
	Herse étrille	07/05/2011	
	Herse étrille	17/05/2011	
	Binage	31/05/2011	
	Binage	14/06/2011	
	Binage	30/06/2011	
	Irrigation	17/07/2011	30mm
	Irrigation	28/07/2011	30mm
	Irrigation	08/08/2011	30mm
	Irrigation	15/08/2011	30mm
	Récolte	29/10/2011	8 t/ha, effectué par entreprise, broyage des cannes de maïs simultanément

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Féverole P	Covercrop	03/08/2010	
	Semis Ci	18/08/2010	Moutarde blanche, 7 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Broyage	13/02/2011	
	Labour	15/02/2011	
	Semis	14/03/2011	Variété EXPRESSO, 270 kg/ha, 10% de semences certifiées
	Herse étrille	20/03/2011	
	Binage	04/05/2011	
	Récolte	30/07/2011	2,4 t/ha
Blé tendre 1	Déchaumeur	02/08/2010	
	Labour	03/09/2010	
	Vibroculteur	22/09/2010	
	Vibroculteur	12/10/2010	
	Apport MO	17/10/2010	2 t/ha compost fientes de volailles, effectué par entreprise
	Semis	01/11/2010	Mélange de RENAN, PIRENEO et APACHE, 175 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	06/11/2010	
	Binage	12/03/2011	Permet d'ameublir le sol avant le 2 ^e passage de HE
	Herse étrille	21/03/2011	
	Récolte	13/07/2011	3.2 t/ha
Tournesol	Covercrop	24/07/2010	
	Semis Ci	21/08/2010	Mélange seigle – vesce, préparé, 40 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Broyage	02/03/2011	
	Labour	04/03/2011	
	Vibroculteur	18/03/2011	
	Apport MO	02/04/2011	2 t/ha compost fientes de volailles, effectué par entreprise
	Vibroculteur	08/04/2011	
	Semis	30/04/2011	Variété ALISSON, 75 000gr/ha (4 kg/ha), 100% de semences certifiées
	Herse étrille	03/05/2011	
	Herse étrille	13/05/2011	
	Binage	29/05/2011	
	Binage	15/06/2011	
	Récolte	21/09/2011	2,4 t/ha
Blé tendre 2	Broyage	25/09/2010	
	Déchaumeur	26/09/2010	
	Vibroculteur	04/10/2010	
	Vibroculteur	15/10/2010	
	Apport mo	17/10/2010	3 t/ha compost de fientes de volailles, effectué par entreprise
	Semis	01/11/2011	Mélange de RENAN, PIRENEO et APACHE, 175 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	06/11/2011	
	Binage	12/03/2011	Permet d'ameublir le sol avant le 2 ^e passage de HE
	Herse étrille	21/03/2011	
	Récolte	13/07/2011	3 t/ha
Triticale - pois	Covercrop	30/07/2010	
	Labour	10/09/2010	
	Vibroculteur	21/09/2010	
	Vibroculteur	13/10/2010	
	Semis	02/11/2010	<u>Triticale</u> : Variété TREMPIN, 140 kg/ha, 5% de semences certifiées ; <u>Pois</u> : Variété ASSAS, 37 kg/ha, 100% de semences certifiées
	Récolte	15/07/2011	3 t/ha

Itinéraires techniques des cultures de PDL 2

PDL1	Féverole H	Blé tendre	Maïs grain	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	19	19	19	57	
Rendement moyen (t/ha)	3,1	3,8	8,0		
Prix de vente moyen (€/t)	300	310	280		
PB hors aides (€/ha)	930	1178	2240	82612	1449
Aides (€/ha)	490	350	350	22610	397
PB Avec aides (€/ha)	1420	1528	2590	105222	1846
Semences (€/ha)	89	70	298	8684	152
Engrais (€/ha)	0	140	210	6650	117
Irrigation (€/ha)	0	0	39	741	13
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	0
Total Intrants (€/ha)	89	210	547	16075	282
MB Hors aides (€/ha)	841	968	1693	66537	1167
MB Avec aides (€/ha)	1331	1318	2043	89147	1564
Ch. méca (€/ha)	305	406	575	24447	429
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	197	3743	66
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	160	3040	53
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	149	149	149	8493	149
Total ch. méca & MO (€/ha)	454	555	1081	39723	697
MD Hors aides (€/ha)	388	412	611	26814	470
MD Avec aides (€/ha)	878	762	961	49424	867
Ch. diverses (€/ha)	92	92	92	5244	92
Fermage (€/ha)	131	131	131	7467	131
Total ACF (€/ha)	223	223	223	12711	223
MN Hors aides (€/ha)	165	189	388	14103	247
MN Avec aides (€/ha)	655	539	738	36713	644

Tableau 6 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation PDL1

PDL2	Féverole P	Blé 1	Tournesol	Blé 2	Triticale - Pois	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	11	11	11	11	11	55	
Rendement moyen (t/ha)	2,4	3,2	2,4	3,0	3,0		
Prix de vente moyen (€/t)	300	340	390	340	248		
PB Hors aides (€/ha)	720	1088	936	1020	744	49588	902
Aides (€/ha)	490	350	350	350	350	20790	378
PB Avec aides (€/ha)	1210	1438	1286	1370	1094	70378	1280
Semences (€/ha)	143	70	183	70	114	6384	116
Engrais (€/ha)	0	70	70	105	0	2695	49
Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Total Intrants (€/ha)	143	140	253	175	114	9079	165
MB Hors aides (€/ha)	577	948	683	845	630	40509	737
MB Avec aides (€/ha)	1067	1298	1033	1195	980	61299	1115
Ch. méca (€/ha)	400	406	483	380	310	21772	396
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	150	1650	30
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	149	149	149	149	149	8195	149
Total ch. méca & MO (€/ha)	549	555	632	529	609	31617	575
MD Hors aides (€/ha)	28	392	51	316	21	8892	162
MD Avec aides (€/ha)	518	742	401	666	371	29682	540
Ch. diverses (€/ha)	92	92	92	92	92	5060	92
Fermage (€/ha)	131	131	131	131	131	7205	131
Total ACF (€/ha)	223	223	223	223	223	12265	223
MN Hors aides (€/ha)	-195	169	-172	93	-202	-3373	-61
MN Avec aides (€/ha)	295	519	178	443	148	17417	317

Tableau 7 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation PDL2

Cas-type Rhône-Alpes

Exploitation : 93 ha, 1 UTH

Région : Plaine céréalière de la vallée du Rhône, données météo de la ville de Vienne

Type de sol : Sols limono argilo sableux profonds. Bonnes terres sur substrat calcaire très filtrant, d'où un caractère parfois séchant

Rotation courte irriguée (RA1) : Soja – Blé tendre – Maïs grain **(39ha)**

Rotation courte non irriguée (RA2) : Luzerne (3 ans) – Blé tendre 1 – Blé tendre 2 –Tournesol **(54ha)**

Le Parc matériel		Prix d'achat (€)	Nb d'heures/an	-	-	-
Traction	90 cv	47 700	204	-	-	-
	120 cv	66 300	270	-	-	-
		Prix d'achat (€)	Nombre d'ha/an	Débit (ha/h)	Carburant (L/ha)	Coût (€/ha)
Travail du sol / Semis	Néo déchaumeur 3 m	6 300	84	1,7	9,3	24,3
	Charrue 4 corps	15 100	75	0,6	26,4	73,8
	Broyeur 3 m (CUMA)	-	22	1,1	12	34,8
	Herse étrille 12 m	9 600	53	7	1,7	17,5
	Houe rotative 6 m	10 000	57	6	2,6	18,2
	Bineuse 6 rgs + doigts Kress	5 500	105	2,1	5,2	18,7
	Rouleau Cambridge 6,5 m (CUMA)	-	9	3,3	3	10,5
	Vibroculteur 4,5 m	6 200	92	2,6	4,6	15,8
	Semoir 3m	6 600	53	1,1	9	53,5
	+ herse rotative 3 m*	11 000	53			
	Semoir monograines 6 rgs	10 600	35	1,7	5,8	39,2
Fertilisation	Epandeur fumier 12 T	25 500	22	0,7	18,9	127,9
	Epandeur engrais 18m	4 000	40	9,5	1	10
Entreprise	Récolte maïs, tournesol, soja					150 €/ha
	Récolte céréales					100 €/ha
	Transport grains					5,5 €/t
	Retourneur compost					4 €/t
	Récolte luzerne	(faucheuse, faneur-andaineur, presse, plateau). Coût retiré du prix de vente (vente sur pied)				

* Même outil

		Rendement (t/ha)			Prix de vente (€/t)		
		Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut
RA 1	Soja	3,2	4	5	550	650	750
	Blé	4	4,5	5	220	340	400
	Maïs	8	10	12	220	280	320
RA 2	Luzerne 1	5	6	6,5	60	80	100
	Luzerne 2 & 3	7	8	10			
	Blé 1	3	3,5	4,5	220	340	400
	Blé 2	3	3,5	4			
	Tournesol	1,5	2	2,3	280	390	500

Irrigation

- Via un réseau (pompage dans un cours d'eau)
- 2 enrouleurs de 350m de long
- 200m tuyaux de surface
- charges fixes = 406 €/ha dont 150 €/ha de souscription au réseau
- charges opérationnelles = 196 €/ha

Informations utile :

Fermage : 160 €/ha

Aides : 350 €/ha

MSA : 169 €/ha

Charges diverses : 100 €/ha

IVAN : 2 412 €/ha

Itinéraires techniques des cultures de RA 1

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja	Labour	15/02/2011	
	Vibroculteur	20/03/2011	
	Vibroculteur	15/04/2011	
	Vibroculteur	01/05/2011	
	Semis	02/05/2011	Variété ISIDOR, 380 000/ha (76 kg/ha), 100% de semences certifiées, inoculation des semences obligatoire
	Houe rotative	15/05/2011	
	Bineuse + doigts kress	24/05/2011	
	Binage	10/06/2011	
	Binage	01/07/2011	
	Irrigation	15/07/2011	40mm
	Irrigation	25/07/2011	40mm
	Irrigation	05/08/2011	40mm
	Irrigation	12/08/2011	40mm
	Irrigation	20/08/2011	40mm
	Irrigation	30/08/2011	40mm
	Irrigation	14/09/2011	40mm
	Récolte	20/10/2011	4 t/ha, effectué par entreprise
	Blé tendre	Déchaumeur	22/10/2010
Labour		03/11/2010	
Semis		13/11/2010	Variété AEROBIC, 135 kg/ha, 33% de semences certifiées
Houe rotative		27/02/2011	
Apport MO		02/03/2011	800 kg/ha de farine de viandes à l'épandeur centrifuge
Herse étrille		28/03/2011	
Herse étrille		27/04/2011	
Récolte		15/07/2011	4,5 t/ha, effectué par entreprise
Maïs grain	Déchaumeur	20/02/2010	
	Déchaumeur	10/08/2010	
	Semis CI	15/08/2010	Féverole, 200 kg/ha, 100% de semences fermières
	Broyage	01/02/2011	
	Apport MO	05/02/2011	5 t/ha de compost de fientes de volailles
	Labour	15/02/2011	
	Vibroculteur	15/03/2011	
	Vibroculteur	05/04/2011	
	Semis	15/04/2011	Variété : ES ANTHALYA, 90 000gr/ha (30 kg/ha), 100% de semences certifiées
	Houe rotative	20/04/2011	
	Binage + doigts kress	12/05/2011	
	Binage	24/05/2011	
	Binage	13/06/2011	
	Irrigation	20/06/2011	35mm
	Irrigation	02/07/2011	35mm
	Irrigation	11/07/2011	35mm
	Irrigation	19/07/2011	35mm
	Irrigation	25/07/2011	35mm
	Irrigation	02/08/2011	35mm
	Irrigation	12/08/2011	35mm
Irrigation	20/08/2011	35mm	
Récolte	01/11/2011	10 t/ha, effectué par entreprise	

Itinéraires techniques des cultures de RA 2

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Luzerne 1	Labour	13/09/2010	
	Semis & roulage	14/09/2010	Variété CANNELLE, 20 kg/ha, 100% de semences certifiées, profondeur 1cm
	Fauche 1	09/05/2011	2.5 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	23/06/2011	2 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 3	24/08/2011	1.5 tMS/ha, effectué par entreprise
Luzerne 2 & 3	Apport	03/03/2011	350 kg/ha de Patenkali®
	Fauche 1	13/05/2011	4 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	22/06/2011	2.5 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 3	24/08/2011	1.5 tMS/ha, effectué par entreprise
Blé tendre 1	Déchaumeur	15/09/2010	
	Labour	13/10/2010	
	Semis	07/11/2010	Variété TOGANO, 135 kg/ha, 33% de semences certifiées
	Houe rotative	03/03/2011	
	Herse étrille	20/04/2011	
	Récolte	14/07/2011	3,5 t/ha, effectué par entreprise
Blé tendre 2	Déchaumeur	20/07/2010	
	Déchaumeur	14/08/2010	
	Apport MO	20/10/2010	8 t/ha de compost de fumier de volailles
	Labour	27/10/2010	
	Semis	07/11/2010	Variété RENAN, 135 kg/ha, 33% de semences certifiées
	Houe rotative	27/02/2011	
	Herse étrille	28/03/2011	
	Herse étrille	30/04/2011	
Récolte	15/07/2011	3,5 t/ha, effectué par entreprise	
Tournesol	Déchaumeur	20/07/2010	
	Semis CI	10/08/2010	Mélange avoine-vesce, 50 kg/ha avoine, 40 kg/ha vesce, 100% de semences certifiées, à l'épandeur centrifuge
	Déchaumage	11/08/2010	Pour enfouir la culture intermédiaire
	Broyage	10/02/2011	
	Labour	13/02/2011	
	Vibroculteur	05/03/2011	
	Vibroculteur	29/03/2011	
	Vibroculteur	20/04/2011	
	Semis	21/04/2011	Variété ALISSON, 75 000 gr/ha (4 kg/ha), 100% de semences certifiées
	Bineuse	03/05/2011	
	Bineuse	23/05/2011	
	Bineuse	12/06/2011	
	Récolte	15/09/2011	2 t/ha, effectué par entreprise

RA 1	Soja	Blé	Maïs grain	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	13	13	13	39	
Rendement moyen (t/ha)	4,0	4,5	10,0		
Prix de vente moyen (€/t)	650	310	280		
PB Hors aides (€/ha)	2600	1395	2800	88335	2265
Aides (€/ha)	350	350	350	13650	350
PB Avec aides (€/ha)	2950	1745	3150	101985	2615
Semences (€/ha)	179	94	372	8392	215
Engrais (€/ha)	0	177	95	3536	91
Irrigation (€/ha)	196	0	196	5096	131
Autres intrants (€/ha)	30	0	20	650	17
Total Intrants (€/ha)	405	271	683	17674	453
MB Hors aides (€/ha)	2195	1124	2117	70662	1812
MB avec aides (€/ha)	2545	1474	2467	84312	2162
Ch. méca (€/ha)	412	341	715	19082	489
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	260	0	260	6760	173
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	180	2340	60
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	169	169	169	6591	169
Total ch. méca & MO (€/ha)	841	510	1324	34773	892
MD Hors aides (€/ha)	1354	614	793	35889	920
MD Avec aides (€/ha)	1704	964	1143	49539	1270
Ch. diverses (€/ha)	100	100	100	3892	100
Fermage (€/ha)	160	160	160	6240	160
Total ACF (€/ha)	260	260	260	10132	260
MN Hors aides (€/ha)	1094	355	533	25757	660
MN Avec aides (€/ha)	1444	705	883	39407	1010

Tableau 8 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation RA1

RA 2	Luzerne 1	Luzerne 2 & 3	Blé 1	Blé 2	Tournesol	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	9	9	9	9	9	54	
Rendement moyen (t/ha)	6,0	8,0	3,5	3,5	2,0		
Prix de vente moyen (€/t)	80	80	340	340	390		
PB Hors aides (€/ha)	480	640	1190	1190	780	44280	820
Aides (€/ha)	350	350	350	350	350	18900	350
PB Avec aides (€/ha)	830	990	1540	1540	1130	63180	1170
Semences (€/ha)	66	66	94	94	255	5767	107
Engrais (€/ha)	0	166	0	152	0	4361	81
Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Total Intrants (€/ha)	66	232	94	246	255	10128	188
MB Hors aides (€/ha)	414	408	1096	944	526	34152	632
MB Avec aides (€/ha)	764	758	1446	1294	876	53052	982
Ch. méca (€/ha)	95	31	313	483	486	12956	240
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	169	169	169	169	169	9126	169
Total ch. méca & MO (€/ha)	264	200	482	652	655	22082	409
MD Hors aides (€/ha)	150	208	614	292	-130	12071	224
MD Avec aides (€/ha)	500	558	964	642	220	30971	574
Ch. diverses (€/ha)	100	100	100	100	100	5389	100
Fermage (€/ha)	160	160	160	160	160	8640	160
Total ACF (€/ha)	260	260	260	260	260	14029	260
MN Hors aides (€/ha)	-110	-52	354	32	-390	-1959	-36
MN Avec aides (€/ha)	240	298	704	382	-40	16941	314

Tableau 9 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation RA2

Cas-type Poitou-Charentes

Exploitation : 108 ha, 1 UTH

Région : Plaine de Niort, données météo de la ville de Niort

Type de sol : Terres de groies superficielles, calcaires, caillouteuses, à faible réserve utile. Potentiel moyen à bon. Les terres sont assez séchantes (substrat calcaire, forte évapotranspiration en été). Il n'y a pas de différence notable entre les parcelles.

