



CASDAR ProtéAB

Volet 3 – Etude des impacts environnementaux des légumineuses à graines biologiques

Rapport

Janvier 2013



Suivi du dossier :

- Solagro :

Philippe POINTEREAU, directeur du pôle Agro-environnement

Marine Sophie GIMARET, chargée de mission agriculture et environnement

Bordereau de données documentaires

Titre	Etude des impacts environnementaux des légumineuses à graines biologiques. Dans le cadre du programme ProtéAB : Développer les légumineuses à graines en Agriculture Biologique pour sécuriser les filières animales et diversifier les systèmes de culture.
Organisme chef de file	Inter Bio Bretagne
Responsable de l'étude à Solagro	Marine Gimaret et Philippe Pointereau
Email	marine.gimaret@solagro.asso.fr philippe.pointereau@solagro.asso.fr

Table des matières

Bordereau de données documentaires	2
Table des matières.....	3
Figures	5
Tableaux	7
Introduction	8
1 Origine et contexte	9
1.1 La place des légumineuses dans l'agriculture française.....	9
1.2 Etat de l'art sur les protéagineux et leurs impacts sur l'environnement.....	11
1.2.1 Généralités	11
1.2.2 L'effet précédent et les risques de lessivage	11
1.2.3 Consommations énergétiques et émissions GES	12
1.3 Problématique et objectifs.....	13
1.4 Périmètre de l'étude	13
2 Matériels et méthodes.....	14
Le diagnostic Dialecte	14
L'outil complémentaire Excel « énergie – GES »	14
Questionnaire d'enquête	16
La valorisation de la BDD Dialecte	16
Réalisation des enquêtes de terrain	16
3 Valorisation de la base de données Dialecte	17
4 Analyse quantitative des 9 enquêtes de terrain	20
4.1 Des exploitations riches en légumineuses à graines	20
4.1.1 Choix des critères d'enquête.....	20
4.1.2 Description de l'échantillon.....	20
4.2 Analyse agroenvironnementale à l'échelle de l'exploitation.....	24
4.2.1 Description de l'échantillon basée sur quelques indicateurs généraux.....	24
4.2.2 Pression d'azote totale	24
4.2.3 Pression maîtrisable.....	26
4.2.4 Soldes CORPEN	26
4.3 Analyse des consommations énergétiques et des émissions de GES	28
4.3.1 Exemple de l'exploitation 7 en maïs et soja irrigué	28
4.3.2 Consommations énergétiques liées aux légumineuses à graines	34
4.3.2.1 Pour les protéagineux : pois, féverole, lupin.....	35
4.3.2.2 Pour le soja en sec et irrigué	35
4.3.3 Analyse des émissions de GES liées aux légumineuses à graines	36
4.3.3.1 Pour les protéagineux : pois, féverole, lupin.....	37
4.3.3.2 Pour le soja en sec et en irrigué	38
4.3.4 Par culture	40
4.3.5 Analyse générale des 9 exploitations.....	42

4.4	Comparaison aux cas type d'Arvalis	49
4.4.1.1	Pression azotée totale	49
4.4.1.2	Solde CORPEN	50
5	Analyse qualitative des 9 enquêtes de terrain	52
5.1.1	Généralités	52
5.1.2	Avantages et freins des cultures de légumineuses à graines	52
5.1.3	Réflexion sur les rotations	53
5.1.4	La fertilité des sols et l'effet précédent	53
5.1.5	La gestion de l'interculture	54
5.1.6	La gestion des adventices et travail du sol.....	54
5.1.7	Quel optimum dans les rotations ?.....	54
5.1.8	L'irrigation.....	55
5.1.9	Légumineuses à graines	55
5.1.9.1	Pois.....	55
5.1.9.2	Féverole.....	57
5.1.9.3	Lupin.....	57
5.1.9.4	Soja.....	58
6	Discussion.....	59
	Conclusion	62
	Bibliographie	63
	ANNEXES	65
7	ANNEXE 1 : Présentation de Dialecte et de sa BDD.....	66
7.1	Présentation des exploitations de la base Dialecte	66
7.1.1	Répartition géographique	66
7.1.2	Répartition par année.....	69
7.1.3	Utilisateurs.....	70
7.1.4	Répartition par type de production	71
7.1.5	Données générales des exploitations	73
8	ANNEXE 2 : Choix méthodologiques.....	75
8.1	Dialecte :.....	75
8.2	Outil complémentaire « Energie-GES » :.....	75
9	ANNEXE 3 : Hypothèses pour la prise en compte des engrais organiques	76
10	ANNEXE 4 : Saisie des données Arvalis dans Dialecte	77

Figures

Figure 1 : Evolution des surfaces équivalentes de légumineuses en France sur la période 1930-2008 (source : statistique agricole annuelle 1930-2008 ; réalisation Solagro)	9
Figure 2 : Evolution des surfaces de protéagineux en France entre 2002 et 2012 (sources : UNIP d'après ONIGC/ONIOL/FranceAgriMer (déclarations PAC jusqu'en 2011) et SSP (provisoire 2012)).....	9
Figure 3 : Evolution des rendement de pois et féverole en France (sources : UNIP / Arvalis) ...	10
Figure 4 Les étapes de l'étude.....	14
Figure 5 : Résumé des approches proposées dans l'étude.....	16
Figure 6 : Consommations énergétiques des exploitations en COP AB selon la part de protéagineux dans l'assolement (source : BDD Dialecte).....	18
Figure 7 : Surplus azoté pour les systèmes en COP	18
Figure 8 : Pression d'azote totale par ha de SAU.....	24
Figure 9 : Relation entre la pression azoté et la part des légumineuses dans l'assolement	25
Figure 10 : Pression maîtrisable d'azote et de phosphore.....	26
Figure 11 : Solde azoté CORPEN	26
Figure 12 : Solde phosphaté CORPEN	27
Figure 13 : Répartition des consommations énergétiques par culture et par poste (hypothèse 1)	29
Figure 14 : Répartition des consommations énergétiques par culture et par poste (hypothèse 2)	29
Figure 15 : Répartition des consommations énergétiques par culture et par poste (hypothèse 3)	29
Figure 16 : Consommation de carburant selon les travaux agricoles.....	30
Figure 17 : Energie produite sur énergie consommée.....	31
Figure 18 : Consommations énergétiques par culture et par kilo de protéines	31
Figure 19 : Répartition des émissions GES par culture et par poste	32
Figure 20 : Répartition des consommations énergétiques (MJ/ha) pour les protéagineux pois, féverole, lupin.....	35
Figure 21 : Répartition des consommations énergétiques (MJ/ha) pour le soja irrigué.....	35
Figure 22 : Répartition des consommations énergétiques (MJ/ha) pour le soja en sec	36
Figure 23 : Répartition des émissions de GES (teq CO ₂ /ha) pour les protéagineux pois, féverole, lupin.....	37
Figure 24 : Répartition des émissions de GES (teq CO ₂ /ha) pour le soja irrigué	38
Figure 25 Répartition des émissions de GES (teq CO ₂ /ha) pour le soja en sec.....	38
Figure 26 : Consommations énergétiques par culture et par poste	40
Figure 27 : Efficacité énergétique par culture	41
Figure 28 : Emissions GES par culture et par poste.....	41
Figure 29 : Consommations énergétiques par hectare par exploitation enquêtée	42

Figure 30 : Consommations de carburant et nombre de passage à l'hectare par exploitation enquêtée	42
Figure 31 : Efficacité énergétique des exploitations enquêtées	43
Figure 32 : Emissions de GES des exploitations enquêtées	44
Figure 33 : Lien entre les consommations énergétiques et la part de légumineuses à graines dans l'assolement	44
Figure 34 : Lien entre l'efficacité énergétique et la part des légumineuses à graines dans l'assolement	45
Figure 35 : Lien entre les émissions de GES et la part des légumineuses à graines dans l'assolement	45
Figure 36 Lien entre les émissions de GES par hectare et par tonne de MS.....	46
Figure 37 Lien entre les émissions de GES et les consommations énergétiques (coefficient de corrélation = 0,36)	46
Figure 38 : Pression azotée totale et sources d'apports de N	49
Figure 39 : Pressions N et P maîtrisables des cas type Arvalis.....	50
Figure 40 : Soldes CORPEN azoté des cas types Arvalis.....	50
Figure 41 : Soldes CORPEN phosphatés des cas type Arvalis.....	51
Figure 42 : Consommations énergétiques et efficacité énergétique des cas-types Arvalis (Dialecte).....	51
Figure 43 : Nombre de bilans Dialecte validés par année	69
Figure 44 Dialecte validés et non validés en %	69
Figure 45 : Répartition des bilans Dialecte par type de structure (en %).....	70
Figure 46 : Répartition des bilans Dialecte selon le type de pratique agricole (en %).....	71
Figure 47 : Cultures dominantes les plus courantes sur les exploitations Dialecte	74