Rotation longue irriguée (PC1) : Luzerne (3 ans) – Blé – Maïs grain – Féverole H – Triticale – Tournesol – Orge H (**27 ha**)

Rotation longue non irriguée (PC2) : Luzerne (3 ans) – Blé – Orge H – Féverole H – Blé – Tournesol – Blé (**81 ha**)

Le Parc matériel		Prix d'achat (€)	Nb d'heures/an	-	-	-
Traction	80 cv	42 000	103	-	-	-
	120 cv	66 300	303	-	-	-
		Prix d'achat (€)	Nombre d'ha/an	Débit (ha/h)	Carburant (L/ha)	Coût (€/ha)
Récolte	Moissonneuse 4,2 m	133 000	69	1,5	17	149,2
Transport	Remorque 12T	11 850	36	1,5	7	47,8
	Remorque 16T	20 000	36	1,5	7	56,9
Travail du sol / Semis	Déchaumeur à dents 4 m	12 700	72	2,3	7	26,7
	Charrue 5 corps	16 500	72	0,8	24,8	64,7
	Broyeur 3 m (CUMA)	-	27	1,1	12	33,9
	Herse étrille 12 m	9 900	111	6	1,8	7,8
	Covercrop 4 m	12 000	84	2,3	6,9	24,2
	Bineuse 6 rgs + caméra	19 700	105	3	3,5	26,6
	Rouleau lisse 6 m (CUMA)	-	12	3,3	2,7	11,4
	Vibroculteur 4 m	5 600	72	2,3	4,6	22,1
	Semoir 3m	9 000	123	1,1	12	54,3
	+ herse rotative 3 m*	11 000				
	Semoir monograines 6 rgs	10 600	15	1,7	5,2	73,8
	+ herse rotative 3 m*	11 000				
Entreprise	Récolte maïs	140 €/ha				
	Epandeur fumier/compost	20 €/t				
	Récolte luzerne	(faucheuse, faneur-andaineur, presse, plateau). Coût retiré du prix de vente (vente sur pied)				

* Même outil

		Rendement (t/ha)			Prix de vente (€/t)		
		Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut
PC 1	Luzerne 1	6	7	8	60	80	100
	Luzerne 2	7	8	9			
	Luzerne 3	9	9.5	11			
	Blé	4	4.5	5	220	340	400
	Maïs	7	9	10	220	280	320
	Féverole	1.5	2	3	210	300	340
	Triticale	3	3.5	5	130	240	290
	Tournesol	1.5	2	2.5	280	390	500
Orge H	2.5	3.5	4	140	250	300	
PC 2	Luzerne 1	5	6	7	60	80	100
	Luzerne 2 & 3	6	7	8			
	Blé 1	4	4.5	5	220	340	400
	Orge H	2.5	3	4	140	250	300
	Féverole	1.5	2	4	210	300	340
	Blé 2	2.5	3.5	4.5	220	340	400
	Tournesol	1.5	2	2.5	280	390	500
	Blé 3	2.5	3.5	4.5	220	340	400

Irrigation

- Via un forage
- 1 enrouleur de 350m de long
- 1 pompe 50m³/h
- 300m de tuyaux de surface
- 1000m de tuyaux souterrains
- charges fixes = 193 €/ha
- charges opérationnelles = 42 €/ha

Fermage : 125 €/ha

Aides : 350 €/ha

MSA : 159 €/ha

Charges diverses : 95 €/ha

IVAN : 3 520 €/ha

Itinéraires techniques des cultures de PC 1

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Luzerne 1	Covercrop	07/08/2010	
	Semis & roulage	14/09/2010	Variété EUROPE, 25kg/ha, 100% de semences certifiées, 1cm de profondeur
	Herse étrille	10/03/2011	
	Fauche 1	15/05/2011	3.5 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	02/07/2011	2.1 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 3	26/08/2011	1.4 tMS/ha, effectué par entreprise
Luzerne 2	Fauche 1	15/05/2011	4 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	02/07/2011	2.4 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 3	26/08/2011	1.6 tMS/ha, effectué par entreprise
Luzerne 3	Fauche 1	15/05/2011	4 tMS/ha, effectué par entreprise
	Irrigation	03/06/2011	40mm
	Irrigation	24/06/2011	40mm
	Fauche 2	02/07/2011	3.2 tMS/ha, effectué par entreprise
	Irrigation	16/07/2011	40mm
	Irrigation	10/08/2011	40mm
	Fauche 3	26/08/2011	2.3 tMS/ha, effectué par entreprise
Blé tendre 1	Covercrop	28/08/2010	
	Déchaumeur	20/09/2010	
	Labour	09/10/2010	
	Vibroculteur	25/10/2010	
	Semis	27/10/2010	Variété RENAN, 200 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	15/02/2011	
	Bineuse	30/03/2011	
	Bineuse	16/04/2011	
	Récolte	16/07/2011	4,5 t/ha
Maïs grain	Covercrop	08/08/2010	
	Semis CI	28/08/2010	Féverole, 200 kg/ha, 100% de semences de ferme
	Broyage	28/01/2011	
	Labour	31/01/2011	
	Vibroculteur	04/03/2011	
	Vibroculteur	23/03/2011	
	Apport MO	09/04/2011	4 t/ha de Viofertil®, effectué par entreprise
	Vibroculteur	19/04/2011	
	Semis	26/04/2011	Variété FRIEDRIX, 90 000 gr/ha (30 kg/ha), 100% de semences certifiées, pose de trichogramme 1 année sur 2
	Herse étrille	02/05/2011	
	Herse étrille	18/05/2011	
	Bineuse	04/06/2011	
	Bineuse	20/06/2011	
	Irrigation	25/06/2011	30mm
	Irrigation	08/07/2011	30mm
	Irrigation	25/07/2011	30mm
	Irrigation	08/08/2011	30mm
Récolte	16/10/2011	9 t/ha, effectué par entreprise, broyage des cannes simultanément	
Féverole H	Covercrop	18/10/2010	
	Labour	15/11/2010	
	Semis	29/11/2010	Variété OLAN, 200 kg/ha, 25% de semences certifiées
	Herse étrille	13/02/2011	
	Herse étrille	05/03/2011	

	Récolte	24/07/2011	2 t/ha
Triticale	Covercrop	21/08/2010	
	Déchaumeur	22/09/2010	
	Labour	17/10/2010	
	Semis	01/11/2010	Variété TREMPLIN, 140 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	19/02/2011	
	Herse étrille	15/03/2011	
	Récolte	15/07/2011	3,5 t/ha
	Tournesol	Covercrop	17/07/2010
Déchaumeur		10/08/2010	
Semis CI		13/08/2010	Mélange avoine-vesce, 50 kg/ha avoine, 40 kg/ha vesce, 100% de semences certifiées, à l'épandeur centrifuge
Broyage		05/03/2011	
Labour		07/03/2011	
Vibroculteur		30/03/2011	
Vibroculteur		21/04/2011	
Semis		23/04/2011	Variété ALISSON, 75 000gr/ha (4 kg/ha), 100% de semences certifiées
Herse étrille		28/04/2011	
Bineuse		10/06/2011	
Bineuse		25/06/2011	
Récolte		14/09/2011	2 t/ha
Orge		Broyage	20/09/2010
	Covercrop	21/09/2010	
	Labour	14/10/2010	
	Semis	29/10/2010	Variété VANESSA, 180 kg/ha, 20% de semences certifiées,
	Herse étrille	17/02/2011	
	Apport MO	07/03/2011	2,5 t/ha de Viofertil®, effectué par entreprise
	Bineuse	12/03/2011	
	Bineuse	31/03/2011	
	Récolte	05/07/2011	3,5 t/ha

Itinéraires techniques des cultures de PC 2

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Luzerne 1	Covercrop	07/08/2010	
	Semis & roulage	14/09/2010	Variété EUROPE, 25kg/ha, 100% de semences certifiées, 1cm de profondeur
	Herse étrille	10/03/2011	
	Fauche 1	15/05/2011	3 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	15/07/2011	1.8 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 3	10/09/2011	1.2 tMS/ha, effectué par entreprise
Luzerne 2 & 3	Fauche 1	15/05/2011	3.5 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 2	15/07/2011	2.1 tMS/ha, effectué par entreprise
	Fauche 3	10/09/2011	1.4 tMS/ha, effectué par entreprise
Blé tendre 1	Covercrop	20/09/2010	
	Déchaumeur	29/09/2010	
	Labour	15/10/2010	
	Vibroculteur	25/10/2010	
	Semis	27/10/2010	Variété RENAN, 200 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	15/02/2011	
	Bineuse	30/03/2011	
	Bineuse	16/04/2011	
	Récolte	16/07/2011	4,5 t/ha

Orge H	Covercrop	27/07/2010		
	Déchaumeur	19/08/2010		
	Déchaumeur	15/09/2010		
	Labour	10/10/2010		
	Vibroculteur	25/10/2010		
	Semis	26/10/2010	Variété VANESSA, 180 kg/ha, 20% de semences certifiées,	
	Herse étrille	15/02/2011		
	Bineuse	11/03/2011		
	Bineuse	06/04/2011		
	Récolte	05/07/2011	3 t/ha	
	Féverole H	Covercrop	02/08/2010	
		Déchaumeur	22/08/2010	
Déchaumeur		16/09/2010		
Labour		23/10/2010		
Semis		17/11/2010	Variété OLAN, 210 kg/ha, 25% de semences certifiées	
Herse étrille		13/02/2011		
Herse étrille		05/03/2011		
Récolte		24/07/2011	2 t/ha	
Blé tendre 2	Covercrop	03/08/2010		
	Déchaumeur	03/09/2010		
	Labour	09/10/2010		
	Vibroculteur	24/10/2010		
	Semis	25/10/2010	Variété RENAN, 200 kg/ha, 20% de semences certifiées	
	Herse étrille	15/02/2011		
	Apport MO	20/03/2011	2,5 t/ha de Viofertil®, effectué par entreprise	
	Bineuse	30/03/2011		
	Bineuse	16/04/2011		
	Récolte	14/07/2011	3,5 t/ha	
Tournesol	Covercrop	16/07/2010		
	Déchaumeur	18/08/2010		
	Semis CI	30/08/2010	Mélange avoine-vesce, 50 kg/ha avoine, 40 kg/ha vesce, 100% de semences certifiées, à l'épandeur centrifuge	
	Broyage	05/03/2011		
	Labour	07/03/2011		
	Vibroculteur	31/03/2011		
	Vibroculteur	23/04/2011		
	Semis	24/04/2011	Variété ALISSON, 75 000gr/ha (4 kg/ha), 100% de semences certifiées	
	Bineuse	11/05/2011		
	Bineuse	01/06/2011		
	Bineuse	17/07/2011		
	Récolte	14/09/2011	2 t/ha	
Blé tendre 3	Broyage	21/09/2010		
	Covercrop	22/09/2010		
	Labour	03/10/2010		
	Vibroculteur	22/10/2010		
	Semis	23/10/2010	Variété RENAN, 200 kg/ha, 20% de semences certifiées	
	Herse étrille	15/02/2011		
	Apport MO	15/03/2011	2,5 t/ha de Viofertil®, effectué par entreprise	
	Bineuse	29/03/2011		
	Bineuse	17/04/2011		
	Récolte	15/07/2011	3,5 t/ha	

PC1	Luzerne 1	Luzerne 2	Luzerne 3	Blé	Maïs grain	Féverole H	Triticale	Tournesol	Orge H	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27	
Rendement moyen (t/ha)	7,0	8,0	9,5	4,5	9,0	2,0	3,5	2,0	3,5		
Prix de vente moyen (€/t)	80	80	80	340	280	300	240	390	250		
PB Hors aides (€/ha)	560	640	760	1530	2520	600	840	780	875	27315	1012
Aides (€/ha)	350	350	350	350	350	490	350	350	350	9870	366
PB Avec aides (€/ha)	910	990	1110	1880	2870	1090	1190	1130	1225	37185	1377
Semences (€/ha)	44	44	44	92	408	100	60	278	70	3418	127
Engrais (€/ha)	0	0	0	0	220	0	0	0	138	1073	40
Irrigation (€/ha)	0	0	42	0	42	0	0	0	0	252	9
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	20	0	0	0	0	60	2
Total Intrants (€/ha)	44	44	86	92	690	100	60	278	207	4803	178
MB Hors aides (€/ha)	516	596	674	1438	1830	500	780	502	668	22512	834
MB Avec aides (€/ha)	866	946	1024	1788	2180	990	1130	852	1018	32382	1199
Ch. méca (€/ha)	54	22	47	455	628	360	387	575	481	9027	334
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	235	0	235	0	0	0	0	1410	52
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	180	0	0	0	0	540	20
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	159	159	159	159	159	159	159	159	159	4293	159
Total ch. méca & MO (€/ha)	213	181	441	614	1202	519	546	734	640	15270	566
MD Hors aides (€/ha)	303	415	234	824	628	-19	234	-233	28	7242	268
MD Avec aides (€/ha)	653	765	584	1174	978	471	584	117	378	17112	634
Ch. diverses (€/ha)	95	95	95	95	95	95	95	95	95	2565	95
Fermege (€/ha)	125	125	125	125	125	125	125	125	125	3375	125
Total ACF (€/ha)	220	220	220	220	220	220	220	220	220	5940	220
MN Hors aides (€/ha)	83	195	14	604	408	-239	14	-453	-192	1302	48
MN Avec aides (€/ha)	433	545	364	954	758	251	364	-103	158	11172	414

Tableau 10 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation PC 1

PC2	Luzerne 1	Luzerne 2 & 3	Blé 1	Orge H	Féverole H	Blé 2	Tournesol	Blé 3	Total	Moyenne / ha
Surface (ha)	9	9	9	9	9	9	9	9	81	
Rendement moyen (t/ha)	6,0	7,0	4,5	3,0	2,0	3,5	2,0	3,5		
Prix de vente moyen (€/t)	80	80	340	250	300	340	390	340		
PB Hors aides (€/ha)	480	560	1530	750	600	1190	780	1190	68760	849
Aides (€/ha)	350	350	350	350	490	350	350	350	29610	366
PB Avec aides (€/ha)	830	910	1880	1100	1090	1540	1130	1540	98370	1214
Semences (€/ha)	44	44	102	70	100	102	278	102	7977	98
Engrais (€/ha)	0	0	0	0	0	138	0	138	2475	31
Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres intrants (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Intrants (€/ha)	44	44	102	70	100	240	278	240	10452	129
MB Hors aides (€/ha)	436	516	1428	680	500	950	502	950	58308	720
MB Avec aides (€/ha)	786	866	1778	1030	990	1300	852	1300	87918	1085
Ch. méca (€/ha)	54	22	454	443	413	504	593	502	27063	334
Ch. fixes Irrigation (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres ch. méca (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ch. salariales (€/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cotisations MSA (€/ha)	159	159	159	159	159	159	159	159	12879	159
Total ch. méca & MO (€/ha)	213	181	613	602	572	663	752	661	39942	493
MD Hors aides (€/ha)	223	335	815	78	-72	287	-251	289	18366	227
MD Avec aides (€/ha)	573	685	1165	429	418	637	99	639	47976	592
Ch. diverses (€/ha)	95	95	95	95	95	95	95	95	7695	95
Fermage (€/ha)	125	125	125	125	125	125	125	125	10125	125
Total ACF (€/ha)	220	220	220	220	220	220	220	220	17820	220
MN Hors aides (€/ha)	3	115	595	-142	-292	67	-471	69	546	7
MN Avec aides (€/ha)	353	465	945	209	198	417	-121	419	30156	372

Tableau 11 : résultats économiques détaillées des cultures et de la rotation PC 2

Tableau 115 : Tableau récapitulatif des onze rotations des cas-types

Région	Code rotation	Localisation cas-type	SAU (ha)	Durée rotation (ans)	Irrigation	Rotation	Type de sol
Bretagne	BZH	Bassin Rennais	90	9	Non	Ray Grass & trèfle violet (3 ans) – Blé – Avoine nue – Féverole P – Blé – Orge P – Triticale/pois	Potentiel moyen/bon, limons un peu battants, profondeur 80cm
Bourgogne	BG 1	Sud Yonne, Nord Côte d'Or	160	8	Non	Luzerne (2 ans) – Blé – Engrain – Pois P – Blé – Triticale – Sarrasin	Potentiel faible, profondeur 30cm, RU faible, sols calcaires à forte pierrosité
	BG 2	Ouest Yonne	210	7	Non	Luzerne & Dactyle (3 ans) – Blé – Blé – Triticale/pois – Orge P	
Midi-Pyrénées	MP 1	Coteaux du Gers	33	3	Oui	Soja – Soja – Blé	Fonds de vallée à bon potentiel, limons battants très profonds, un peu engorgés l'hiver : type boubènes,
	MP 2		63	4	Non	Pois chiche – Blé – Tournesol	Coteau argilo-calcaire, potentiel moyen, un peu séchants en été
Pays de la Loire	PDL 1	Sud et centre région Pays de la Loire	57	3	Oui	Féverole H – Blé – Maïs	Bon potentiel, limono-argileux, profondeur 80cm, drainés, bonne RU, peu séchant, peu caillouteux
	PDL 2		55	5	Non	Féverole P – Blé – Tournesol – Blé – Triticale/pois	Potentiel moyen, limons sableux, profondeur entre 30 et 60cm, hydromorphes, caillouteux, non drainés.
Poitou-Charentes	PC 1	Plaine de Niort	27	9	Oui	Luzerne (3 ans) – Blé – Maïs grain – Féverole H – Triticale – Tournesol – Orge H	Terres de groies superficielles, calcaires, caillouteuses, à faible RU, potentiel moyen à bon, assez séchants.
	PC 2		81	9	Non	Luzerne (3 ans) – Blé – Orge H – Féverole H – Blé – Tournesol – Blé	
Rhône-Alpes	RA 1	Plaine céréalière de la vallée du Rhône	39	3	Oui	Soja – Blé – Maïs	Limons argilo sableux profonds. Bonnes terres sur substrat calcaire très filtrant, parfois séchant.
	RA 2		54	6	Non	Luzerne (3 ans) – Blé – Blé – Tournesol	

Annexe 2 : Justification des rotations des cas-types et variantes possibles

Cas-type	Localisation	SAU (ha)	Durée rotation (ans)	Irrigation	Rotation	Justification des cultures	Variantes possibles	%lég (hors luzerne)	%lég (avec luzerne)
BZH	Bassin Rennais	90	9	non	Ray Grass & trèfle violet (3ans) – blé – avoine nue – féverole P – blé – orge P – mélange triticale / pois	avoine nue => débouché céréale petit déjeuner, orge P => brasserie bières bio, pas de pois : maladies et de pigeons		22%	55%
BG 1	Sud Yonne, Nord Côte d'Or	160	8	non	Luzerne – Luzerne – blé – engrain – pois P – blé – triticale – sarrasin	pois vert => alimentation humaine, marché du pois cassé (coopérative locale) qui prend aussi le sarrasin ; déshydratation pour la luzerne	lentille, féverole à la place du pois vert ; tournesol à la place du sarrasin ; d'autres céréales secondaires : seigle, épeautre	13%	38%
BG 2	Ouest Yonne	147	7	non	Luzerne & Dactyle (3 ans) – blé – blé – triticale/pois – orge P	prairie temporaire, 2e blé (fourrager) et mélange autoconsommé sur l'exploitation par l'atelier BV	triticale, épeautre, ... à la place du blé fourrager	14%	57%
MP 1	Coteaux du Gers	33	3	oui	Soja – soja – blé	soja très demandé, prix de vente élevé	maïs à la place d'un soja	67%	67%
MP 2		64	3	non	Pois chiche – blé – tournesol	féverole et pois pas possibles comme légumineuses, tête de rotation = pois chiche, lentille ou lin	soja, lentille, lin ou un mélange céréalier à la place du pois chiche	33%	33%
PDL 1	Sud et centre région Pays de la Loire	57	3	oui	Féverole H – blé – maïs		soja ou pois en mélange à la place de la féverole	33%	33%
PDL 2		55	5	non	Féverole P – blé – tournesol – blé – mélange triticale/pois	féverole P car sols hydromorphes = féverole H pas possible, tournesol à la place du maïs car irrigation pas possible sur cet ilot		40%	40%
PC 1	Plaine de Niort	27	9	oui	Luzerne (3ans) – blé – maïs grain – féverole H – triticale – tournesol – orge H	irrigation de - en - présente => allongement des rotations avec des luzernes, peu de blé tendre pour des raisons sanitaires, la 2e culture d'été sera un tournesol - exigeant en eau	soja à la place du tournesol, mélanges céréaliers à la place de l'orge	11%	44%
PC 2		81	9	non	Luzerne (3ans) – blé – orge H – féverole H – blé – tournesol – blé	blé culture la plus rémunératrice de la rotation bien présente dans la rotation		11%	44%
RA 1	Plaine céréalière de la vallée du Rhône	39	3	oui	Soja – blé – maïs	cultures d'été à fortes valeurs ajoutées		33%	33%
RA 2		54	6	non	Luzerne (3ans) – blé – blé – tournesol	3 ans de luzerne pour des raisons agronomiques malgré des débouchés incertains	soja en sec à la place du tournesol	0%	50%

**Annexe 3 : Gestion de l'enherbement dans les onze rotations des cas-
types**

Cas-type	Durée tête de rotation (ans)	Stratégie de désherbage	Matériel de désherbage	Adventices problématiques	Solutions possibles ?	Nb passage désherbage	Nb passage travail du sol
BZH	3	3 ans de prairie fauchée régulièrement 2 cultures de printemps pour casser le cycle des adventices	Herse étrille 9m	<u>Vivaces</u> : chardon, rumex <u>Annuelles</u> : folle avoine, sanve Attention aux graines de vesces dans les fientes de volailles	remplacer l'avoine nue par un seigle si la pression en folle avoine est trop importante, garder la prairie une année de plus	1.6	1.9
BG 1	2	2 ans de luzerne 2 cultures de printemps 1 an de sarrasin qui a des propriétés allélopathique	Herse étrille 12m	<u>Vivaces</u> : rumex, chardon <u>Annuelles</u> : folle avoine	le binage des céréales est de plus en plus fréquent dans la région => nécessité d'investir dans une bineuse ; travail du sol en été contre les chardons	1.4	2
BG 2	3	3 ans de prairie temporaire fauchée 1 culture de printemps	Herse étrille 12m	<u>Vivaces</u> : rumex, chardon <u>Annuelles</u> : folle avoine Le fumier qui peut ramener des graines d'adventices		1.1	1.9
MP 1	X	De nombreux passages de désherbage dans le soja (3 faux semis, 3 herse étrilles ou houes rotatives, 4-5 binages) ; Travail du sol l'été contre le chardon	Herse étrille 12m	<u>Vivaces</u> : chardon <u>Annuelles</u> : folle avoine, coquelicot		5.7	4
MP 2	X	De nombreux passages de désherbage en interculture et en culture (hersage, écroubage, binage), Des couverts végétaux étouffants Pas d'orge dans les rotations pour limiter pression en folle avoine	houe rotative 4,5m bineuse 7 rgs + barre de guidage	Folle avoine, chardon, coquelicot, panic, chénopode	désherbage thermique envisageable sur le soja	5	5
PDL 1	X	Binage de toutes les cultures Travail du sol l'été contre le chardon	herse étrille 12m	Folle avoine, coquelicot, chardon		2.3	2.2
PDL 2	X	Binage des céréales nécessaire car alternance des cultures hiver/printemps bien marquée	bineuse 3m bineuse 4 rgs	quelques vivaces pas de problèmes d'annuelles		3.3	3.6
PC 1	3	3 ans de luzerne, 2 cultures d'été = rupture du cycle de germination des adventices automnales Binage des cultures	herse étrille 12m, bineuse 6 rgs guidage caméra	Bonne efficacité de la luzerne contre le chardon		2	2.3
PC 2	3	3 ans de luzerne mais Alternance des cultures moins marquée = Binage systématique des blés Plus de passages de désherbage et déchaumage		Chardon et quelques annuelles		2	3
RA 1	x	bonne alternance des cultures (famille + cycle) Binage du soja et du maïs, Houe rotative sur le blé Retour à la luzerne au bout de 3 ou 4 rotations	herse étrille 12m houe rotative 6m bineuse 6 rgs + doigts Kress	Graminées estivales Datura, chardon Pas de problèmes de graminées automnales	retour à de la luzerne fauchée régulièrement et irriguée, arrachage manuel du datura et du xanthium,	3.7	3.3
RA 2	3	3 ans de luzerne sur les 6 ans de la rotation Binage du tournesol		Ambrosie dans tournesol Chénopode, amarante, datura Graminées estivales	arrachage manuel du datura et du xanthium, plus de déchaumage mécanique l'été	1.8	1.5

Annexe 4 : Gestion de la fertilité dans les onze rotations des cas-types

Cas-type	Bilan NPK	Types d'apport de matière organique	Quantités d'engrais apportées	Commentaires
BZH	-5/-10/-60	Compost de fientes de volailles Fumier de bovin (échange paille-fumier)	Avoine nue = 10 T/ha de fumier bovin Blé 2 et orge P = 5 T/ha de compost de fientes	Les légumineuses assurent la fertilisation azotée des premières pailles, la luzerne exporte beaucoup de PK
BG 1	-15/-20/-40	Luzerne de 2e année broyée et restituée au sol	Rien	Les sols ont des faibles potentiels, ce n'est pas une région d'élevage = difficile de trouver la MO et elle est chère => impasse de fertilisations, les légumineuses (luzerne et pois) assurent un minimum de fertilisation azotée
BG 2	-10/-20/-80	Compost de fumier de bovin (produit sur l'exploitation ≈ à volonté)	Prairie 1, blé tendre et orge P = 10 T/ha de compost de fumier de bovin	Les sols ont un potentiel faible mais l'approvisionnement en matière organique n'est pas limitant sur l'exploitation
MP 1	30/0/-10	Fumier de volaille Soies de porc broyées et hydrolysées	Blé = 6 T/ha de fientes de poules et 700 kg/ha de soies de porc	Malgré 2 ans de légumineuses, il faut faire des apports de MO sur le blé => le soja n'est pas la légumineuse qui restitue le plus de N ; malgré tout, cette rotation a le bilan NPK le plus équilibré des cas-types
MP 2	20/10/15	Fumier de volaille Soies de porc broyées et hydrolysées Couvert de trèfle	Blé = 6 T/ha de fientes de poules et 700 kg/ha soies de porc	Il y a des apports de MO conséquents pour avoir des niveaux de rendements corrects ; le bilan NPK est correct
PDL 1	19/42/-6	Compost de fientes de volailles	Blé = 4 T/ha de compost de fientes Maïs = 6 T/ha de compost de fientes	La féverole n'est pas suffisante pour subvenir aux besoins des cultures exigeantes qui suivent (blé et maïs)
PDL 2	-5/10/10	Compost de fientes de volailles	Blé 1 et tournesol = 2 T/ha de compost de fientes Blé 3 = 3 T/ha de compost de fientes	Les potentiels de sols sont moins bons qu'en PDL 1, les potentiels de rendements également = réduction des apports de MO
PC 1	-10/-20/-80	Viofertil® Couvert de féverole Couvert d'avoine-vesce	Maïs = 4 T/ha de Viofertil® + couvert féverole Orge H = 2,5 T/ha de Viofertil® Tournesol = couvert avoine-vesce	La luzerne assure la fertilisation du 1 ^{er} blé, la féverole celle du triticale, la rotation est assez autonome en azote sauf pour quelques cultures exigeantes ; le bilan PK est très négatif = beaucoup d'exportations de la luzerne
PC 2	-10/-40/-65	Viofertil® Couvert de féverole Couvert d'avoine-vesce	Blé 2 et 3 = 2,5 T/ha de Viofertil® Tournesol = couvert d'avoine-vesce	Les blés sont assez exigeants en N => la luzerne suffit pour fertiliser le 1er, la féverole ne suffit pas pour le 2e ; le bilan PK est très négatif = beaucoup d'exportations de la luzerne
RA 1	-30/-5/-20	Compost de fientes Farine de viandes Couvert de féverole	Blé = 800 kg/ha farines de viande Maïs = 5 T/ha de compost de fientes + couvert de féverole	X
RA 2	-5/-10/-50	Patenkali® Compost de fientes de volailles Couvert d'avoine-vesce	Luzerne 2 et 3 = 350 kg/ha de Patenkali®, Blé 2 = 8 T/ha de compost fientes Tournesol = couvert avoine-vesce	Malgré l'apport de Patenkali®, le bilan PK est très négatif à cause des exportations de la luzerne ; la luzerne assure fertilisation du 1er blé mais pas du 2e

Annexe 5 : Caractérisation des cas-types : étude des coûts de production du blé tendre biologique

Même si cette étude concerne plus particulièrement les légumineuses à graines, il est intéressant de se pencher sur les blés présents dans nos rotations. En effet, le blé est la seule culture présente dans toutes nos rotations et c'est également la culture sur laquelle il y a le plus de références concernant les coûts de production (CP) en agriculture biologique. Les coûts de production, à la différence des marges et autres indicateurs économiques permettent de nous affranchir des prix de vente.

1. Présentation des coûts de production des blés de notre étude

Il y a 18 blés répartis dans les 11 rotations. Les CP des blés vont de 252 à 428 €/t. La moyenne des CP est de 340 €/ha. Sur les 18 blés, 8 ont un CP inférieur à leur prix de vente (340 €/t). Les blés de luzerne ont les CP les plus faibles. Les blés de protéagineux (féverole, soja) ou d'autres précédents ont les CP les plus élevés.