Tableaux

Tableau 1 : Caractérisation de la BDD Dialecte des exploitations en agriculture biologique (source : BDD Dialecte)	17
Tableau 2 : Caractérisation de l'échantillon (1/2).....	22
Tableau 3 : Caractérisation de l'échantillon (2/2).....	23
Tableau 4 : Consommations énergétiques des légumineuses à graines par hectare	34
Tableau 5 Consommations énergétiques des légumineuses à graine par tonne de MS	34
Tableau 6 : Emissions GES des légumineuses à graine par hectare.....	36
Tableau 7 Emissions GES des légumineuses à graines par tonne de MS	37
Tableau 8 : Nombre de cultures par catégorie.....	40
Tableau 9 Synthèse des éléments sur la culture du pois	55
Tableau 10 Synthèse des éléments sur la culture de la féverole	57
Tableau 11 Synthèse des éléments sur la culture du lupin	57
Tableau 12 Synthèse des éléments sur la culture du soja	58
Tableau 13 : Nombre de bilans Dialecte validés par région	68
Tableau 14 Nombre de bilans Dialecte en AB validés par région.....	68
Tableau 15 : Nombre de bilans Dialecte validés par pays.....	70
Tableau 16 : Nombre et pourcentage de bilans Dialecte validés par OTEX et par type de pratiques agricoles.....	72
Tableau 17 : Nombre d'exploitations professionnelles françaises par OTEX (Source : Agreste)	72
Tableau 18 : Répartition des exploitations Dialecte en fonction de leur taille.....	73
Tableau 19 Répartition des exploitations Dialecte et Françaises en fonction de leur taille	73

Introduction

Depuis plusieurs années, les légumineuses à graines sont mises en valeur vis à vis des bénéfices qu'elles présentent pour l'environnement. L'Union Européenne, au travers des documents visant à réformer la politique agricole commune (PAC) a récemment confirmé l'intérêt des cultures protéiques couplées à un système de rotation intégré pour atteindre les nouveaux objectifs d'une agriculture européenne plus durable. Ces cultures s'inscrivent dans le soutien à des pratiques agricoles bénéfiques pour le climat et l'environnement.

Pourtant, en France, les légumineuses et en particulier les protéagineux voient leurs surfaces diminuer depuis 10 ans. Même si le plan protéagineux avait permis de redynamiser la production en 2009 et 2010, les protéagineux (pois, féverole, lupin) sont de nouveau en perte de vitesse en 2011 et 2012.

En 2010, la France cultivait 278 000 ha en protéagineux, soit 1 % de la SAU dont 11 000 ha en agriculture biologique (AB), soit 1,3 % des surfaces développées en AB. Contrairement aux surfaces en conventionnel, les surfaces en AB ont connu une augmentation de 72 % entre 2009 et 2010 (surfaces certifiées et en conversion) et de 38 % si on considère uniquement les surfaces certifiées (Agence Bio, 2011). Aujourd'hui, l'amélioration de l'autonomie en protéine des élevages constitue un enjeu majeur pour la France et l'Europe. Les importations massives de tourteaux de soja du Nord et du Sud de l'Amérique, principalement OGM (organismes génétiquement modifiés), engendrent des impacts négatifs forts sur l'environnement, notamment en terme de changement climatique et de consommation d'énergies fossiles.

L'introduction des légumineuses à graines dans l'assolement présente divers intérêts environnementaux : allongement de la rotation, réduction des apports azotés, amélioration du bilan énergétique et gaz à effet de serre (GES) notamment.

Les légumineuses ont la capacité d'utiliser l'azote de l'air par la fixation symbiotique et sont un très bon précédent pour les cultures céréalières. A l'échelle d'une rotation, les moindres besoins en azote impactent positivement le bilan énergétique et GES puisque la fabrication des engrais et leurs épandages pèsent lourdement sur ces bilans.

Cette étude est réalisée dans le cadre du programme Casdar ProtéAB « Développer les légumineuses à graines en agriculture biologique pour sécuriser les filières animales et diversifier les systèmes de culture ».

Le volet 3 « Impacts environnementaux des légumineuses à graines biologiques » du programme Casdar ProtéAB se focalise sur les bénéfices et les facteurs de risques des légumineuses à graines pois, féverole, lupin et soja.

Dans un premier temps, le contexte de l'étude et la méthode appliquée sont brièvement abordées. L'analyse de la base de données Dialecte donne les premières orientations de l'étude. Les analyses quantitatives et qualitatives des impacts environnementaux sont discutées dans la deuxième partie du rapport.

1 Origine et contexte

1.1 La place des légumineuses dans l'agriculture française

La Figure 1 présente l'évolution des surfaces équivalentes de légumineuses en France sur la période 1930 et 2008. Les surfaces en légumineuses (fourragères et à graines) connaissent un déclin depuis près de 40 ans. Pour les surfaces en protéagineux, la perte de vitesse est plus récente et date d'une dizaine d'années.

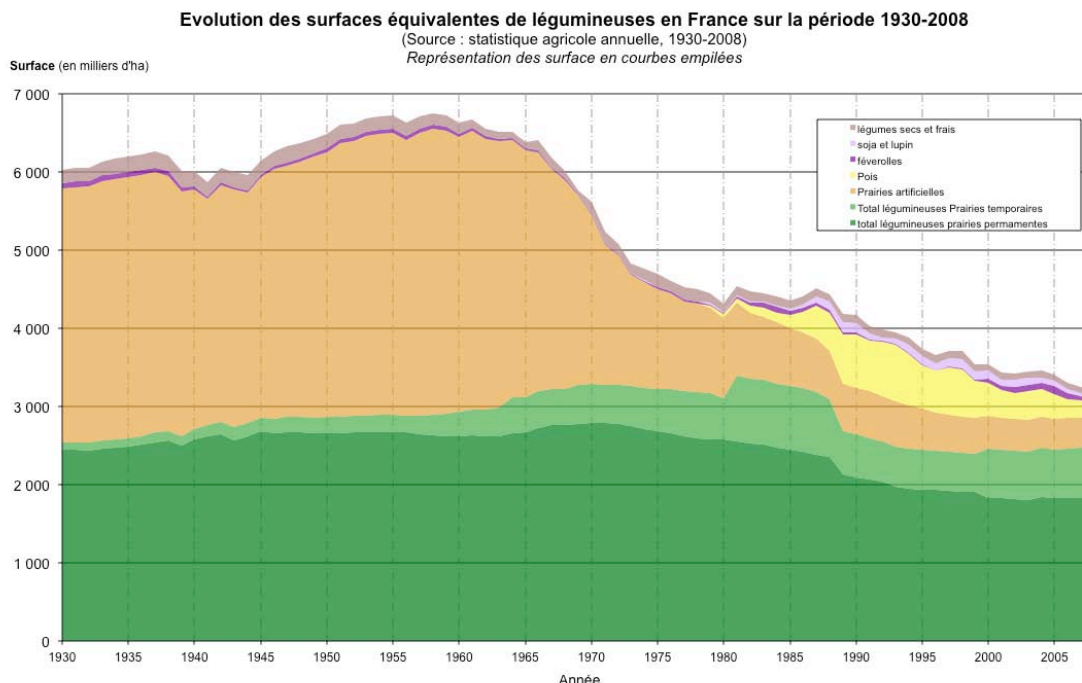


Figure 1 : Evolution des surfaces équivalentes de légumineuses en France sur la période 1930-2008 (source : statistique agricole annuelle 1930-2008 ; réalisation Solagro)

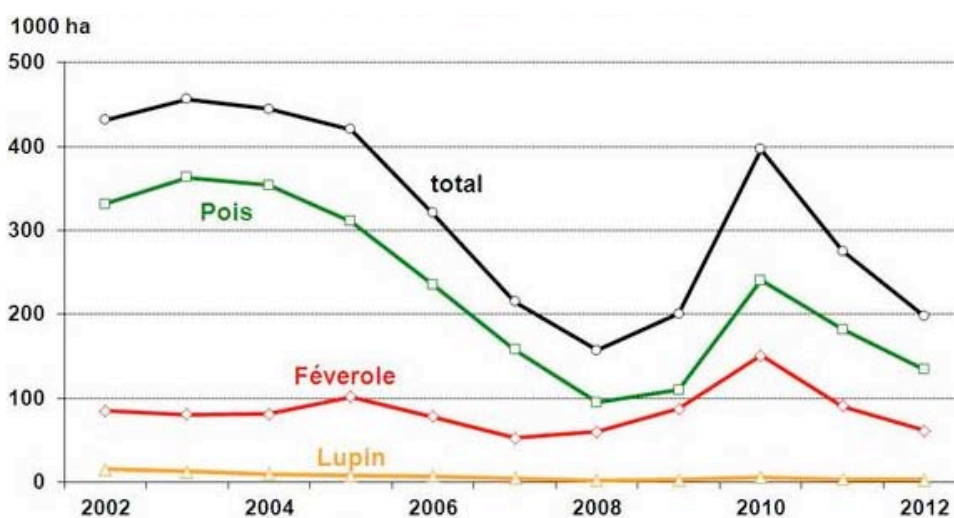


Figure 2 : Evolution des surfaces de protéagineux en France entre 2002 et 2012 (sources : UNIP d'après ONIGC/ONIOL/FranceAgriMer (déclarations PAC jusqu'en 2011) et SSP (provisoire 2012))

On constate une diminution des surfaces progressive entre 2003 et 2008 pour le pois et le lupin. Le plan protéine, mis en place par la France en 2009 et 2010, relance la production des protéagineux et du soja. En activant l'article 68 de la PAC, la France décide de soutenir le développement des protéagineux et du soja en complétant l'aide initiale européenne de 55 €/ha. L'aide supplémentaire accordée s'est élevée à 100 €/ha en 2010. Dès 2011, et encore plus en 2012, les surfaces ont chuté pour atteindre 134 000 ha pour le pois, 61 000 ha pour les féveroles, 37 000 ha pour le soja et 3000 ha pour le lupin doux.