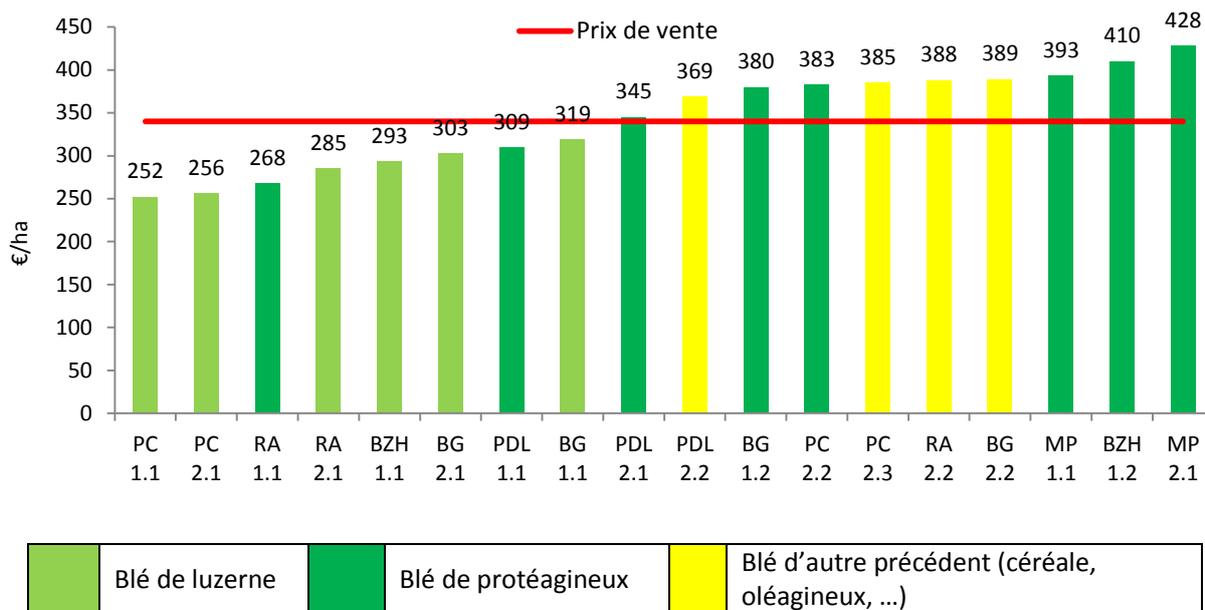


Figure 37 : Coût de production des blés en fonction de leurs précédents

La rentabilité des blés :

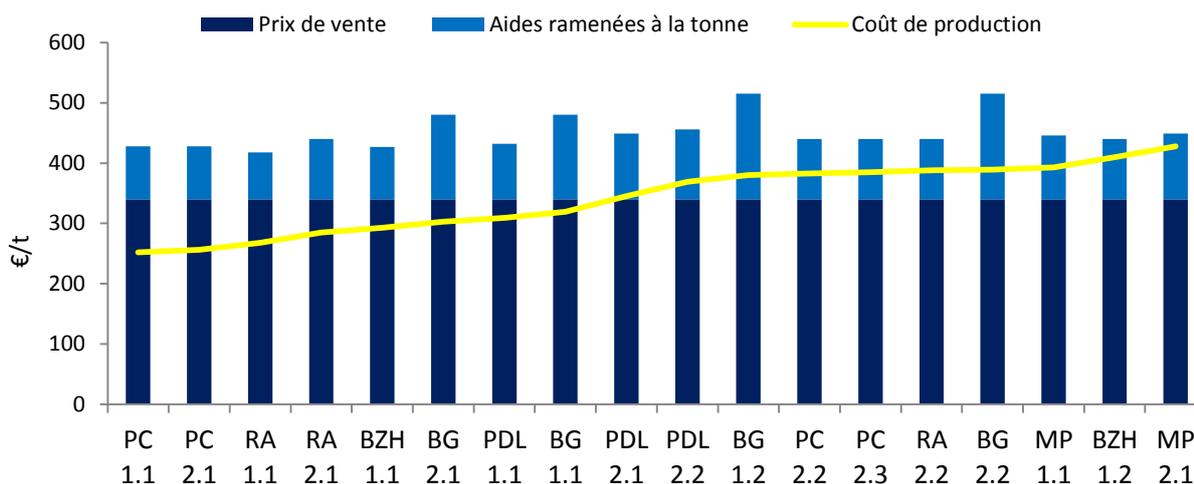


Figure 38 : Rentabilité des 18 blés présents dans les cas-types

Tous les blés sont rentables : 8 ont leurs CP couverts uniquement par leur prix de vente, les dix autres ont leurs CP couverts par le prix de vente plus les aides ramenées à la tonne.

2. Coûts de production des blés dans d'autres publications

Plusieurs publications ont étudié les CP du blé tendre en agriculture biologique. Nous allons présenter ici leurs principaux résultats. Il est en effet intéressant de les comparer aux CP des blés des cas-types ProtéAB. Nous nous sommes intéressés au coût de production « complet » du blé et pas au coût de production « réel ».

Pour mémoire, la moyenne des CP des 18 blés des cas-types ProtéAB est de **340 €/t** avec un minimum de **250 €/t** pour un blé de luzerne en Poitou-Charentes et un maximum de **430 €/t** pour un blé de pois chiche dans une rotation courte en Midi-Pyrénées. Voici le détail par région des CP du blé bio :

Tableau 16 : Coûts de production et rendements moyens des blés bio dans les six régions

	Moyenne des CP du blé tendre (€/ha)	Rendement moyen (t/ha)
Rhône-Alpes (3)	310	3,8
Poitou-Charentes (4)	320	4
Pays de la Loire (3)	340	3,3
Bretagne (2)	350	3,8
Bourgogne (4)	350	2,3
Midi-Pyrénées (2)	410	3,3

Bonte, 2010 : la rotation des cultures dans les systèmes céréaliers biologiques : peut-on combiner performances économiques, agronomiques et environnementales ? (Mémoire de fin d'études)

Dans cette étude basée sur des cas-types, onze rotations ont été définies dans 5 régions. 22 blés sont présents dans ces rotations. La moyenne des CP du blé est **300 €/t** pour un rendement moyen de **4 t/ha**. Le minimum est de **160 €/t** pour un blé luzerne en région Ile de France et le maximum de **440 €/t** pour un blé de féverole en région centre.

Euvrard, 2010. La pomme de terre biologique de plein champ : entre diversité de systèmes techniques et performances technico-économiques. (Mémoire de fin d'études)

24 producteurs de pomme de terre de plein champ ont été enquêtés en 2009 dans les six régions partenaires de ce projet CAS DAR (Nord-Pas-de-Calais, Picardie, Centre, Champagne-Ardenne, Bourgogne, Auvergne. Le rendement moyen des blés bios dans cette étude est de **4,5 t/ha**, et le coût de production de **270 €/t**.

Rouger, 2008 : Céréales biologiques : des coûts de production élevés dépendants du système. (Mémoire de fin d'études).

Une quinzaine d'exploitations céréalières ont été enquêtées en Pays de la Loire et en région Centre – Ile de France en 2008. En Pays de la Loire, le rendement moyen des blés est de **4,1 t/ha** et la moyenne des CP de **250 €/t** avec un minimum de **180 €/t** et un maximum à **370 €/t**. Dans la région Centre / Ile-de-France, le rendement moyen est de **3,6 t/ha** et la moyenne des CP du blé est un peu plus élevée : **290€/t** avec un minimum de **180 €/t** et un maximum à **440 €/t**.

Marsac et al., 2005 : Coûts de production Sud-Ouest : les marges des grandes cultures biologiques en baisse. Perspective Agricole n°311, p6, 5p.

24 agriculteurs convertis à l'Agriculture Biologique depuis au moins 3 ans ont été enquêtés en Midi-Pyrénées durant l'hiver 2003-2004. Le rendement des blés varie de 1,5 à 4,5 t/ha et est en moyenne de **3,5 t/ha**. Le CP moyen du blé est dans ces enquêtes de **360 €/t** et varie du simple au triple entre le blé qui a le CP le plus faible et celui qui a le CP le plus élevé.

Dans le cas-type Arvalis de la ferme biologique en Picardie, le CP du blé tendre est **300 €/t**, pour un rendement de **4,2 t/ha**. Il y a deux rotations sur l'exploitation :

- luzerne (2 ans) – blé – triticale – féverole – blé – orge P
- Féverole/pomme de terre/betterave – blé – triticale – orge P

Tableau récapitulatif :

Source	Moyenne CP (€/t)	Mini (€/t)	Maxi (€/t)	Rendement moyen blé (t/ha)	Nombre d'occurrence
Bonte	300	160	410	4	22
Euvrard	270	?	?	4,5	?
Rouger (Centre / Ile-de-France)	290	183	440	3,6	17
Rouger (Pays de la Loire)	250	184	369	4,1	17
Marsac (Sud-Ouest)	360	220	600	3,5	28
Cas-type Picardie	300	?	?	4,2	3
ProtéAB	340	252	428	3,4	18

Les coûts de production des blés bios des cas-types ProtéAB sont dans le même ordre de grandeur que ceux des autres études. Les cas-types sont donc valides d'un point de vue économique. La légère augmentation des coûts de production reflète les régions géographiques et les potentiels pédoclimatiques. Le cas-type Bourgogne fait baisser le rendement moyen des blés et Midi-Pyrénées fait augmenter le coût de production. Une étude détaillée poste par poste des charges engagées sur les blés permettraient sûrement de comprendre à quoi sont dus ces différences

Annexe 6 : Méthodes de calcul des indicateurs Systemre® utilisés

Sources :

ARVALIS – Institut du Végétal. (2010a). SYSTERRE : Méthode de calculs d'indicateurs. Document de travail. 16p.

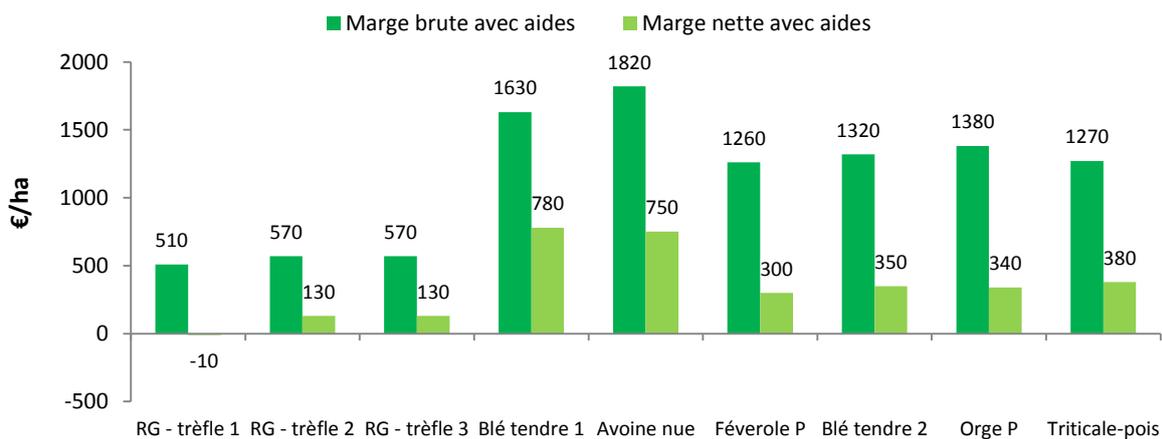
ARVALIS – Institut du Végétal. (2010b). Signification des indicateurs. Document de travail. 2p.

Indicateurs	Méthode de calcul	Signification	Echelle de présentation des résultats
Indicateurs économiques			
Produit brut (€/ha)	$\sum(\text{rendements} \times \text{prix de vente} \times \text{surfaces})$	Produit dégagé par la vente des produits récoltés (hors aides)	Parcelle
Charges opérationnelles (€/ha)	$\sum(\text{quantités apportées} \times \text{prix d'achat} \times \text{surfaces})$	Dépenses liées à l'achat d'intrants (semences, engrais, irrigation, autres intrants, ...)	Parcelle
Marge brute (€/ha)	Produit brut – charges opérationnelles (- aides PAC)	Indicateur de rentabilité	Parcelle, rotation, exploitation
Poids des intrants (%)	Charges opérationnelles / Produit brut	Evaluation de la dépendance du système de production par rapport aux intrants.	Parcelle
Charges de mécanisation (€/ha)	Données saisies, Prennent en compte : l'amortissement technique du matériel, frais financiers, entretien et réparation du matériel, consommation de fioul, coûts liés à la location ou l'appel à entreprise de travaux agricoles		Parcelle
Cotisations MSA (€/ha)	Donnée saisie ou par défaut 90 €/ha		Parcelle
Charges diverses (€/ha)	Données saisies ou par défaut : 4 600 €/exploitation + 45 €/ha	Correspondent aux autres charges fixes de l'exploitation (assurances, électricité, etc.)	Exploitation
Marge directe (€/ha)	Marge Brute (avec/hors aides PAC) – Charges de méca – Charges salariales – MSA – Autres charges de méca & MO	Indicateur de rentabilité	Parcelle, rotation, exploitation, hors/avec aides PAC
Marge nette (€/ha)	Marge Directe (avec/hors aides PAC) – Fermage - Charges directes	Indicateur de rentabilité	Parcelle, rotation, exploitation, hors/avec aides PAC
Sensibilité aux aides	Aides PAC / marge nette	Analyse la part des aides PAC dans la marge nette	Parcelle
Rémunération de la MO familiale (€/ha)	Données saisies, par défaut = 12 600€/UTH, la rémunération de la MO familiale est calculée à l'échelle de l'exploitation (nombre d'UTH familiales y compris chef d'exploitation * rémunération), puis répartie sur la SAU (comme pour la masse salariale) à 30% de manière fixe, et à 70% au prorata du temps de traction sur les parcelles.		Parcelle
Rémunération des capitaux propres (€/ha)	Donnée saisies, Charge supplétive (manque à gagner) liée à l'immobilisation de capital (matériel) par l'exploitation. Elle est calculée selon un placement à 4% d'une partie (50%) du capital matériel investi.		Exploitation
Coût de production complet (€/t)	(Charges opérationnelles + Charges de mécanisation + Charges salariales + MSA familiale + Autres charges de méca & MO + Fermage + ACF) / Rendement	Indicateur de compétitivité, somme des coûts nécessaire à la production d'une tonne de produit	Parcelle, culture
Résultat par UTH (€/UTH)	(Marge nette * SAU) / nb d'UTH	Productivité de la main d'œuvre	Exploitation
Indicateurs techniques			
Ha/UTH	SAU total / \sum UTA	Surface moyenne par UTH	Exploitation
Temps de travail (h/ha)	$\sum(\text{surfaces traitées} / \text{débit de}$	Temps de traction	Parcelle, rotation,

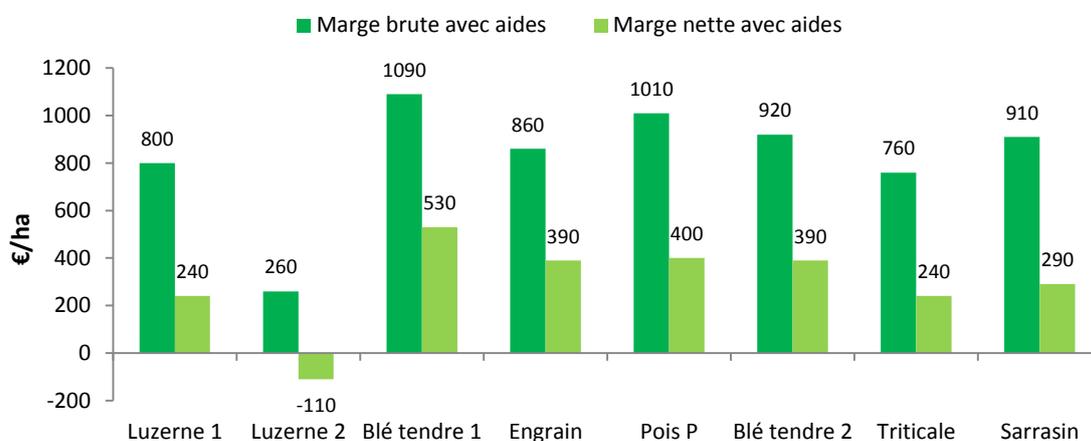
	chantier)/SAU		type d'intervention, exploitation
Investissement Valeur A Neuf IVAN (€/ha)	$\sum(\text{prix d'achat} * \text{taux de propriété}) / \text{SAU}$	Evalue la capacité à investir dans du nouveau matériel	Exploitation
Consommation de carburant (L/ha)	(Puissance * taux de charge réelle * 0,22) / débit de chantier	Quantités de gasoil consommées par les matériels pendant les interventions dans les parcelles	Parcelle, type d'intervention
Quantité d'eau apportée (m3/ha)	Données saisies	Quantité d'eau apportée par irrigation pendant une campagne	Parcelle
Indicateurs environnementaux			
Bilan des minéraux (kg/ha)	Entrées – exportations	indicateur global des niveaux d'excédents de N, P2O5 et K2O sur une exploitation	Parcelle
Consommation d'énergie primaire	l'énergie contenue dans les produits énergétiques tirés de la nature (gaz naturel, charbon, pétrole, etc.). La consommation d'énergie primaire non renouvelable est calculée comme la somme de l'énergie finale utilisable et de l'énergie de mise à disposition de cette énergie finale (production et distribution) à partir de sources non renouvelables d'énergie (i.e. énergies fossiles et énergie nucléaire).		Parcelle, rotation, exploitation
Consommation d'énergie utile (MJ/ha)	Energie effectivement fournie à l'utilisateur, après conversion de l'énergie finale par ses équipements. Au niveau de l'exploitation sont comptabilisées les consommations de carburants (gazole, électricité, etc.).		Parcelle, rotation, exploitation
Emission de GES (kg éqCO2/ha)	Cumul des émissions de CO2, CH4 et N2O pondérées par des coefficients propres à chaque gaz, fonctions de leur pouvoir de réchauffement global (PRG8) et de leur durée de vie différentes		Parcelle, rotation, exploitation
Production d'énergie brute (MJ/ha)	$\sum(\text{rendement} * \text{contenu énergétique})$	Quantité d'énergie brute (mesurée par bombe calorimétrique) contenue dans les produits récoltés	Parcelle, type de produit récolté (grain, paille)

Annexe 7 : Marges brutes et nettes des cultures pour les onze rotations

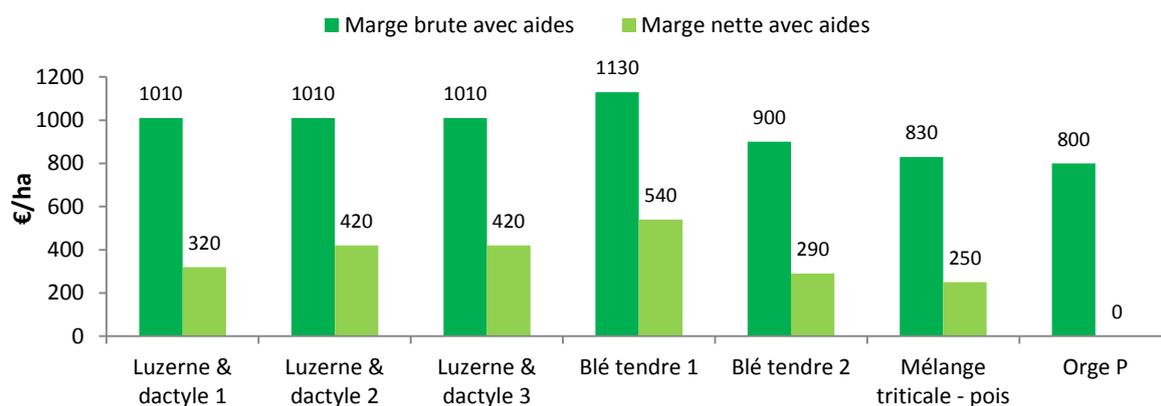
Bretagne



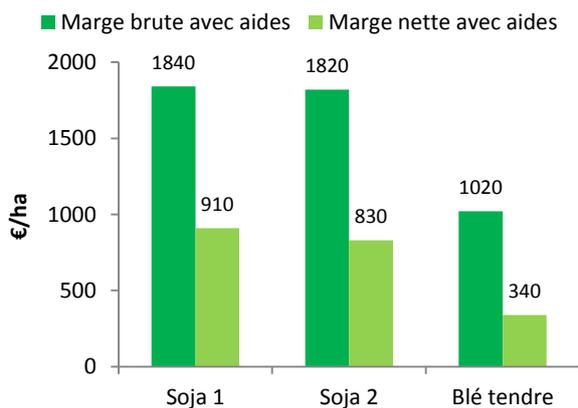
Bourgogne 1



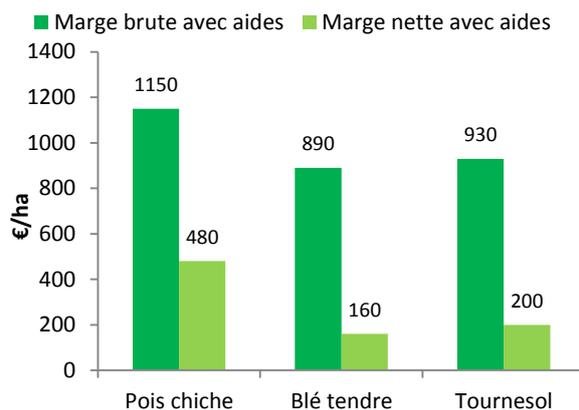
Bourgogne 2



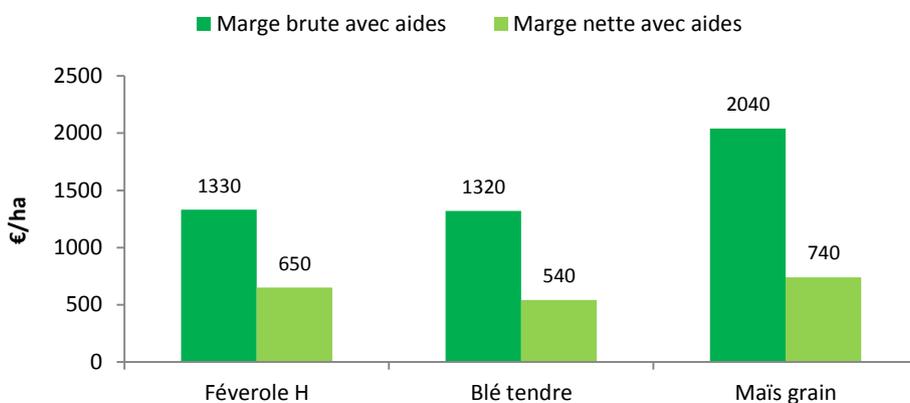
Midi Pyrénées 1



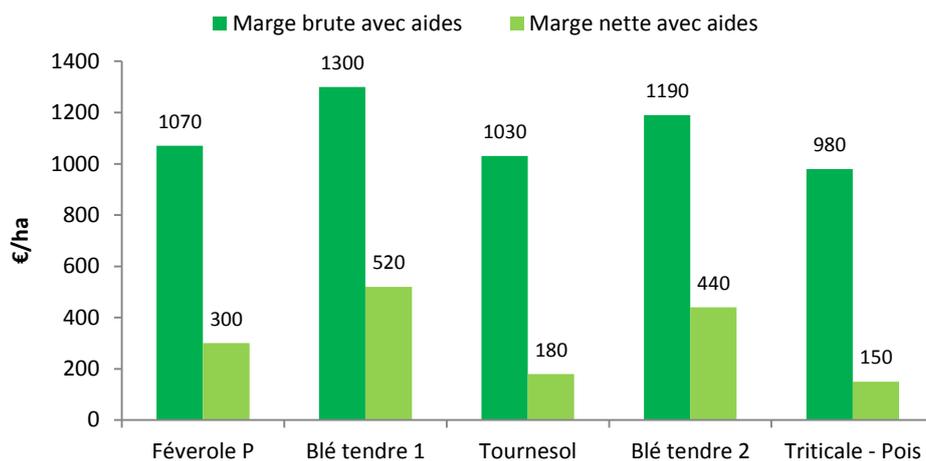
Midi Pyrénées 2



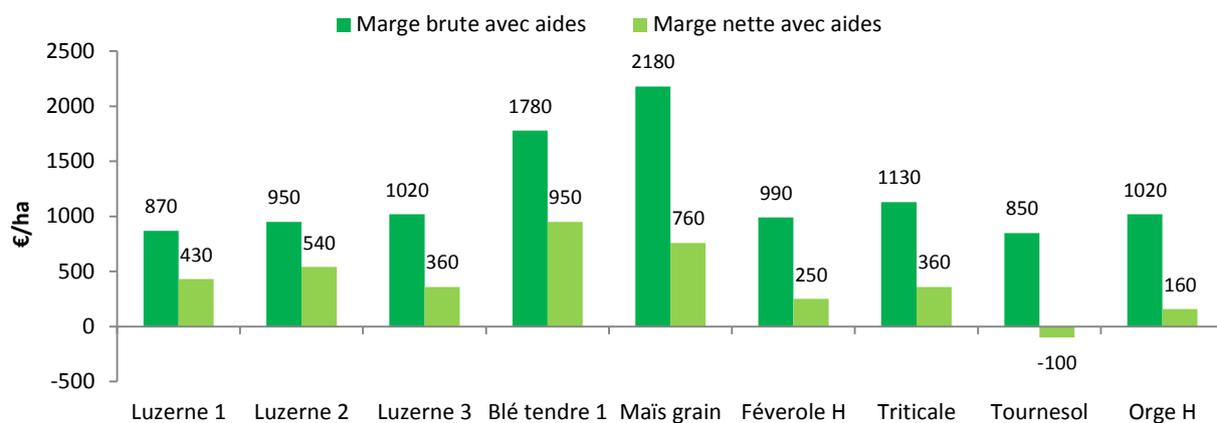
Pays de la Loire 1



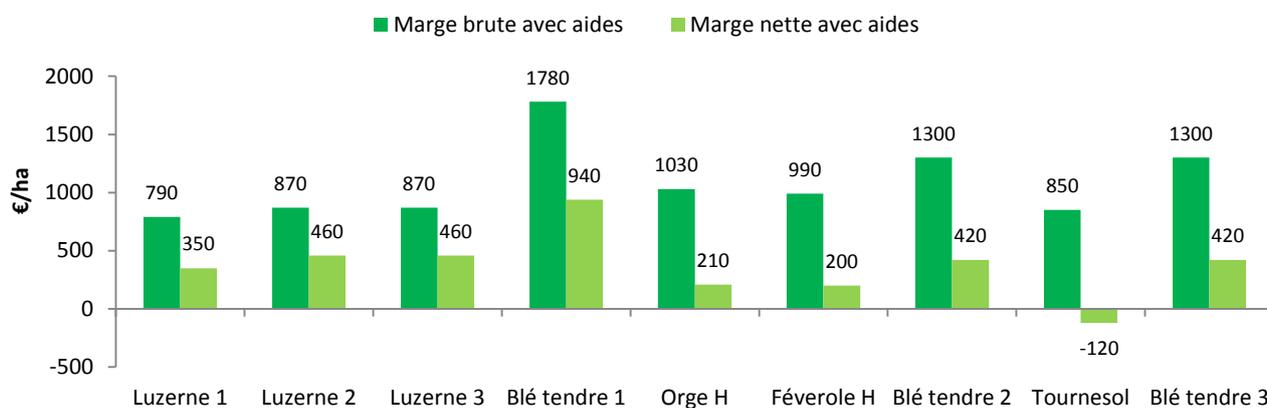
Pays de la Loire 2



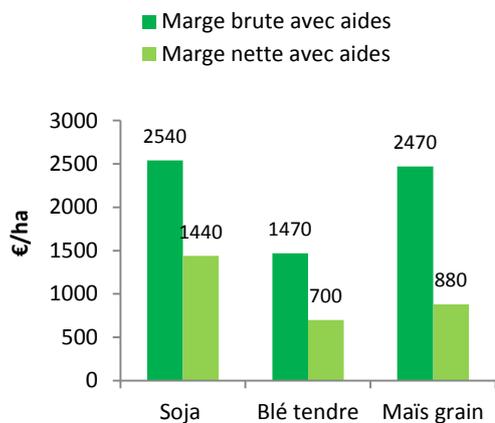
Poitou Charentes 1



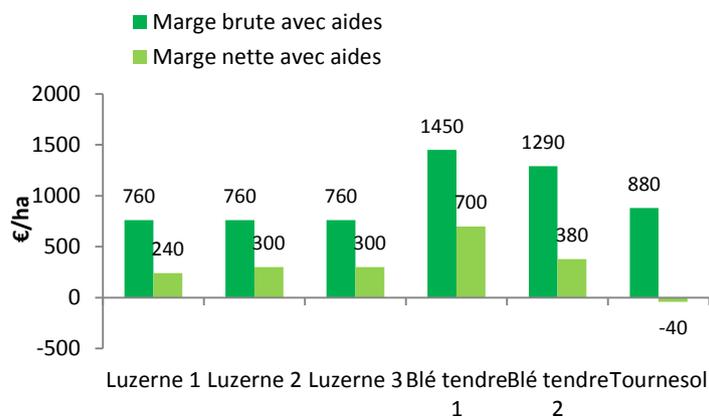
Poitou Charentes 2



Rhône Alpes 1



Rhône Alpes 2



Annexe 8 : Coûts de production des protéines

En partant des coûts de production moyen des trois légumineuses étudiées, dans les rotations initiales et dans les simulations, ainsi que de la teneur en protéine moyenne de ces trois cultures (24% pour le pois, 29% pour la féverole et 39% pour le soja (PROLEA, 2009)), nous avons pu calculer le coût de production des protéines. Les résultats sont indiqués dans le tableau 16. Sur notre échantillon, le coût de production de la protéine le plus élevé est celui du soja en sec avec 2,17 €/kg. Malgré une teneur en protéines élevée (39%), le soja en sec a un coût de production très élevé. En revanche, le soja irrigué est très intéressant pour les protéines : le coût de production des protéines fait partie des moins élevés avec celles du mélange céréales-pois : 1,27 €/kg pour les protéines du soja irrigué et 1,23 €/kg pour celles du mélange.

Tableau 17 : Coût de production moyen des protéines (Source : UNIP, calcul de l'auteur)

	Féverole (3)	Soja irrigué (9)	Soja sec (3)	Pois pur (1)	Pois en mélange (6)
Rdt. moyen (t/ha)	2,5	3,1	1,5	2,3	1,4 (pois seul)
CP moyen (€/t)	465	495	850	400	295
Teneur en protéines (%)	29%	39%	39%	24%	24%
CP de la protéine (€/kg)	1,6	1,27	2,17	1,67	1,23

Les coûts de production des protéines de la féverole et du pois protéagineux en pur sont moyens avec respectivement 1,6 et 1,67 €/kg de protéines. La teneur en protéines du pois est la plus faible des trois cultures étudiées avec seulement 24% de protéines. La teneur en protéines de la féverole est un peu plus élevée : 29% mais le coût de production de cette culture est aussi plus élevé. Ces résultats donnent tout de même une vision un peu simpliste des légumineuses : en alimentation animale, la qualité des protéines, le % de tel ou tel acide aminé ou encore la teneur en facteurs antinutritionnels jouent aussi beaucoup dans la formulation des rations pour les monogastriques. Il ne faut pas oublier non plus que d'autres critères influencent le choix des cultures d'une rotation : le soja et le mélange céréale-protéagineux ont beau avoir un coût de production de la protéine équivalent, le soja demande plus du double de temps de travail à l'hectare : 10,2 h/ha au lieu de 4,8. Et pour le même volume de protéagineux, il faudra deux fois plus d'hectares en associations céréales-pois.