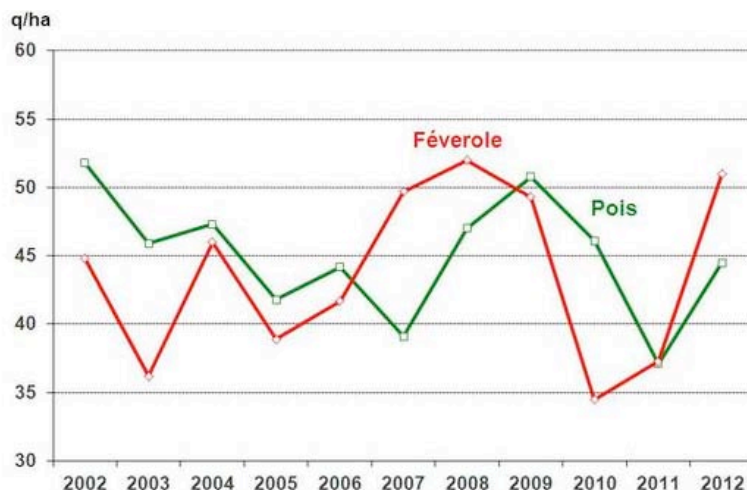


Figure 3 : Evolution des rendements de pois et féverole en France (sources : UNIP / Arvalis)

Plusieurs facteurs interviennent dans la diminution des surfaces en protéagineux. Les variations de rendement dues au climat et à l'aphanomyces représentent un frein majeur.

Les protéagineux, de par leurs faibles surfaces, ont fait l'objet de peu de recherches. Même si d'importants progrès génétiques ont été réalisés, notamment sur la résistance à la verse et le taux de protéine des graines, l'instabilité des rendements est encore forte.

Les rendements pour le pois et la féverole sont extrêmement variables d'une année à l'autre. Les protéagineux ne représentent plus que 1 % de la SAU. Concernant l'agriculture biologique, peu de données statistiques sont actuellement disponibles puisque les surfaces en AB ne sont pas identifiées dans la statistique annuelle et les enquêtes PK (2006)¹. Seules les surfaces sont publiées par l'Agence BIO. Contrairement à l'agriculture conventionnelle, les surfaces en féverole sont prédominantes avec 7831, 2870, 71 ha respectivement pour les féveroles, les pois et le lupin. Les protéagineux représentent en 2010 9,7 % des cultures arables en agriculture biologique (soit 11 023 ha). Les régions Midi-Pyrénées et Poitou-Charentes recensent un quart des surfaces en protéagineux (1820 ha en Midi-Pyrénées et 1120 ha en Poitou-Charentes). La région Rhône-Alpes, et particulièrement le département de la Drôme, comptent des surfaces importantes en soja non comptabilisés ci-dessus.

Ces trois régions ont été choisies, dans la réalisation de l'étude, pour leur dynamisme dans le développement de la culture des légumineuses à graines.

¹ L'Agence BIO publie uniquement les surfaces en AB.

1.2 Etat de l'art sur les protéagineux et leurs impacts sur l'environnement

1.2.1 Généralités

Les protéagineux sont des cultures annuelles dont les graines sont riches en protéines (25-30 %). Elles peuvent être aussi bien utilisées pour l'alimentation humaine qu'animale.

L'introduction des légumineuses dans la rotation présente divers intérêts agronomiques et environnementaux. La diversification de l'assolement contribue à réduire la pression phytosanitaire au travers d'une meilleure gestion des adventices et une maîtrise des ravageurs (Munier-Jolain, 2002). Toutefois, cet aspect n'est pas propre aux légumineuses à graines.

Les légumineuses présenteraient des bénéfices sur le développement de la microfaune et de la microflore fongique. Toutefois, dans le cas d'une rotation courte et d'un assolement peu diversifié, l'intérêt des légumineuses dans le maintien de la fertilité des sols s'amoinde. Sur des rotations maïs, soja, une perte d'azote est constatée sans réel enrichissement en carbone (Drinkwater, 1998).

Comme toutes les plantes de la famille des légumineuses, les protéagineux ont la capacité de fixer l'azote symbiotique de l'air. Aucun apport azoté n'est nécessaire sur les protéagineux car ces cultures satisfont en moyenne 2/3 de leurs besoins par la fixation symbiotique (Carrouée et al, 2002). Cependant, ce ratio peut s'inverser lorsque le sol est riche en azote minéral. Les apports d'azote minéral pendant la croissance des protéagineux ont pour conséquence une mobilisation de l'azote minérale du sol plutôt qu'une valorisation de leur capacité à fixer l'azote de l'air.

Lors de la récolte du pois, les quantités d'azote exportées par les graines peuvent représenter 80 % de l'azote total des parties aériennes et près de 70 % de l'azote totale assimilée par la plante. Les quantités d'azote exportées par les graines sont comparables à celles captées par la voie de la fixation symbiotique. Par conséquent, l'azote restituée au sol par les résidus de culture et les racines (y compris nodosité et exsudat racinaire) sont proches des quantités d'azote minéral prélevées dans le sol au cours de la culture. De ce fait, le bilan azoté (entrées – sorties) d'une parcelle de légumineuses est quasi nul (UNIP, 2002). Toutefois, le niveau de rendement peut impacter cet équilibre.

Dans une rotation en AB, les cultures autres que les légumineuses, non fixatrices d'azote, présentent des soldes très déficitaires en absence d'effluents d'élevage. Dans un système de grandes cultures biologiques, une proportion élevée de légumineuses est donc indispensable pour la durabilité de la fertilité des sols.

1.2.2 L'effet précédent et les risques de lessivage

De nombreux chercheurs ont travaillé sur l'effet précédent des protéagineux et ont démontré que la culture suivante (très souvent une céréale) présente un rendement plus élevé pour un niveau de fertilisation équivalent (Jensen, 1997). Les légumineuses n'enrichissent pas forcément le stock d'azote du sol du fait d'un bilan entrées-sorties presque équilibré mais améliorent la disponibilité de l'azote dans le sol pour les cultures suivantes. Du fait d'un enracinement superficiel et d'une maturité précoce, les prélèvements du sol par les légumineuses sont moindres et expliquent une disponibilité de l'azote plus élevée pour la culture suivante. L'enrichissement du sol en azote suite à une culture de légumineuses s'accompagne d'une amélioration de la structure du sol et d'une augmentation de l'efficacité de la nutrition azotée des cultures suivantes (Cavaillès, 2009).

Par conséquent, l'ajustement de la fertilisation selon le précédent est fondamental pour limiter les risques de lessivage de l'azote. Ceci est d'autant plus vrai lorsqu'une fertilisation minérale

est utilisée sur la parcelle. Arvalis et le GNIS conseillent une réduction de la fertilisation azotée de 20 à 40 kg N/ha pour une succession de culture de type pois-blé par rapport à une situation blé de blé pour un même objectif de rendement.

La question du lessivage des nitrates suite à une culture de protéagineux par le biais de la minéralisation des résidus de culture est toujours à l'étude. Il semble que les risques soient limités pour les légumineuses à graines mais existants. Existants puisque les légumineuses à graines se caractérisent par un enracinement superficiel ce qui ne permet pas de prélever des reliquats azotés en profondeur. Limités car lorsque le sol est riche en azote, les prélèvements minéraux domineront la fixation de l'azote par la voie symbiotique. Munier-Jolain (2003) montre que les reliquats azotés minéraux à l'entrée de l'hiver peuvent être de 20 à 30 unités d'azote supérieurs à ceux d'une céréale à paille. L'implantation de cultures intercalaires pièges à nitrates (CIPAN) permet d'assurer la limitation des fuites d'azote. La maîtrise des risques de lessivage des nitrates dépend de la gestion de l'interculture et de l'adaptation de la fertilisation azotée de la culture suivante.

1.2.3 Consommations énergétiques et émissions GES

Sur ces questions énergétiques et de changement climatique, l'introduction des légumineuses dans la rotation est souvent présentée comme un moyen d'améliorer le bilan environnemental.

La fabrication et le transport des engrais chimiques sont très consommateurs en énergie et pèsent souvent lourdement sur les consommations énergétiques de l'exploitation agricole.

L'épandage d'azote est l'un des postes les plus émetteurs en GES. Il engendre une perte d'azote sous forme d'ammoniac et de protoxyde d'azote. L'apport externe d'azote par l'épandage des engrais et la minéralisation de résidus de culture notamment, enrichissent le sol en azote et augmente les phénomènes de nitrification et dénitrification à l'origine des émissions de protoxyde d'azote.

L'introduction des cultures protéiques dans la rotation contribue à réduire les émissions de GES via la fixation symbiotique en économisant du gaz servant à produire les engrais azotés (il faut 1,2 litres d'équivalent litre de fioul pour produire 1 kg d'azote) et en limitant les pertes (la plante fixe l'azote dont elle a besoin).