Annexe 9 : Simulations « Variations des prix de vente des cultures »

L'objectif des simulations qui vont suivre est de tester la robustesse des rotations initiales et nouvelles face à des chocs tels que des variations de prix de vente, des variations de rendements et des variations des prix des intrants énergétiques. Les hypothèses sont les suivantes :

Variations des prix de vente

Nous avons défini trois prix pour chaque culture : un prix bas, un prix moyen et un prix haut (tableau 10). Ces trois scénarios de prix ont été obtenus par consensus avec les conseillers agricoles et les partenaires du projet. Les prix moyens correspondent généralement aux prix des campagnes 2010 et 2011. Les prix bas et hauts sont les prix les plus bas et les plus hauts rencontrés ces dernières années. Les prix choisis sont présentés dans le tableau 11. En premier lieu, seront calculés les marges nettes des rotations dans les contextes de prix de vente bas, moyens et hauts (figure 33), puis la variation de marge en absolu (figure 34) et enfin la variation en relatif (figure 35) ce qui permet de s'affranchir des prix de vente.

Tableau 18 : Prix de vente bas-moyens-hauts en €/t des cultures présentes dans les cas-types. (Source : dires d'experts)

€/t	Prix bas	Prix moyens	Prix hauts	€/t	Prix bas	Prix moyens	Prix hauts
Avoine nue	350	500	650	Orge fourr.	140	250	300
Blé meunier	220	340	400	Orge brassicole	250	360	400
Blé fourr.	190	310	370	Pois	210	300	340
Epeautre	160	240	390	Pois chiche	650	800	950
Féverole	210	300	340	Sarrasin	500	600	700
Luzerne déshydratée	60	90	110	Soja alim. humaine	550	650	750
Luzerne foin	100	160	240	Soja alim. animale	450	500	550
Luzerne sur pied	50	80	100	Tournesol	280	390	500
Maïs	170	240	300	Triticale	130	240	290

Sensibilité des cultures à des variations de prix de vente

La sensibilité d'une rotation aux variations de prix de vente est liée à la sensibilité à ces mêmes variations des cultures qui la compose. Cette sensibilité correspond à l'impact d'une variation sur son produit brut (rendement * prix de vente). Certaines cultures comme la luzerne ont des variations de prix qui restent faibles (50 €/t de différence entre le prix le plus bas et le prix le plus haut) alors que pour d'autres cultures cette différence « prix hauts – prix bas » peut atteindre 300 €/t, c'est le cas de l'avoine nue par exemple. De plus, une culture comme le maïs qui a des rendements élevés sera d'autant plus sensible à une variation des prix de vente, son rendement ayant un effet « démultiplicateur » du prix de vente sur le produit brut. Une plus grande variation de prix de vente n'implique cependant pas forcément une plus grande variation de produit brut. Prenons un exemple, tableau 11, en MP2 avec le pois chiche et le tournesol :

Tableau 19 : Variations de prix de vente et de produit brut du Pois chiche et du Tournesol de MP2

MP 2	Rdt. (t/ha)	Prix de vente hauts et bas (€/t)	Δt° P.V	Produit brut prix haut – prix bas (€/ha)	Δt° PB
Pois Chiche	1,2	950	300	1490	360
		650		1130	
Tournesol	1,8	500	220	1250	400
		280		850	

La variation de prix de vente du tournesol est inférieure à la variation de prix du pois chiche mais sa variation de produit brut est supérieure, cela vient de son rendement supérieur.

Toutes les cultures présentes dans les cas-types ont donc été classées selon leur sensibilité aux variations des prix de vente en calculant l'écart moyen de leur « produit brut prix haut » – « produit brut prix bas ». Les résultats sont présentés dans le tableau 12. Dans ce tableau, le nombre entre parenthèse représente le nombre de fois où la culture est présente dans les cas-types et les légumineuses fourragères ou à graines sont surlignées en bleu.

Tableau 20 : Sensibilité des cultures aux variations des prix de vente
(Source : calcul de l'auteur)

	Moyenne MB prix haut – MB prix bas
Féverole - pois (6)	320
Fourrages (6)	330
Mélange triticale – pois (3)	396
Tournesol (5)	450
Céréales II (8)	460
Soja (3)	640
Blé tendre (18)	605
Maïs (3)	900

Ces cultures, le soja mis à part, sont dans l'ensemble moins sensibles que les autres à des variations de prix de vente. Il serait donc logique de supposer que plus une rotation comprend de légumineuses et moins elle est sensible aux variations de prix de vente.

Attention : il est important de rappeler que tout cela n'est vrai que sous les hypothèses de prix de vente choisies ! Ces hypothèses reflètent les variations de prix de vente constatées ces dernières années mais ne garantissent pas leur continuité dans le futur.

Pour vérifier cette moindre sensibilité aux variations des prix de vente des rotations avec légumineuses à graines, nous allons maintenant calculer les marges nettes de chaque rotation et de chaque simulation pour les scénarios « prix bas », « prix moyens » et « prix hauts » (figure 33).

Sensibilité des rotations à des variations de prix de vente

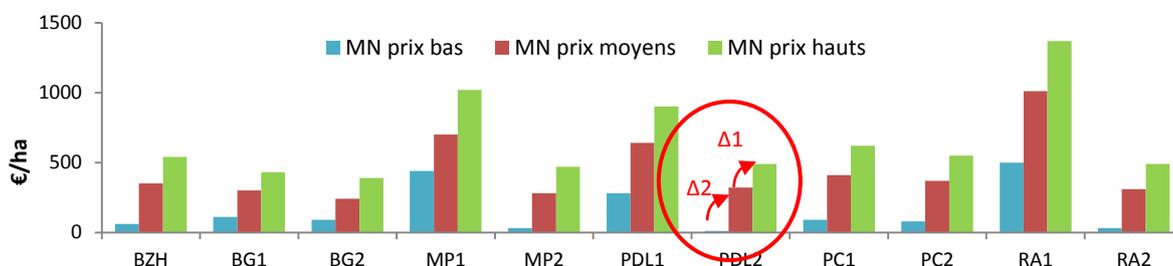


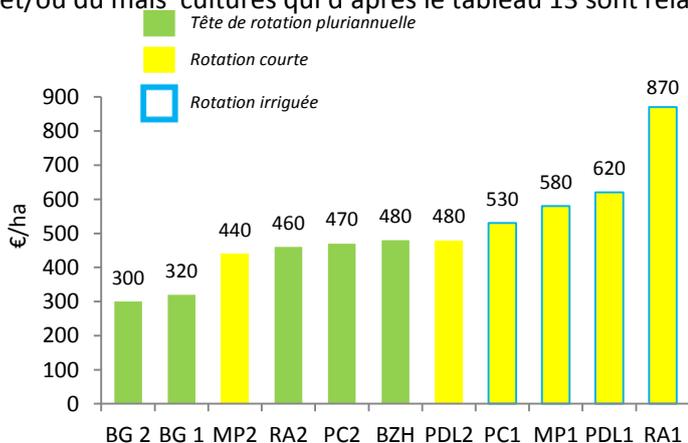
Figure 39 : Marges nettes prix bas-moyens-hauts des onze rotations initiales (Source : calcul Systerre®)

Une des premières choses remarquable est que l'écart $\Delta 1$ « MN prix hauts – MN prix moyens » et l'écart $\Delta 2$ « MN prix moyens – MN prix bas » n'est pas égal et ce, quelle que soit la rotation (figure 31). C'est particulièrement bien visible en PDL2, où $\Delta 1$ est bien plus faible que $\Delta 2$. Cela est directement lié aux montants de prix que nous avons défini plus haut : pour une culture donnée, l'écart « prix hauts – prix moyens » et l'écart « prix moyens – prix bas » n'est pas égal. En général, les prix moyens sont plus proches des prix hauts que des prix bas. Un exemple est donné dans le tableau 13.

Tableau 21 : Exemple des variations prix hauts-moyens-bas pour deux cultures

	Prix bas (€/t)	Prix moyen (€/t)	Prix haut (€/t)	Δ prix haut – prix moyen	Δ prix moyen – prix bas
Féverole	210	300	340	90	40
Pois chiche	650	800	950	150	150

Toujours sur la figure 33, les variations de marges les plus importantes sont celles des rotations MP1, PDL1 et RA1. Ce sont toutes trois des rotations courtes irriguées. Il serait donc intéressant de vérifier si la longueur de la rotation, la présence d'une tête de rotation pluriannuelle et/ou de légumineuses à graines ont un impact sur la sensibilité des rotations aux variations de prix de vente. Ce sera la deuxième étape de cette simulation, figure 34. Les variations entre MN prix hauts et MN prix bas vont de 300 €/ha pour BG2 à 870 €/ha pour RA1. Ce sont les rotations courtes irriguées qui enregistrent les plus grandes variations de marges nettes. Ces rotations ont du blé, du soja et/ou du maïs cultures qui d'après le tableau 13 sont relativement sensibles aux variations de prix.



Les rotations BZH, BG 1 et 2, PC 1 et 2 et RA2 qui commencent par une tête de rotation pluriannuelle semblent enregistrer moins de variations de marge nette. Mais ces rotations-là sont également composées des cultures qui ont les prix de vente moyens les plus faibles (luzerne = 80 €/t sur pieds, triticale-orge-épeautre =

240 €/t,...) alors que les rotations courtes ont des cultures à rendement élevés (maïs entre 8 et 10 t/ha) ou à prix de vente élevés (soja = 650 €/t). Ces écarts de prix et de rendements entre les cultures peuvent fausser un peu notre vision des variations, il faudrait essayer de s'affranchir des prix de vente, des rendements et du contexte de production dans son ensemble en replaçant ces variations par rapport à la marge nette moyenne des rotations pour calculer leurs variations « relatives » (figure 35).

Sensibilité relative des rotations aux variations de prix de vente

Pour calculer la variation relative des rotations, il faut diviser la différence « MN prix haut – MN prix bas » par la MN prix moyens. Cela permet de calculer la rentabilité en valeur absolue à l'hectare. La passage en variation relative permet de mettre en évidence que les rotations courtes irriguées (MP1, PDL1, RA1) sont les rotations les moins sensibles aux variations de prix et qu'à l'inverse les rotations courtes non irriguées (MP2 et PDL2) sont les plus sensibles aux variations de prix (figure 35).

Il est vrai qu'en absolu, les rotations courtes irriguées ont les variations de nettes les plus grandes mais en variations par rapport à leur marge elles deviennent moins importantes... rotations courtes non irriguées sont sensibles aux variations de prix de

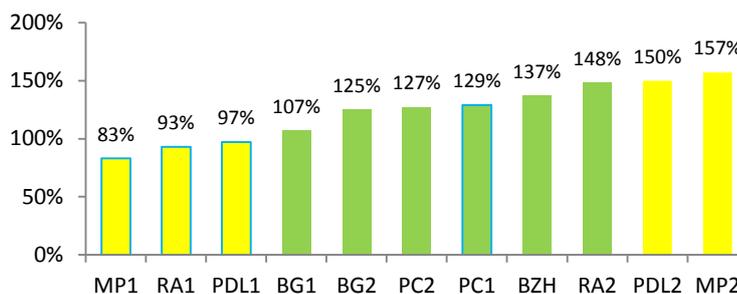


Figure 41 : Variations relatives des marges des onze rotations initiales

sont deux rotations avec beaucoup des marges nettes assez faibles (280 MP2, 320 €/ha pour PDL2) et dont les rendements ne sont pas stabilisés grâce à l'irrigation.

rotations marges replaçant ces moyenne, Les deux plus vente : ce d'intrants, €/ha pour

A retenir sur la variation des prix de vente : La rentabilité des cultures, et donc des rotations, découle en bonne partie de leur prix de vente, mais également de leur rendement et de leurs charges. Les protéagineux sont plus stables face aux variations de prix, car ils sont à destination de l'alimentation animale, un débouché plus stable que l'alimentation humaine. En absolu, les rotations avec des têtes de rotation pluriannuelles sont plus stables que les rotations courtes.

Annexe 10 : Simulations « Variations des rendements »

Les rendements bas-moyens-hauts ont été établis pour chaque culture. Les variations sont donc propres à chaque rotation et varient selon le contexte pédoclimatique et le potentiel de sol.

Exemple tableau 1 suivant : les variations des rendements du maïs irrigué dans trois rotations. Nous allons commencer par calculer les marges nettes des rotations dans les contextes de rendements bas, moyens et hauts (figure 1), puis la variation de marge en absolu (figure 2) et enfin la variation en relatif (figure 3) pour nous affranchir du contexte de production.

Tableau 22 : Rendements bas-moyens-hauts en t/ha du maïs irrigué dans trois rotations

Rotation	Rendement bas (t/ha)	Rendement moyen (t/ha)	Rendement haut (t/ha)
PDL1	6,5	8	9
PC1	7	9	10
RA1	8	10	12

Sensibilité des cultures à des variations de rendement

La sensibilité d'une rotation aux variations de rendement vient de la sensibilité à ces mêmes variations des cultures qui la compose. Cette sensibilité correspond à l'impact d'une variation sur son produit brut (rendement * prix de vente). Certaines cultures comme le sarrasin en BG1 ont des variations de rendements qui restent faibles (0,7 t/ha de différence entre le rendement le plus bas et celui le plus haut) alors que pour d'autres cultures cette différence « rdt hauts – rdt bas » peut atteindre 4 t/ha, c'est le cas du maïs en RA2 par exemple. De plus, une culture comme le soja qui a des prix de vente élevés sera d'autant plus sensible à une variation des rendements, son prix de vente ayant un effet « démultiplicateur » du prix rendement sur le produit brut. Une plus grande variation de rendement n'implique cependant pas forcément une plus grande variation de produit brut. Prenons un exemple en RA 1 avec le maïs et le soja :

Tableau 23 : Variation de rendement et de produit brut du maïs et du soja de RA1

RA 1	Prix (€/t)	Rdt. hauts et bas (t/ha)	Δt° rdt.	Produit brut rdt. haut – rdt. bas (€/ha)	Δt° PB
Maïs	280	12	4	3710	112
		8		2590	0
Soja	650	5	1.8	3600	127
		3.2		2430	0

Tableau 24 : Sensibilité des cultures aux variations de rendement

	Moyenne MB rdt. haut – MB rdt. bas
Fourrages (6)	180
Céréale secondaire (8)	430
Tournesol (5)	460
Triticale-pois (3)	505
Blé tendre (18)	550
Féverole-pois (6)	575
Soja (3)	790
Maïs (3)	890

La variation de rendement du soja est inférieure à la variation de rendement du maïs mais sa variation de produit brut est supérieure. Nous avons donc classé toutes les cultures présentes dans les cas-types selon leur sensibilité aux variations des prix de vente. Pour cela, nous avons calculé l'écart moyen de leur « produit brut prix haut » – « produit brut prix bas ». Le nombre entre parenthèse représente le nombre de fois où la culture

Les légumineuses fourragères ou à graines sont surlignées en bleu dans le tableau. Nous pouvons voir que ces cultures, les fourrages mis à part, ont l'air d'être assez sensibles aux variations de rendement. Il serait donc logique de supposer que plus une rotation comprend de légumineuses à graines et plus elle est sensible à des variations de rendement.

Pour vérifier cela nous allons passer à l'échelle supérieure et nous allons calculer les marges nettes de chaque rotation pour les scénarios « rdt. bas », « rdt. moyens » et « rdt. hauts » (figure 1).