En grandes cultures, l'introduction de légumineuses a un effet bénéfique sur les bilans d'énergie et de changement climatique, qu'elles soient cultivées en pure ou en association avec une céréale. A l'échelle de l'exploitation, une proportion significative (20 %) de légumineuses permet de réduire de 4 % l'impact de l'assolement sur le changement climatique et de 5 % le bilan énergétique par rapport à un assolement avec 5 % de légumineuses (Thiébeau, 2010).

Ces derniers résultats concordent avec ceux du programme GL Pro dans lequel l'introduction de légumineuses tous les 4 ans dans la rotation engendre une diminution significative des émissions de CO₂ de 10 à 15 % (Nemecek, 2006).

D'après le rapport français sur la relance des protéines (Cavaillès, 2009), le passage de 4 à 7 % de terres arables en légumineuses cultivées peut engendrer une réduction de 63 % des fertilisants de synthèse apportés aux cultures. La réduction des épandages d'engrais azotés permettrait d'économiser 216 000 tonnes et 1,8 Mteq CO₂.

Tous ces constats et chiffres émanent d'études conduites sur des parcelles en agriculture conventionnelle. Le fait que l'agriculture biologique n'utilise aucun produit de synthèse et notamment aucun engrais minéraux change la donne. Cette présente étude a pour objectif de se focaliser sur les particularités de l'agriculture biologique, notamment vis à vis des questions énergétiques et de changement climatique.

1.3 Problématique et objectifs

Les légumineuses à graines présentent des intérêts agronomiques et environnementaux reconnus. Toutefois, des questions subsistent concernant le lessivage des nitrates, l'effet précédent, les consommations énergétiques, les émissions de GES et les prélèvements sur la ressource en eau notamment. Cette étude s'interroge sur **l'efficacité environnementale des systèmes de production intégrant des légumineuses à graines biologiques.**

L'objectif est de déterminer la plus value environnementale des légumineuses à graines biologiques en quantifiant les bénéfices et les facteurs de risque. La réalisation de bilans (azote, phosphate), la quantification des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'échelle de l'exploitation et de la culture sont des éléments fondamentaux de l'analyse.

1.4 Périmètre de l'étude

L'étude comprend l'analyse agroenvironnementale, énergétique et GES de 9 exploitations en agriculture biologique dans 3 bassins de production : Midi-Pyrénées, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes.

L'étude se focalise sur les légumineuses à graines pois, féverole, lupin et soja. Toutefois, les légumineuses fourragères (luzerne), les lentilles et les mélanges céréales – légumineuses peuvent être présents dans les rotations des exploitations étudiées.

Deux niveaux d'analyse sont proposés : à **l'échelle de l'exploitation et à l'échelle de la culture**. Les analyses à l'échelle de l'exploitation sont de type « cradle to farm gate » (du berceau à la porte de la ferme) et s'arrêtent donc à la porte de l'exploitation. Par conséquent, les consommations énergétiques et les émissions de GES directes et indirectes sont prises en compte.

2 Matériels et méthodes

L'étude se dissocie en 8 étapes schématisées sur la Figure 4.



Figure 4 Les étapes de l'étude

Les objectifs, la problématique et les critères d'échantillonnage ont été définis en accord avec les partenaires du projet lors des comités de pilotage.

Le diagnostic Dialecte

Dialecte est un outil de diagnostic agroenvironnemental des exploitations agricoles. A partir d'une description du système de production, il permet de comprendre et d'analyser les impacts des pratiques agricoles sur l'environnement. C'est un outil conçu pour une analyse à l'échelle de l'exploitation. L'outil de diagnostic et la base de données sont présentés en Annexe 1².

L'outil complémentaire Excel « énergie – GES »

L'outil complémentaire Excel « énergie – GES » a été conçu dans le cadre de cette étude afin de pouvoir réaliser une analyse énergie et GES à l'échelle de la culture. L'expertise de Solagro en matière d'analyse énergétique et GES sur les exploitations agricoles a été mise en œuvre lors de la création de cet outil. La méthodologie se rapproche de celle utilisée dans Dia'terre®, outil de diagnostic énergétique et GES à l'échelle de l'exploitation. Cette méthodologie a été adaptée pour satisfaire les besoins d'analyse à l'échelle de la culture.

L'analyse des consommations énergétiques (exprimées en MJ) inclut les postes suivants :

- Le fioul ;
- L'irrigation ;
- Les engrais et fertilisants (l'énergie nécessaire pour fabriquer et transporter les engrais organiques) ;
- La mécanisation prenant en compte l'utilisation du matériel agricole et le nombre d'heures passées par culture ;

² ANNEXE 1 : Présentation de Dialecte et de sa BDD

- L'achat de semences (énergie nécessaire pour produire et transporter la semence jusqu'à la ferme étudiée).

Les émissions GES sont comptabilisées à partir des émissions de CO₂, CH₄ et N₂O, respectivement pondérées par leur pouvoir de réchauffement global (PRG).

Les émissions de GES étudiées sont celles qui pèsent le plus lourdement sur le bilan GES de la culture. Elles sont exprimées en tonnes équivalent CO₂.

5 postes ont été étudiés:

- Les consommations de fioul ;
- L'irrigation ;
- La mécanisation ;
- L'achat des semences ;
- La gestion de la MO, inclut les émissions liées à la fabrication, à l'épandage des engrais et aux résidus de culture.

Remarque :

Les engrais représentent un des postes majeurs pour les consommations énergétiques à l'échelle de l'exploitation. D'après les références Planète 2010, les engrais comptent pour 21 % des consommations d'énergie totale à l'échelle de l'exploitation (tout type d'agriculture confondu)³. Ces consommations énergétiques sont principalement attribuées aux engrais minéraux. Toutefois, le choix des coefficients énergétiques et des facteurs d'émission attribués à la fabrication et au transport des engrais organiques peut influencer les résultats et les conclusions de cette étude. La diversité des engrais organiques complique la détermination de valeurs précises. Actuellement, ce point fait l'objet de recherche⁴.

Les choix méthodologiques concernant les enregistrements dans Dialecte des enquêtes de terrain, des cas type Arvalis et la conception de l'outil Excel « Energie-GES » sont expliqués en Annexe 2⁵.

L'outil complémentaire Excel « énergie-GES » a été construit afin de tester la sensibilité de 3 hypothèses concernant les engrais organiques.

- **Hypothèse 1 : Engrais chimiques** : Les coefficients énergétiques et les facteurs d'émissions utilisés dans cette hypothèse sont ceux utilisés pour les engrais chimiques moyens azotés dans les méthodologies GES'TIM et Dia'terre®. Seuls les engrais azotés ont été étudiés à l'échelle parcellaire.
- **Hypothèse 2 : Engrais organiques** : Les coefficients énergétiques ont été calculés à partir du référentiel Planète de 2002. On distingue deux coefficients énergétiques : pour le fumier et le compost. Aucun facteur d'émissions n'est attribué aux engrais organiques faute de données disponibles.
- **Hypothèse 3 : Pas de coefficients et de facteurs d'émissions** : Aucun coefficient énergétique ou facteur d'émission n'est attribué à la fabrication et au transport des engrais organiques.

Les valeurs choisies et leurs justifications sont détaillées en annexe 3⁶.

³ Les références PLANETE 2010 sont basées sur 3500 bilans PLANETE effectués entre 1999 et 2010.

⁴ Par exemple, l'outil Dia'terre n'utilise, pour le moment, aucun coefficient ou facteur d'émission.

⁵ ANNEXE 2 : Choix méthodologiques

⁶ ANNEXE 3 : Hypothèses pour la prise en compte des engrais organiques

Après avoir réalisé un test de sensibilité au cours de l'analyse (présenté dans le paragraphe 4.3.), l'hypothèse 2 a été choisie pour la suite de l'étude.

Questionnaire d'enquête

Un questionnaire a ensuite été conçu afin de recenser l'ensemble des données nécessaires au diagnostic sur le terrain. Il a permis de récolter à la fois les données quantitatives nécessaires à la réalisation de Dialecte et de l'outil énergie-GES et des données qualitatives pour comprendre les avantages, les contraintes et les risques liés à la culture des légumineuses en graines en AB.

La valorisation de la BDD Dialecte

La valorisation de la BDD Dialecte permet d'orienter le choix de l'échantillon et des questions lors des visites de terrain. Cette BDD comporte plus de 1 300 diagnostics dont 567 exploitations en agriculture biologique.

Réalisation des enquêtes de terrain

L'ensemble des informations nécessaires à la réalisation des diagnostics Dialecte et « énergie-GES » ont été recueillies sur le terrain au cours d'enquêtes d'une demi journée. Pour la partie qualitative du questionnaire, les enquêtes ont été conduites selon un entretien semi-directif.

Les enquêtes de terrain sont analysées à partir de l'extraction Excel des diagnostics Dialecte et de l'outil complémentaire « Energie-GES » afin de mener une approche à l'échelle de l'exploitation et de la culture.

Les cas types d'Arvalis ont également été saisis dans l'outil Dialecte sur internet.

La Figure 5 synthétise les différentes approches de l'étude.