Sensibilité des rotations à des variations de rendements

Une des premières choses que l'on peut remarquer est que l'écart $\Delta 1$ « MN prix hauts – MN prix moyens » et l'écart $\Delta 2$ « MN prix moyens – MN prix bas » n'est pas égal pour chaque rotation. C'est particulièrement bien visible en BG2 où $\Delta 1 < \Delta 2$ et RA2 où $\Delta 1 > \Delta 2$. Cela est directement lié aux montants de rendements que nous avons défini pour l'étude : l'écart « rdt hauts – rdt moyens » et l'écart « rdt moyens – rdt bas » n'est pas égal pour toutes les cultures. Toujours sur la figure 1, de grandes variations de marge nette sont visibles notamment pour les rotations MP1, PDL1 et RA1 qui se distinguent des autres. Ce sont toutes trois des rotations courtes irriguées, il serait donc intéressant de vérifier si la longueur de la rotation et/ou la présence d'une tête de rotation pluriannuelle ont un impact sur la sensibilité des rotations aux variations de prix de vente. Ce sera la deuxième étape de cette simulation, figure 2

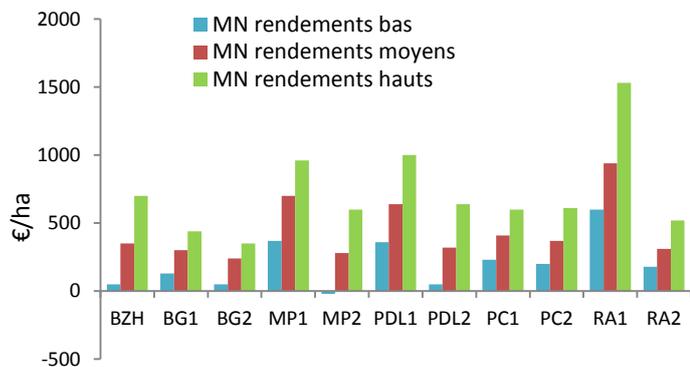


Figure 42 : Marges nettes rdt bas-moyens-hauts des onze rotations initiales (Source : calcul Systerre®)

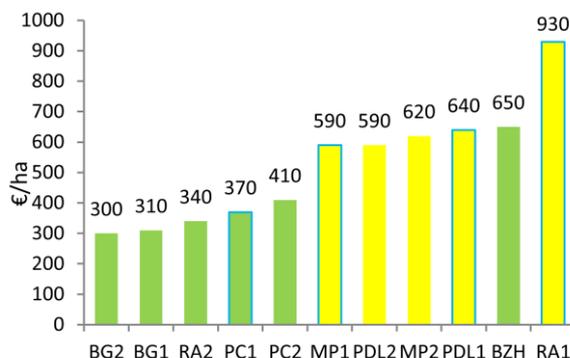


Figure 3 : Ecart « MN rdt hauts - MN rdt bas » des onze rotations initiales

Les variations entre MN rdt hauts et MN rdt bas vont de 300 €/ha pour BG2 à 930 €/ha pour RA1. Ce sont les rotations courtes qui enregistrent les plus grandes variations de marges nettes. Ces rotations ont du blé, du soja et/ou du maïs cultures qui d'après le tableau 3 sont relativement sensibles aux variations de rendement.

Les rotations BZH, BG 1 et 2, PC 1 et 2 et RA2 qui commencent par une tête de rotation pluriannuelle ont l'air d'enregistrer moins de variations de marge nette. Mais ces rotations-là sont également composées des cultures qui ont les prix de vente moyens les plus faibles (luzerne = 80 €/t sur pieds, triticale-orge-épeautre = 240 €/t,..) alors que les rotations courtes ont des cultures à rendement élevés (maïs entre 8 et 10 t/ha) ou à prix de vente élevés (soja = 650 €/t). Ces écarts de prix et de rendements entre les cultures peuvent fausser un peu notre vision des variations, il faudrait essayer de s'affranchir des prix de vente, des rendements et du contexte de production dans son ensemble en remplaçant ces variations par rapport à la marge nette moyenne des rotations pour calculer leurs variations « relatives ».

Sensibilité relative des rotations aux variations de rendements

Pour calculer la variation relative des rotations, on divise la différence « MN prix haut – MN prix bas » par la MN prix moyens. Cela permet de calculer la rentabilité en valeur absolue à l'hectare. Quand on passe en variation relative (cf. figure 3), on s'aperçoit que les rotations irriguées (MP1, PDL1, RA1, PC1) sont les rotations les moins sensibles aux variations de rendements. Les rotations courtes non irriguées (MP2 et PDL2) sont très sensibles aux variations de rendements. Il est vrai qu'en absolu, les rotations courtes irriguées ont les variations de marges nettes les plus grandes mais quand on replace ces variations par rapport à leur marge moyenne, elles deviennent moins importantes... ce sont les deux rotations courtes non irriguées et BZH qui sont les plus sensibles aux variations de rendements : ce sont deux rotations avec beaucoup d'intrants, des marges nettes assez faibles (280 €/ha pour MP2, 320 €/ha pour PDL2) et dont les rendements ne sont pas stabilisés grâce à l'irrigation.

- Tête de rotation pluriannuelle
- Rotation courte
- Rotation irriguée

A retenir sur la variation de rendements :
l'irrigation sécurise les rendements, les rendements des têtes de rotation pluriannuelles varient très peu. Ce sont les rotations courtes non irriguées qui sont les plus sensibles aux variations de rendement.

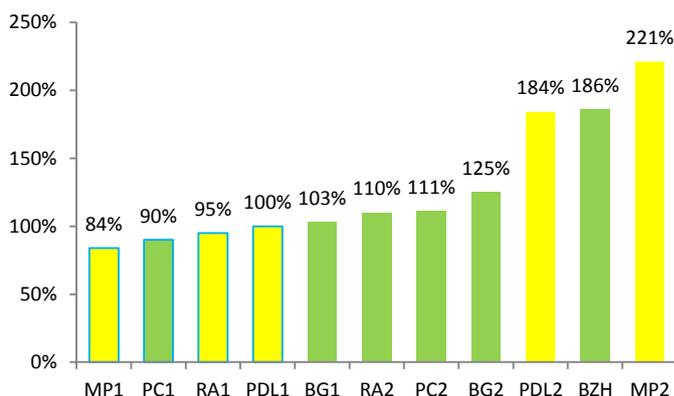


Figure 43 : Variations relatives des marges des onze rotations initiales

Annexe 11 : Itinéraires techniques des simulations

Itinéraires techniques des simulations avec les associations céréales-pois protéagineux :

MP2 : Triticale / pois – Blé tendre – Tournesol

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Mélange triticale – pois protéagineux	Covercrop	30/07/2010	
	Labour	10/09/2010	
	Vibroculteur	21/09/2010	
	Vibroculteur	13/10/2010	
	Semis	02/11/2010	Pois : Variété ASSAS, 100 kg/ha, 20% de semences certifiées Triticale : Variété TREMP LIN, 100 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Récolte	15/07/2011	3 T/ha, dont 1 T/ha de pois

Le reste de la rotation est inchangé

PDL1 : Triticale / Pois – Blé tendre – Maïs

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Mélange triticale – pois protéagineux	Déchaumeur	05/11/2010	
	Déchaumeur	14/11/2010	
	Semis	15/11/2010	Pois : Variété ISARD, 40 kg/ha, 20% de semences certifiées Triticale : Variété TREMP LIN, 140 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Récolte	29/07/2011	3 T/ha, dont 30% de pois

Le reste de la rotation est inchangé

PDL 2 : Féverole P – Blé tendre 1 – Tournesol – Blé tendre 1– Orge / Pois

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Mélange orge – pois protéagineux	Covercrop	30/07/2010	
	Labour	10/09/2010	
	Vibroculteur	21/09/2010	
	Vibroculteur	13/10/2010	
	Semis	02/11/2010	Pois : Variété ASSAS, 154 kg/ha, 50% de semences certifiées Orge : Variété ALINGHI, 100 kg/ha, 100% de semences de ferme
	Récolte	15/07/2011	3 T/ha, dont 40% de pois

Le reste de la rotation est inchangé

RA 2 : Luzerne – Luzerne – Luzerne – Blé tendre 1 – Triticale / Pois – Blé tendre 2

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Mélange triticale – pois protéagineux	Déchaumage	30/07/2010	
	Labour	10/09/2010	
	Vibroculteur	13/10/2010	
	Semis	02/11/2010	Pois : Variété ASSAS, 30 kg/ha, 100% de semences certifiées Triticale : Variété TREMP LIN, 100 kg/ha, 5% de semences certifiées
	Récolte	15/07/2011	4 T/ha, dont 1 T/ha de pois

Le reste de la rotation est inchangé

Itinéraires techniques des simulations avec du soja :

MP 2 : Soja – Blé – Tournesol (sec)

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja	Semis CI	15/10/2010	Avoine : 16 kg/ha, Vesce : 24 kg/ha, 100% de semences de ferme, à l'épandeur centrifuge
	Déchaumage	19/10/2010	Pour enfouir les graines
	Broyage	02/03/2011	
	Labour	07/03/2011	
	Vibroculteur	17/03/2011	
	Vibroculteur	10/04/2011	
	Vibroculteur	30/04/2011	
	Semis	15/05/2011	Variété ISIDOR, 482 000 gr/ha (97 kg/ha), 20% de semences certifiées
	Herse étrille	20/05/2011	
	Herse étrille	01/06/2011	
	Bineuse	25/06/2011	
	Bineuse	15/07/2011	
	Bineuse	27/07/2011	
	Récolte	17/10/2011	1,5 T/ha

Le reste de la rotation est inchangé

PDL 1 : Soja – Blé – Maïs (irrigué)

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja	Déchaumeur	07/08/2010	
	Semis CI	20/08/2010	Moutarde blanche, 7 kg/ha, 100% semences certifiées
	Broyage	20/02/2011	
	Déchaumeur	22/02/2011	
	Labour	05/03/2011	
	Vibroculteur	22/03/2011	
	Vibroculteur	10/04/2011	
	Semis	10/05/2011	Variété ES MENTOR, 440 000 gr/ha (76kg/ha), 100% de semences certifiées
	Herse étrille	11/05/2011	
	Herse étrille	20/05/2011	
	Bineuse	05/06/2011	
	Bineuse	22/06/2011	
	Irrigation	05/07/2011	30mm
	Irrigation	31/07/2011	30mm
	Irrigation	20/08/2011	30mm
	Irrigation	15/09/2011	30mm
	Récolte	15/10/2011	3 T/ha

Le reste de la rotation est inchangé

PDL 2 : Féverole P – Blé – Soja (sec) – Tournesol – Blé – Triticale / Pois

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja	Covercrop	07/08/2010	
	Semis CI	24/08/2010	Moutarde blanche, 7 kg/ha, 100% semences certifiées
	Broyage	28/02/2011	
	Labour	01/03/2011	
	Vibroculteur	14/03/2011	
	Vibroculteur	08/04/2011	
	Semis	10/05/2011	Variété ES MENTOR, 440 000 gr/ha (76kg/ha), 100% de semences certifiées
	Herse étrille	15/05/2011	
	Bineuse	25/05/2011	
	Bineuse	10/06/2011	
	Récolte	15/10/2011	1 T/ha

Le reste de la rotation est inchangé

PC 1 : Luzerne (3 ans) – Blé – Maïs – Féverole H – Triticale – Soja – Orge H (irrigué)

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja	Covercrop	20/07/2010	
	Déchaumeur	10/08/2010	
	Semis CI	20/08/2010	Avoine : 40 kg/ha, Vesce : 50 kg/ha, 100% semences certifiées
	Broyage	05/02/2011	
	Labour	15/02/2011	
	Vibroculteur	20/03/2011	
	Vibroculteur	15/04/2011	
	Vibroculteur	01/05/2011	
	Semis	02/05/2011	Variété ES MENTOR, 380 000 gr/ha (76kg/ha), 100% de semences certifiées
	Herse étrille	15/05/2011	
	Bineuse	24/05/2011	
	Bineuse	10/06/2011	
	Bineuse	01/07/2011	
	Irrigation	15/07/2011	30mm
	Irrigation	05/08/2011	30mm
	Irrigation	20/08/2011	30mm
	Irrigation	14/09/2011	30mm
	Récolte	20/10/2011	3 T/ha

Le reste de la rotation est inchangé

PC 1 bis : Soja – Blé – Maïs (irrigué) : L'itinéraire technique du soja dans PC1 bis correspond à l'itinéraire technique du soja dans la rotation longue PC1 sans la culture intermédiaire avoine-vesce. L'itinéraire technique du maïs est inchangé, l'itinéraire technique du blé tendre correspond à celui du blé tendre 2 dans la rotation initiale PC1.

RA 2 : Luzerne (3ans) – Blé – Blé – Soja (sec) – Orge H

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja	Labour	15/02/2011	
	Vibroculteur	20/03/2011	
	Vibroculteur	15/04/2011	
	Vibroculteur	01/05/2011	
	Semis	02/05/2011	Variété ISIDOR, 380 000 gr/ha (76kg/ha), 100% de semences certifiées
	Houe rotative	15/05/2011	
	Bineuse	24/05/2011	
	Bineuse	10/06/2011	
	Bineuse	01/07/2011	
	Récolte	20/10/2011	2 T/ha
Orge H	Déchaumage	22/09/2010	
	Roulage	15/10/2010	
	Vibroculteur	15/10/2010	
	Semis	10/11/2010	Variété LAVERDA, 140 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	20/11/2010	
	Herse étrille	10/04/2011	
	Récolte	10/07/2011	3,7 T/ha

Le reste de la rotation est inchangé

Concurrence alimentation humaine – alimentation animale :

Le soja pour l'alimentation animale en RA 1

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja	Labour	15/02/2011	
	Vibroculteur	25/03/2011	
	Vibroculteur	25/04/2011	
	Semis	02/05/2011	Variété ECUDOR, 380 000 gr/ha (76kg/ha), 100% de semences certifiées
	Houe rotative	15/05/2011	
	Bineuse	30/05/2011	
	Bineuse	25/06/2011	
	Irrigation	15/07/2011	40mm
	Irrigation	01/08/2011	40mm
	Irrigation	17/08/2011	40mm
	Irrigation	30/08/2011	40mm
	Irrigation	14/09/2011	40mm
	Récolte	20/10/2011	4 T/ha

Le soja pour l'alimentation animale en MP 1

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Soja	Broyage	30/10/2010	
	Labour	05/02/2011	
	Vibroculteur	15/03/2011	
	Vibroculteur	30/04/2011	
	Semis	15/05/2011	Variété ECUDOR, 450 000 gr/ha (90kg/ha), 20% de semences certifiées
	Herse étrille	20/05/2011	
	Bineuse	15/06/2011	
	Bineuse	10/07/2011	
	Irrigation	10/07/2011	30mm
	Bineuse	20/07/2011	
	Irrigation	01/08/2011	30mm
	Irrigation	20/08/2011	30mm
	Irrigation	15/09/2011	30mm
	Récolte	05/10/2011	2,8 T/ha

La lentille en RA 2

Culture	Opération	Date	Intrants / Rendements / Remarques
Lentille	Déchaumage	05/08/2010	
	Déchaumage	20/08/2010	
	Semis CI	27/08/2010	Moutarde blanche, 7kg/ha, 100% de semences certifiées
	Broyage	05/02/2011	
	Labour	10/02/2011	
	Vibroculteur	17/02/2011	
	Semis	25/02/2011	Variété ANICIA, 100 kg/ha, 20% de semences certifiées
	Herse étrille	10/03/2011	
	Récolte	20/07/2011	1 t/ha

**Annexe 12 : Tableaux des marges nettes des légumineuses à graines
en fonction du prix de vente et du rendement**

Nous cherchons à déterminer les prix et les rendements pour lesquels les protéagineux sont rentables dans une rotation donnée. Par « rentable » nous entendons que la marge de la culture contribue à augmenter la marge de la rotation. Il faut donc pour cela que la marge de la culture soit égale ou supérieure à la marge de la rotation. Nous calculons donc la marge nette du protéagineux en faisant varier les prix et les rendements, et pour chaque cas, nous comparons cette marge à la marge nette de la rotation.