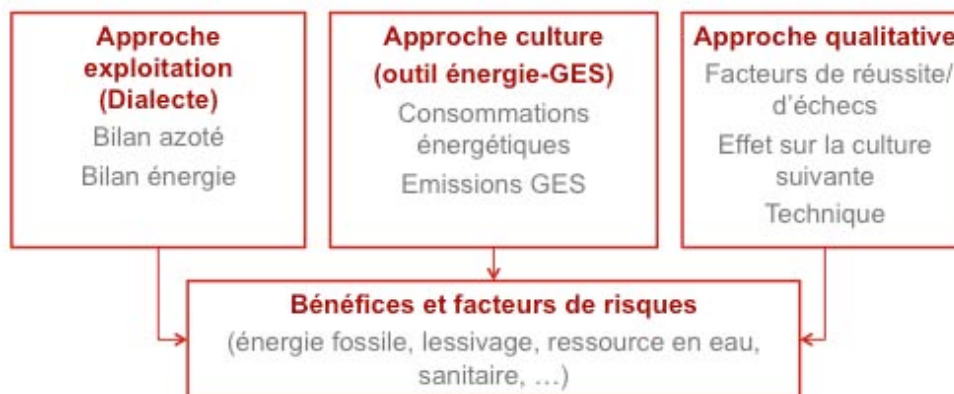


Figure 5 : Résumé des approches proposées dans l'étude

L'approche qualitative menée en parallèle des outils de diagnostics permet de compléter et d'affiner la détermination des bénéfices et des facteurs de risques des légumineuses à graines en AB. Les résultats de l'étude se dissocient en 3 grandes parties : la valorisation de la base de données Dialecte, l'analyse quantitative et qualitative des 9 enquêtes de terrain sur des fermes en agriculture biologique et leur comparaison aux cas types d'Arvalis.

3 Valorisation de la base de données Dialecte

La base de données (BDD) Dialecte regroupe 567 exploitations en agriculture biologique dont 221 qui possèdent des surfaces en protéagineux (hors soja et méteil⁷). Tous les systèmes de production sont représentés en agriculture biologique. La BDD Dialecte est présentée en annexe 1.

Tableau 1 : Caractérisation de la BDD Dialecte des exploitations en agriculture biologique (source : BDD Dialecte)

OTEX	Nb de Dialecte par OTEX en AB	Nb de Dialecte ayant des surfaces en protéagineux	% de Dialecte ayant des protéagineux par OTEX	% de protéagineux sur la SAU pour les exploitations. ayant prot	Rendement moyen des surfaces en protéagineux en AB
Bovins lait	118	50	42	4,5	26
Bovins viande	79	45	57	4,8	22
COP	63	40	64	15,7	25
Viticulture	56	1	2	12,1	25
Polyélevages	45	17	38	6,1	26
Maraîchage	44	9	21	11,2	10
Ovins viande	35	8	23	4,5	17
Polycultures	35	19	54	13,1	23
Arboriculture	26	2	8	7,5	18
Caprins	21	7	33	8,0	24
Volailles	20	11	55	18,2	48
Ovins lait	11	3	27	5,6	29
Equins	9	4	44	12,4	37
Porcins	5	5	100	9,8	14
Total	567	221		8,6	24

La moyenne pondérée du rendement des protéagineux en AB est de 24 q/ha. Dans la statistique annuelle de 2011, le rendement moyen des protéagineux était de 36,49 q/ha (moyenne nationale comprenant 97 % des surfaces en agriculture conventionnelle). Parmi les fermes cultivant des protéagineux, ceux-ci occupent en moyenne 9 % de la SAU d'après la BDD Dialecte (Tableau 1). Seules 69 exploitations en AB ont plus de 10 % de leur SAU en protéagineux. Plus de 63 % des exploitations en céréales-oléoprotéagineux (COP) en AB possèdent des protéagineux dans leur rotation.

⁷ Le soja est classé parmi les oléagineux et le méteil a été introduit trop récemment dans la liste des cultures pour être identifié dans cette étude. Les protéagineux, pris en compte dans l'analyse de la BDD Dialecte, sont pois hiver, pois printemps, féverole hiver, féverole printemps, lupin et vesce.

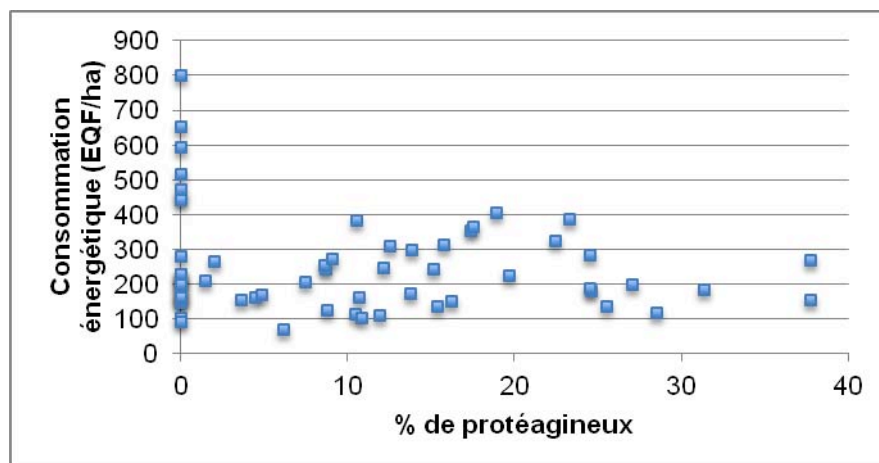


Figure 6 : Consommations énergétiques des exploitations en COP AB selon la part de protéagineux dans l'assolement (source : BDD Dialecte)

Comme en témoigne la Figure 6, aucun lien ne se dégage entre la part des protéagineux dans l'assolement et les consommations énergétiques par hectare sur l'échantillon des 63 fermes en COP.

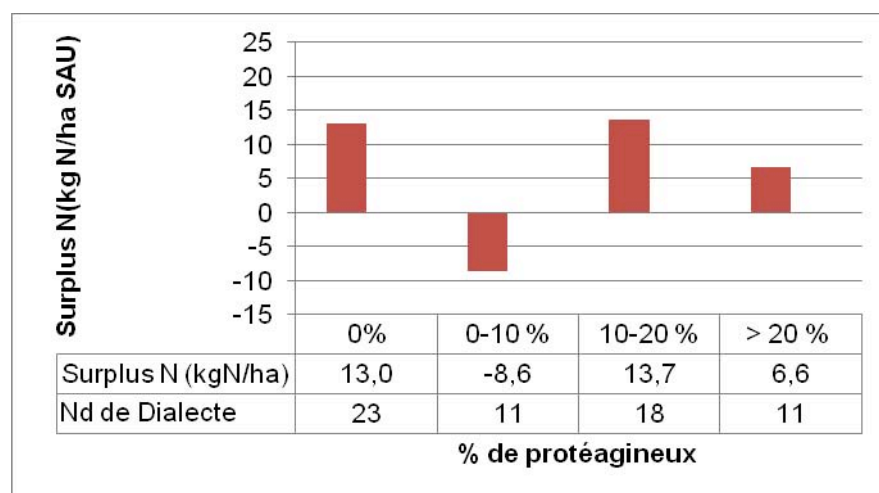


Figure 7 : Surplus azoté pour les systèmes en COP

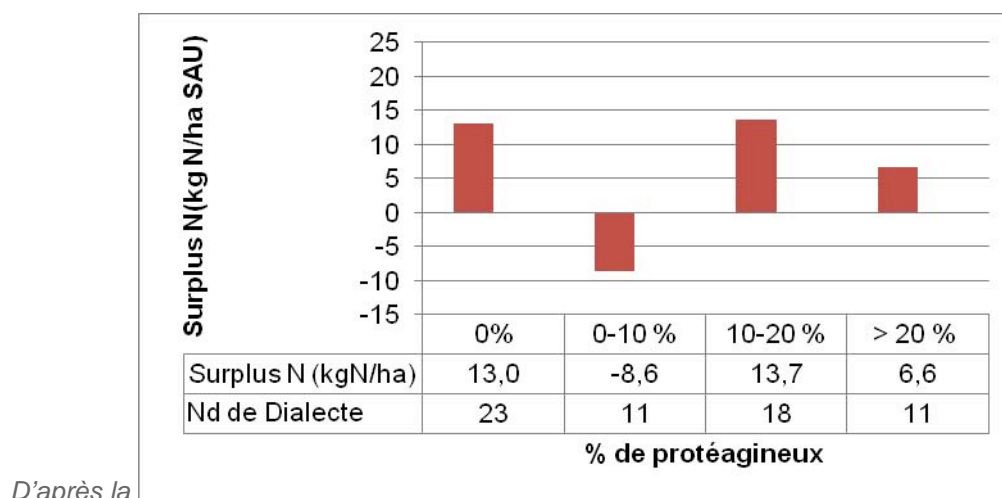


Figure 7, aucune tendance nette n'est constatée entre la part des protéagineux dans l'assolement et le surplus azoté exprimé en kg N/ha SAU. Les excédents ou les déficits azotés sont globalement très faibles et varient de -8,6 à 13 kg N/ha selon la part de protéagineux dans la SAU (en moyenne excédent de 8 kg N/ha).

A l'échelle de l'exploitation, des relations complexes s'établissent suite à l'introduction de légumineuses à graines dans la rotation. Dans le bilan CORPEN de Dialecte, la quantité d'azote fixée symbiotiquement est égale à la quantité d'azote exportée par les légumineuses lors de la récolte. Le mode de calcul du bilan CORPEN et les interactions complexes au sein de l'agroécosystème ne permettent pas de conclure sur la relation entre la part de protéagineux dans l'assolement et le surplus azoté par hectare.

Conclusion

A l'échelle de l'exploitation, aucune tendance claire n'a été constatée suite à l'augmentation de la part de protéagineux dans l'assolement.

De multiples facteurs agissent sur :

- le niveau des consommations énergétiques de l'exploitation. Les consommations de fioul, d'électricité, l'achat de concentrés, de fourrages sont autant de postes qui peuvent agir fortement sur le bilan énergétique. De plus, l'intérêt environnemental des légumineuses sur le plan énergétique est dépendant du niveau de rendement des légumineuses et l'extensivité du système.

- le bilan azoté

Les exploitations biologiques présentent des excédents ou des déficits azotés faibles ce qui limite le risque de lessivage des nitrates (en moyenne excédent de 8 kg N/ha sur un échantillon de 63 exploitations en COP en AB).

Le niveau d'analyse « exploitation » permet d'étudier la cohérence de l'agroécosystème mais aucune grande tendance ne se dégage du fait du grand nombre de facteurs intervenants sur les indicateurs étudiés.

Une analyse à l'échelle de la culture est fondamentale pour appréhender précisément les enjeux environnementaux des légumineuses à graines et aboutir à des propositions.

4 Analyse quantitative des 9 enquêtes de terrain

4.1 Des exploitations riches en légumineuses à graines

4.1.1 Choix des critères d'enquête

Les critères pour l'échantillonnage ont été définis par rapport aux objectifs de l'étude. Les études bibliographiques et la valorisation de la base de données Dialecte confirment les interactions complexes engendrées par l'introduction des légumineuses à graines dans la rotation. La part des légumineuses à graines dans l'assolement a été définie comme le critère prioritaire.

Les critères de choix définis en comité de pilotage sont les suivants :

- Un minimum de 15 % de légumineuses à graines dans la SAU (hors luzerne, lentille et mélanges céréales – légumineuses) ;
- Des rotations diversifiées courtes et longues ;
- Une bonne maîtrise des cultures de légumineuses à graines ;
- Une zone géographique à fort potentiel pour les légumineuses à graines ;
- Une exploitation suivie par un réseau.

Les critères de choix préalablement définis sont très ambitieux. Très peu d'exploitations en France respectent l'intégralité des critères proposés. La luzerne est souvent présente aux cotés des cultures pures de légumineuses à graines. Grâce à un temps important dédié à cette recherche, une grande majorité des exploitations enquêtées rassemble l'ensemble des critères cités ci-dessus. L'échantillon est caractérisé dans le paragraphe suivant et met en évidence les critères qui n'ont pas pu être respectés.

4.1.2 Description de l'échantillon

9 exploitations en agriculture biologique (AB) ont été enquêtées dans le cadre de cette mission. **5 exploitations sont localisées dans la région Midi-Pyrénées, 2 en Poitou-Charentes et 2 en Rhône-Alpes.** Les enquêtes ont été orientées vers de zone géographique où le potentiel de développement des légumineuses à graine était fort. La SAU moyenne est de 122 ha, les surfaces en prairies sont faibles ou inexistantes sur les exploitations. En moyenne, deux personnes travaillent sur ces exploitations diversifiées où plusieurs ateliers ont été développés.

4 fermes sont en grandes cultures et 5 en polyculture-élevage. Pour une exploitation, l'atelier élevage fonctionne complètement indépendamment de l'atelier cultures (aucun échange de matières organiques).

8 enquêtes sur 9 portent sur l'année de référence 2011.

Les fermes enquêtées ont été converties à l'agriculture biologique entre 1999 et 2006. Elles ont donc au minimum 6 années de recul sur les pratiques en AB. Une très large majorité des agriculteurs possèdent une longue expérience dans la culture des légumineuses à graines et ont une bonne maîtrise technique de ces cultures. Beaucoup ont testé plusieurs espèces de légumineuses au cours des dernières années. La quasi totalité des agriculteurs enquêtés sont adhérents à un réseau (Groupement des agriculteurs biologiques (GAB), Chambre d'Agriculture, CREAB).

Les exploitations ont en moyenne 27,2 % de leur SAU en légumineuses à graines. Une seule exploitation se situe en dessous du seuil des 15 %. On constate une large hétérogénéité au sein de l'échantillon puisque les **surfaces en légumineuses à graines représentent entre 7**

et 49 % de la SAU. Les surfaces en lentille et luzerne ne sont pas incluses dans ces pourcentages. En intégrant les légumineuses fourragères, la part de la SAU en légumineuses est en moyenne de 34 %. 5 exploitations ont dans leur rotation de la luzerne, de la lentille ou un mélange céréalier. L'absence de luzerne, lentille et mélange céréalier dans les rotations étudiées a été le critère le plus difficile à satisfaire.

Tous les types de sol sont représentés⁸ mais on note une dominance de sols argilo-calcaires.

Les rotations sont très diversifiées. Il existe souvent plusieurs rotations au sein d'une même exploitation selon les conditions pédoclimatiques et les possibilités d'irrigation. Le soja est souvent implanté dans des rotations courtes de 2 ou 3 ans de type soja-maïs, soja-soja-tournesol, blé-soja-soja ou soja-maïs-soja-blé dans des zones inondables en fonds de vallée ou sur terres irrigables. Les autres légumineuses à graines sont intégrées à des rotations plus longues très variées, par exemple blé-pois-blé-féverole-tournesol. Souvent les agriculteurs ont une réflexion à moyen terme de leur rotation et la font évoluer selon leurs dernières expérimentations.

Parmi les 9 exploitations enquêtées, 4 irriguent à minima les cultures de maïs et de soja. Les quantités d'eau utilisées pour le soja varient de 750 à 2100 m³/ha selon les régions et les conditions pédoclimatiques.

La quasi totalité des agriculteurs implantent des cultures intercalaires sur une partie des terres. Les couverts en interculture sont très variés moutarde, sarrasin, trèfle violet, tournesol, féverole, avoine, RGI ; mélange vesce/pois fourrager. Une exploitation n'apporte aucun engrais organiques sur ces parcelles et gère la fertilité des sols au travers des couverts.

Les tableaux (Tableau 2 et Tableau 3) résument les principales caractéristiques de cet échantillon.

⁸ Le type de sol n'a pas été défini comme un critère de choix lors de l'échantillonnage des fermes. Les exploitations situées en Midi-Pyrénées ont souvent des sols spécifiques de la région de type boulbènes, sablo-argilo-acides.

Tableau 2 : Caractérisation de l'échantillon (1/2)

	Région	SAU (ha)	OTEX	UTH	Année de réf	Type de sol	Rotation	% de lég. totale	% de lég. à graines
Ferme 1	Midi-Pyrénées	55	Grandes-cultures	1	2011	Argilo-calcaires	<u>Partie vallée</u> : blé - soja sur 2 ans / <u>Partie coteaux</u> : blé ou orge / fév H ou pois / blé ou orge / féverole / tournesol ou sorgho	17%	17%
Ferme 2	Poitou-Charentes	83	Grandes-cultures (volailles)	1	2011	Terres riches en silice- pH neutre - bonne capacité drainante	Pas de rotation type - luzerne - parfois rotation courte triticale - tournesol / luzerne - triticale - lupin - chanvre - triticale - tournesol	16 %	7%
Ferme 3	Poitou-Charentes	203	Grandes-cultures	1,5	2011	Léger - terres assez humides	<u>2 rotations</u> : Maïs - Soja - Blé - Pois / Féverole et Lentille -Maïs	49 % (hors lentille)	49 % (hors lentille)
Ferme 4	Midi-Pyrénées	150	Grandes-cultures (Bovins viande)	2	2011	Argilo-calcaires et limoneux, vallonnés, profonds	Pois printemps - Couvert tournesol - Blé d'hiver - Couvert tournesol- Couvert féverole - Soja	35%	35%
Ferme 5	Midi-Pyrénées	109	Grandes-cultures (volailles)	3	2010	Argilo-calcaires (50 %) ; boubènes (50%)	Blé H - orge H - sorgho - féverole	31%	31%
Ferme 6	Midi-Pyrénées	100	Grandes cultures et polyélevage (volailles et cerfs)	3,2	2011	Argilo-calcaires et argilo-limoneux battants	Fonds de vallée (terres inondables) : soja - soja - tournesol / <u>Coteaux</u> : féverole - blé - tournesol	26%	26%
Ferme 7	Rhône-Alpes	115	Grandes-cultures	2	2011	Limons peu profonds	<u>Terres irriguées</u> : Luzerne 3 ans - maïs - soja - maïs - blé H/ <u>Terres non irriguées</u> : Blé H - maïs - blé - tournesol ou lupin - blé H - maïs - blé - tournesol	49 %	24 %
Ferme 8	Midi-Pyrénées	118	Grandes-cultures	1	2011	Zones inondables fonds de vallée; boubènes; argileux	<u>Zones inondables (fonds de vallée)</u> : soja - maïs / <u>Boubènes</u> : soja - maïs - soja - sarrasin ou soja - maïs - soja - blé / <u>Argileux</u> : soja -blé - colza - maïs ou soja - blé - colza - maïs - lentille - blé	29 % (hors lentille)	29 % (hors lentille)
Ferme 9	Rhône-Alpes	160	Grandes-cultures et polyélevage	5	2011	Limoneux-sableux avec cailloux	<u>2 rotations</u> : Soja - maïs - soja - blé - luzerne / soja - maïs - blé	46 %	28 %