- Si MN protéagineux > MN rotation : le protéagineux est rentable dans la rotation
- Si MN protéagineux < MN rotation : le protéagineux n'est pas rentable dans la rotation

Le premier tableau ci-dessous permet de comparer la marge nette du soja par rapport à la marge nette de la rotation, en fonction du rendement et du prix de vente de cette culture. Pour mémoire, la marge nette de la rotation RA1 est de 940 €/ha dans un contexte de prix et de rendements moyens (4 t/ha à 650 €/t). Dans ces conditions de prix et de rendements, la marge nette du soja de cette rotation est comprise entre 1 400 et 1 480 €/ha, ce qui est largement supérieur à la marge de la rotation. Il est également possible de placer dans ce tableau des contextes variables de prix et de rendements. Par exemple, dans un contexte de prix haut (750 €/t), la marge nette du soja est toujours rentable, quel que soit le contexte de rendement (à 3, 4 ou 5 t/ha). NB : les contextes de prix et de rendements bas-moyens-hauts ont été définis avec les partenaires régionaux pour chaque culture et rotation. Ces niveaux de prix et de rendements sont réalistes pour la région, les marges sont donc atteignables

Rendement (t/ha)	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4	4,6	4,8	5
Prix de vente (€/t)														
440	-100	-12	76	164	252	340	428	516	604	692	780	868	956	1044
460	-52	40	132	224	316	408	500	592	684	776	868	960	1052	1144
480	-4	92	188	284	380	476	572	668	764	860	956	1052	1148	1244
500	44	144	244	344	444	544	644	744	844	944	1044	1144	1244	1344
520	92	196	300	404	508	612	716	820	924	1028	1132	1236	1340	1444
540	140	248	356	464	572	680	788	896	1004	1112	1220	1328	1436	1544
560	188	300	412	524	636	748	860	972	1084	1196	1308	1420	1532	1644
580	236	352	468	584	700	816	932	1048	1164	1280	1396	1512	1628	1744
600	284	404	524	644	764	884	1004	1124	1244	1364	1484	1604	1724	1844
620	332	456	580	704	828	952	1076	1200	1324	1448	1572	1696	1820	1944
640	380	508	636	764	892	1020	1148	1276	1404	1532	1660	1788	1916	2044
660	428	560	692	824	956	1088	1220	1352	1484	1616	1748	1880	2012	2144
680	476	612	748	884	1020	1156	1292	1428	1564	1700	1836	1972	2108	2244
700	524	664	804	944	1084	1224	1364	1504	1644	1784	1924	2064	2204	2344
720	572	716	860	1004	1148	1292	1436	1580	1724	1868	2012	2156	2300	2444
740	620	768	916	1064	1212	1360	1508	1656	1804	1952	2100	2248	2396	2544
760	668	820	972	1124	1276	1428	1580	1732	1884	2036	2188	2340	2492	2644

Ces tableaux sont des outils simples permettant de savoir à quels prix / rendements sont rentables les protéagineux dans un contexte donné. Ou bien, connaissant un rendement ils permettent de déterminer le prix de vente de rentabilité de la culture ou vice versa. Attention cependant, les autres cultures de la rotation sont 'fixées' : leurs prix et rendements ne varient pas, ce qui n'est pas forcément toujours vrai. Les tableaux pour les autres protéagineux sont présentés à la suite.

Bourgogne 1 : Pois protéagineux, Marge nette rotation = 300 €/ha

Rendement (t/ha)	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
Prix de vente (€/t)											
160	-129	-97	-65	-33	-1	31	63	95	127	159	191
180	-109	-73	-37	-1	35	71	107	143	179	215	251
200	-89	-49	-9	31	71	111	151	191	231	271	311
220	-69	-25	19	63	107	151	195	239	283	327	371
240	-49	-1	47	95	143	191	239	287	335	383	431
260	-29	23	75	127	179	231	283	335	387	439	491
280	-9	47	103	159	215	271	327	383	439	495	551
300	11	71	131	191	251	311	371	431	491	551	611
320	31	95	159	223	287	351	415	479	543	603	671
340	51	119	187	255	323	391	459	527	595	655	731
360	71	143	215	287	359	431	503	575	647	719	791
380	91	167	243	319	395	471	547	623	699	775	851
400	111	191	271	351	431	511	591	671	751	831	911
420	131	215	299	383	467	551	635	719	803	887	971

■ MN pois << MN rotation ■ MN pois ≈ MN rotation ■ MN pois >> MN rotation

Bretagne : Féverole H, Marge nette rotation = 350 €/ha

Rendement (t/ha)	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4
Prix de vente (€/t)												
160	-314	-282	-250	-218	-186	-154	-122	-90	-58	-26	6	38
180	-278	-242	-206	-170	-134	-98	-62	-26	10	46	82	118
200	-242	-202	-162	-122	-82	-42	-2	38	78	118	158	198
220	-206	-162	-118	-74	-30	14	58	102	146	190	234	278
240	-170	-122	-74	-26	22	70	118	166	214	262	310	358
260	-134	-82	-30	22	74	126	178	230	282	334	386	438
280	-98	-42	14	70	126	182	238	294	350	406	462	518
300	-62	-2	58	118	178	238	298	358	418	478	538	598
320	-26	38	102	166	230	294	358	422	486	550	614	678
340	10	78	146	214	282	350	418	486	554	622	690	758
360	46	118	190	262	334	406	478	550	622	694	766	838
380	82	158	234	310	386	462	538	614	690	766	842	918
400	118	198	278	358	438	518	598	678	758	838	918	998
420	154	238	322	406	490	574	658	742	826	910	994	1078

■ MN fév. << MN rotation ■ MN fév. ≈ MN rotation ■ MN fév. >> MN rotation

Midi Pyrénées : Soja, Marge nette rotation = 700 €/ha

Rendement (t/ha)	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4
Prix de vente (€/t)											
440	115	203	291	379	467	555	643	731	819	907	995
460	155	247	339	431	523	615	707	799	891	983	1075
480	195	291	387	483	579	675	771	867	963	1059	1155
500	235	335	435	535	635	735	835	935	1035	1135	1235
520	275	379	483	587	691	795	899	1003	1107	1211	1315
540	315	423	531	639	747	855	963	1071	1179	1287	1395
560	355	467	579	691	803	915	1027	1139	1251	1363	1475
580	395	511	627	743	859	975	1091	1207	1323	1439	1555
600	435	555	675	795	915	1035	1155	1275	1395	1515	1635
620	475	599	723	847	971	1095	1219	1343	1467	1591	1715
640	515	643	771	899	1027	1155	1283	1411	1539	1667	1795
660	555	687	819	951	1083	1215	1347	1479	1611	1743	1875
680	595	731	867	1003	1139	1275	1411	1547	1683	1819	1955
700	635	775	915	1055	1195	1335	1475	1615	1755	1895	2035
720	675	819	963	1107	1251	1395	1539	1683	1827	1971	2115

■ MN soja << MN rotation
 ■ MN soja ≈ MN rotation
 ■ MN soja >> MN rotation

Pays de la Loire 1 : Féverole H, Marge nette rotation = 640 €/ha

Rendement (t/ha)	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4	4,6
Prix de vente (€/t)														
160	45	77	109	141	173	205	237	269	301	333	365	397	429	461
180	85	121	157	193	229	265	301	337	373	409	445	481	517	553
200	125	165	205	245	285	325	365	405	445	485	525	565	605	645
220	165	209	253	297	341	385	429	473	517	561	605	649	693	737
240	205	253	301	349	397	445	493	541	589	637	685	733	781	829
260	245	297	349	401	453	505	557	609	661	713	765	817	869	921
280	285	341	397	453	509	565	621	677	733	789	845	901	957	1013
300	325	385	445	505	565	625	685	745	805	865	925	985	1045	1105
320	365	429	493	557	621	685	749	813	877	941	1005	1069	1133	1197
340	405	473	541	609	677	745	813	881	949	1017	1085	1153	1221	1289
360	445	517	589	661	733	805	877	949	1021	1093	1165	1237	1309	1381
380	485	561	637	713	789	865	941	1017	1093	1169	1245	1321	1397	1473
400	525	605	686	765	845	925	1005	1085	1165	1245	1325	1405	1485	1565
420	565	649	733	817	901	985	1069	1153	1237	1321	1405	1489	1573	1657

■ MN fév. << MN rotation
 ■ MN fév. ≈ MN rotation
 ■ MN fév. >> MN rotation

Pays de la Loire 2 : Féverole P, Marge nette rotation = 540 €/ha

Rendement (t/ha)	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6
Prix de vente (€/t)												
160	-201	-169	-137	-105	-73	-41	-9	23	55	87	119	151
180	-173	-137	-101	-65	-29	7	43	79	115	151	187	223
200	-145	-105	-65	-25	15	55	95	135	175	215	255	295
220	-117	-73	-29	15	59	103	147	191	235	279	323	367
240	-89	-41	7	55	103	151	199	247	295	343	391	439
260	-61	-9	43	95	147	199	251	303	355	407	459	511
280	-33	23	79	135	191	247	303	359	415	471	527	583
300	-5	55	115	175	235	295	355	415	475	535	595	655
320	23	87	151	215	279	343	407	471	535	599	663	727
340	51	119	187	255	323	391	459	527	595	663	731	799
360	79	151	223	295	367	439	511	583	655	727	799	871
380	107	183	259	335	411	487	563	639	715	791	867	943
400	135	215	295	375	455	535	615	695	775	855	935	1015
420	163	247	331	415	499	583	667	751	835	919	1003	1087

■ MN fév. << MN rotation
■ MN fév. ≈ MN rotation
■ MN fév. >> MN rotation

Poitou-Charentes 1 : Féverole H, Marge nette rotation = 410 €/ha

Rendement (t/ha)	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
Prix de vente (€/t)											
160	-189	-157	-125	-93	-61	-29	3	35	67	99	131
180	-169	-133	-97	-61	-25	11	47	83	119	155	191
200	-149	-109	-69	-29	11	51	91	131	171	211	251
220	-129	-85	-41	3	47	91	135	179	223	267	311
240	-109	-61	-13	35	83	131	179	227	275	323	371
260	-89	-37	15	67	119	171	223	275	327	379	431
280	-69	-13	43	99	155	211	267	323	379	435	491
300	-49	11	71	131	191	251	311	371	431	491	551
320	-29	35	99	163	227	291	355	419	483	547	611
340	-9	59	127	195	263	331	399	467	535	603	671
360	11	83	155	227	299	371	443	515	587	659	731
380	31	107	183	259	335	411	487	563	639	715	791
400	51	131	211	291	371	451	531	611	691	771	851
420	71	155	239	323	407	491	575	659	743	827	911

■ MN fév. << MN rotation
■ MN fév. ≈ MN rotation
■ MN fév. >> MN rotation

Poitou-Charentes 2 : Féverole H, Marge nette rotation = 370 €/ha

Rendement (t/ha)	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
Prix de vente (€/t)											
160	-242	-210	-178	-146	-114	-82	-50	-18	14	46	78
180	-222	-186	-150	-114	-78	-42	-6	30	56	102	138
200	-202	-162	-122	-82	-42	-2	38	78	118	158	198
220	-182	-138	-94	-50	-6	38	82	126	170	214	258
240	-162	-114	-66	-18	30	78	126	174	222	270	318
260	-142	-90	-38	14	66	118	170	222	274	326	378
280	-122	-66	-10	46	102	158	214	270	326	382	438
300	-102	-42	18	78	138	198	258	318	378	438	498
320	-82	-18	46	110	174	238	302	366	430	494	558
340	-62	6	74	142	210	278	346	414	482	550	618
360	-42	30	102	174	246	318	390	462	534	606	678
380	-22	54	130	206	282	358	434	510	586	662	738
400	-2	78	158	238	318	398	478	558	638	718	798
420	18	102	186	270	354	438	522	606	690	774	858

■ MN fév. << MN rotation
 ■ MN fév. ≈ MN rotation
 ■ MN fév. >> MN rotation

Résumé

Ces dernières années, le nombre d'exploitations d'élevage monogastriques biologiques n'a cessé de croître en France. Cette dynamique n'a toutefois pas été suivie par les conversions de surfaces en grandes cultures nécessaires à leur alimentation. Face à ce déficit de matières premières riches en protéines, le projet CAS DAR « ProtéAB » vise à développer la culture des légumineuses à graines. Une évaluation multicritère a été effectuée sur sept cas-types régionalisés et onze rotations pour étudier l'intérêt de ces cultures dans les rotations.

Outre le contexte pédoclimatique et les débouchés régionaux, la présence d'une tête de rotation pluriannuelle entraîne une diminution du temps de travail et de meilleurs indicateurs environnementaux pour les rotations. A l'inverse, les rotations courtes irriguées ont de bons résultats économiques mais des indicateurs environnementaux dégradés. Grâce à son débouché en alimentation humaine et donc son prix de vente élevé, le soja se distingue des protéagineux par une marge nette moyenne bien supérieure. Le pois cultivé en pur est une culture risquée avec des rendements aléatoires mais associé à une céréale, les rendements sont plus stables. Malgré des marges un peu basses, les associations céréales-protéagineux sont des cultures intéressantes car faciles à conduire et qui demandent un temps de travail faible.

Il est possible d'introduire des légumineuses à graines dans certaines rotations. L'introduction de légumineuses à graines dans une rotation a peu d'effet sur les indicateurs techniques et environnementaux, l'impact est principalement dû aux changements de rotation (culture remplacée, rallongement de la rotation par une céréale,...). En revanche, l'introduction de soja dans une rotation entraîne une amélioration des performances économiques grâce à son débouché pour l'alimentation humaine.

Un des freins majeurs au développement des légumineuses à graines pour l'alimentation animale en agriculture biologique reste la compétition avec l'alimentation humaine. Les prix de vente des cultures à destination de l'alimentation humaine sont très attractifs et les légumineuses à graines à destination de l'alimentation animale n'arrivent pas à être compétitives. Quelques pistes sont néanmoins possibles pour développer ces cultures. Outre l'augmentation de leurs rendements ou celle des surfaces en AB, la diminution des charges de mécanisation et l'optimisation de la gestion du parc matériel offrent des pistes intéressantes pour la suite.

Mots clés : agriculture biologique – grandes cultures – cas-types – légumineuses à graines – alimentation animale – évaluation multicritère

Abstract

In the past few years, the number of organic poultry and pig farms is rising steeply in France. The surfaces of field crops needed to feed the herds are however not rising at the same pace. To cope with the increasing shortage of protein-rich raw materials, a CAS DAR project aims to develop the organic grain legumes crops. A multicriteria evaluation has been conducted on seven typical farms and eleven rotations to assess the interest of such crops in organic crop rotations.

In addition to the soil-climate context, rotations beginning with perennial fodder crops like alfalfa or ley need less working time and have better environmental results. On the contrary, short irrigated rotations have better economical results but their environmental indicators are deteriorated. Soybean is noted for its results: its net margin is much higher than the net margins of legumes crops. However it needs a lot of working time. Protein pea cultivated alone is a risky crop: its yields are rather unpredictable. But when it is grown with a cereal, pea has more stable yields. Though cereal-pea mixture's net margin is quite low, it is an interesting crop thanks to its easiness to grow and its limited working time.

It is possible to increase the proportion of grain legumes in several of our rotations. Introducing legumes crops in a rotation has little effects on the technical and environmental indicators. The most important impacts come from the change of the rotations (addition of a cereal...). However introducing soybean in a rotation has a lot of impacts on the economic results thanks to market for human consumption.

One of the biggest barriers for the development of organic grain legumes crops is the competition with human consumption. The prices of crops for this market are quite attractive and the other protein-rich crops are not competitive enough. Several ideas to develop grain legumes crops are nevertheless possible. Apart from increasing their yields or the surfaces areas under organic production, the reduction of their mechanization costs and the optimization of the equipment fleets offer some interesting leads for the continuation of the project.

Key-words: organic farming – field crops – typical farm – grain legumes – poultry & cattle feed - multicriteria evaluation