Tableau 3 : Caractérisation de l'échantillon (2/2)

	Année de conversion à l'AB	Irrigation	Quantité d'eau conso (m³/ha)	Apport organique extérieur	Interculture
Ferme 1	1999	Aucune		Apport PAT (prot. Animale transfo. + fiente) (7.4.2) - 700 kg/ha sur orge et 1200 kg/ha sur blé et sorgho	Trèfle violet semé dans du blé
Ferme 2	1997	Aucune		50 t fiente de poule + 30 t compost chanvre (4-3-1) (2,5 t/ha) et 71 t Organno 75B triticales	Moutarde
Ferme 3	2003	Oui (25 ha, maïs ou soja)	1250 m ³ /ha	Compost de déchet vert et fiente de volaille. Maïs : 5 t/ha (4-2,5-2,5); Blé : 8 t/ha compost (0,5-2-2) + 1,5t/ha de farine (8-12-0)	Trèfle violet, moutarde, sarrasin avant maïs et soja
Ferme 4	2004	Aucune		Aucun	Trèfle incarnat, tournesol, féverole
Ferme 5	2000	Aucune		Fumier de volaille (sur sorgho et blé + granulé (40 à 50 kg N/ha sur blé et orge)	Engrais vesce/ pois fourrager en 2010-2011
Ferme 6	1999 - 2006 (poulets)	Aucune		Fiente de volailles uniquement sur les parcelles qui décrochent (8 à 10 ha/an)	Pas d'engrais vert (Zones vulnérables directive nitrate maïs dérogation)
Ferme 7	2004	Oui (maïs et soja)	1400 m ³ /ha soja; 1600 m ³ /ha maïs; 1800 m ³ /ha luzerne	Farine de viande (9.5.0) sur maïs, blé, tournesol + Patenkali sur luzerne	20 ha de luzerne en engrais vert
Ferme 8	2002	Oui, soja + maïs (49 ha)	750 m ³ /ha maïs et soja	Fumier de canes pondeuses sur maïs + engrais organiques (9.5.6) sur colza, blé, maïs et Physiolith sur 1/3 des surfaces	5 ha d'avoine et 10 ha de féverole avant maïs
Ferme 9	2005	Oui, soja, maïs, blé, luzerne (75 % des terres)	1200 à 2100 m ³ /ha soja - 1200 m ³ /ha maïs; 0 à 700 m ³ /ha blé; 1000 à 2000 m ³ /ha luzerne	Farine animale (9.5.0) blé, orge, seigle - Sulfate de potasse (luzerne) + fumier volailles + compost ruminants	Couvert seigle/vesce (25 ha) + 15 ha RGI avant maïs et soja

4.2 Analyse agroenvironnementale à l'échelle de l'exploitation

L'exploitation de la BDD Dialecte a montré la difficulté d'étudier l'impact spécifique des légumineuses à graines sur les bilans environnementaux à l'échelle de la ferme. Ainsi, cette partie se focalise particulièrement sur des indicateurs de gestion de la fertilisation (pression d'azote totale, pressions maîtrisables et soldes CORPEN) qui ne sont pas étudiés à la culture. Cette analyse est basée sur l'utilisation de l'outil Dialecte.

4.2.1 Description de l'échantillon basée sur quelques indicateurs généraux

Les 9 exploitations enquêtées ont en moyenne une note « diversité des productions végétales » de 6/10⁹. Cette note témoigne d'une diversité d'assolement élevée. En agriculture biologique, la diversité de l'assolement et le raisonnement de la rotation sont des moyens efficaces pour lutter contre les adventices et la présence de maladies ou de ravageurs. 80 % des sols sont couverts pendant la période hivernale. La moitié des agriculteurs sont situés sur des zones vulnérables de la directive Nitrates mais quelques-uns bénéficient d'une dérogation¹⁰. Les enquêtes ont été réalisées sur des exploitations à taille humaine (en moyenne 70 ha/UTH). Les parcelles ont une taille moyenne de 5,1 ha.

4.2.2 Pression d'azote totale

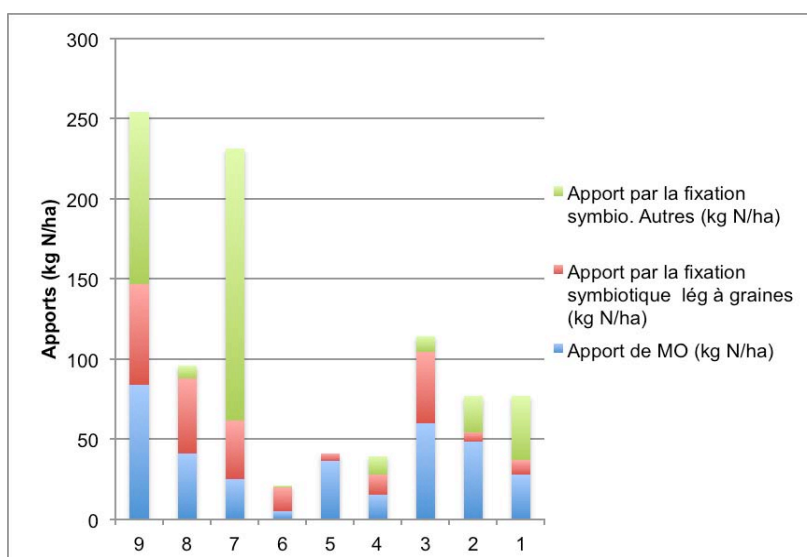


Figure 8 : Pression d'azote totale par ha de SAU

L'analyse de la pression d'azote totale présente un intérêt majeur puisqu'elle informe sur les moyens de mobilisation de l'azote par les agriculteurs biologiques.

La Figure 8¹¹ schématise la pression d'azote totale et la part des différentes sources d'azote. Pour 5 exploitations, les apports azotés par la fixation symbiotique sont plus importants que les apports organiques (fumier, compost ou engrais organique). On constate que la fixation symbiotique des légumineuses joue un rôle fondamental dans les rotations biologiques.

En moyenne, la fixation de l'azote par voie symbiotique représente 63 kg N/ha, contre 38 kg N/ha par les apports organiques. Cela représente une pression d'azote totale de 101 kg/ha.

⁹ Chaque espèce représentant au moins 10 % de la SAU compte pour 1 point.

¹⁰ Les agriculteurs situés sur des zones vulnérables, en dérogation, ont la possibilité de laisser des mulchs de paille sur les parcelles dont le sol est nu en hiver. Le mulch n'est pas considéré comme un couvert hivernal dans Dialecte.

¹¹ Les exploitations sont numérotées de 1 à 9 sur la figure.

La part de l'azote symbiotique issus des légumineuses à graines s'élève à 22 kg N/ha contre 41 kg N/ha pour les autres cultures (légumineuses fourragères). Ces chiffres sont très variables d'une exploitation à l'autre selon la part de luzerne ou de prairies dans l'assolement.

L'agriculteur 6 fonctionne à très bas niveaux d'intrants (moins de 20 kg N/ha en moyenne).¹² Pour les exploitations 9 et 7, les quantités d'azote apportées par la fixation symbiotique sont de plus de 150 kg N/ha (cultures fourragères inclus)¹³. L'introduction de surfaces fourragères (type luzerne) dans la rotation fait augmenter la part de l'azote apportée par la fixation symbiotique.

Les apports organiques sont très variables selon les exploitations (5 à 84 kg N/ha). Ceci s'explique par la diversité des systèmes de production. En effet, les ratios moyens (en kg N/ha) étudiés à l'échelle de l'exploitation peuvent masqués l'hétérogénéité des apports d'azote organiques sur les parcelles (zones de cultures gérées extensivement (parcours, prairies permanentes) et zones plus intensives).

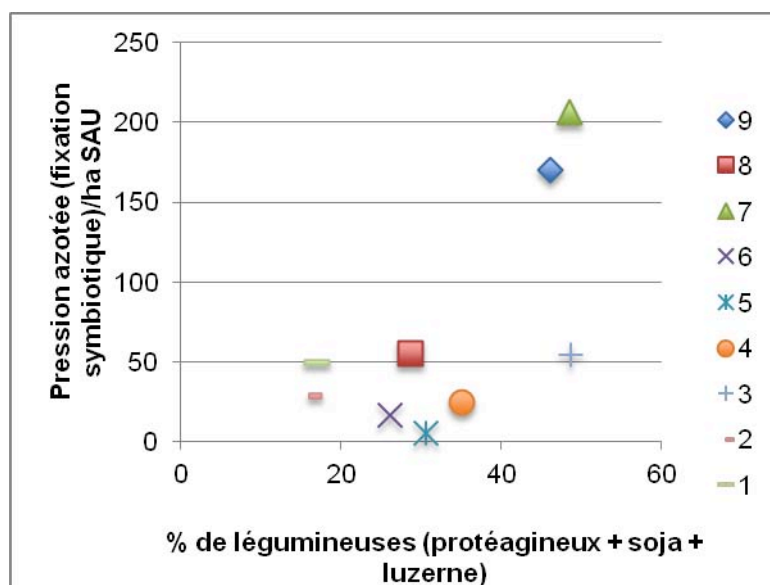


Figure 9 : Relation entre la pression azotée et la part des légumineuses dans l'assolement

La relation entre la pression azotée issue de la fixation symbiotique et la part des légumineuses dans la SAU n'est pas linéaire à cause de l'effet rendement. Ce graphique montre que la fixation symbiotique permet d'augmenter la pression d'azote, ce qui est souvent fondamental pour les systèmes en AB. En effet, l'azote est très souvent le facteur limitant des rendements dans les systèmes en AB.

¹² L'agriculteur 6 apporte des fientes de volailles uniquement sur les parcelles qui décrochent. Les faibles rendements obtenus pour les légumineuses à graines (soja et féverole) en 2011 expliquent de faibles apports azotés par la fixation symbiotique malgré 26 % de légumineuses dans la SAU.

¹³ Part des légumineuses dans l'assolement de l'exploitation:

- 9 : 30 ha de luzerne et 45 ha de soja sur une SAU de 160 ha.

- 7 : 21 ha soja, 8 ha de lupin, 28 ha de luzerne sur une SAU de 115 ha.

4.2.3 Pression maîtrisable

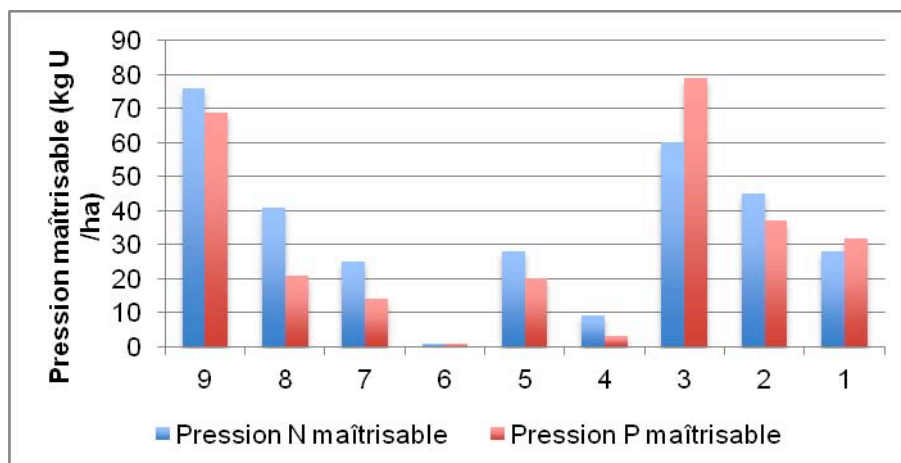


Figure 10 : Pression maîtrisable d'azote et de phosphore

La pression maîtrisable d'azote et de phosphore est un indicateur utilisé pour évaluer indirectement les risques liés au lessivage des nitrates et le niveau d'intensification d'une exploitation. Les pressions maîtrisables¹⁴ d'azote et de phosphore élevées pour deux exploitations s'expliquent par les apports organiques variant 110 et 200 kg N/ha sur les cultures céréalières (Figure 10). Globalement les pressions, inférieures à 40 kg/ha, témoignent de systèmes fonctionnant à bas niveaux d'intrants, extensifs (animaux à l'extérieur toute l'année). Le risque de pertes d'azote par le lessivage des nitrates est d'autant plus limité.

4.2.4 Soldes CORPEN

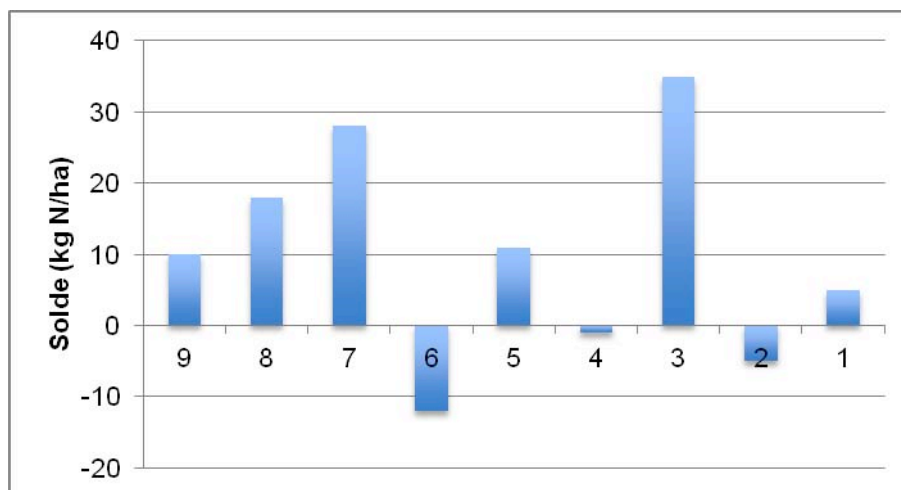


Figure 11 : Solde azoté CORPEN

¹⁴ Quantités d'éléments (azote ou phosphore) minéraux et organiques épandus (engrais minéraux, fumier, compost, lisier...) par hectare.

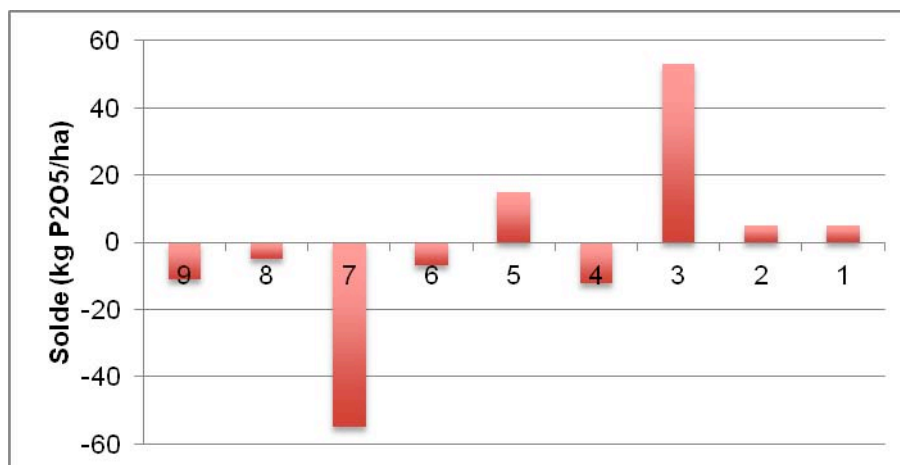


Figure 12 : Solde phosphaté CORPEN

Le diagnostic Dialecte utilise la méthode officielle Solde CORPEN dite « Bilan CORPEN »¹⁵.

Les soldes azote varient de -10 à + 36 kg N/ha (en moyenne 10 kg N/ha) (Figure 11). Ces résultats témoignent, a priori, d'une gestion de la fertilisation optimale ou satisfaisante. Aucune exploitation n'est dans un cas d'excédent azoté fort (>40 kg/ha). Le risque de lessivage des nitrates semble limité. Toutefois, il est nécessaire d'analyser ces premiers résultats avec prudence puisque que le solde azoté à l'échelle de l'exploitation peut masquer des excédents localisés sur certaines parcelles de l'exploitation. Deux exploitations sont en léger déficit. C'est une situation assez courante sur les exploitations de polyculture en AB. Elle s'explique généralement par une sous-estimation des apports azotés par la fixation symbiotique dans les système à bas niveaux d'intrants. De plus, les cultures intercalaires n'ont pas été prises en compte dans le bilan CORPEN. La gestion des engrais verts est parfois au cœur du raisonnement de la fertilisation (cas de l'exploitation 4).

Les soldes phosphore sont équilibrés à l'exception de deux exploitations (Figure 12). L'agriculteur 7 raisonne sa fertilisation sur l'azote principalement et fait l'impasse sur les engrais de fond depuis 5 ans. L'agriculteur 3, en excédent sur l'azote et le phosphore, apporte des quantités de fertilisants importantes sur les cultures arables (notamment 200 kg N/ha sur la culture de maïs et 160 kg N/ha sur blé, en partie sous forme de farine (8.12.0)) qui pourraient être réduites.

Conclusion

D'une façon générale, les exploitations enquêtées semblent gérer correctement la fertilisation (soldes CORPEN azote et phosphore proches de l'équilibre). Deux exploitations se dégagent par leur fonctionnement à plus haut niveau d'intrants (quantités d'apports organiques élevées).

L'introduction des légumineuses dans l'assolement joue un rôle majeur dans la gestion de la fertilisation. Les apports d'azote au travers de la fixation symbiotique peuvent représenter jusqu'à 150 kg N/ha SAU (jusqu'à 100 kg N/ha pour les luzernes/prairies et jusqu'à 50 kg N/ha pour les légumineuses à graines) lorsque les surfaces en légumineuses représentent près de la moitié de la SAU et que les rendements sont élevés.

¹⁵ La méthode CORPEN calcule les entrées et les sorties d'azote à l'échelle du système « sol ». Elle permet de repérer les exploitations à risque d'enrichissement du milieu en azote. Cette méthode considère que la fixation d'azote correspond au niveau des exportations en azote pour les protéagineux.

4.3 Analyse des consommations énergétiques et des émissions de GES

Pour rappel, les postes étudiés dans cette analyse sont :

- pour les consommations énergétiques : fioul, irrigation , engrais (3 hypothèses), mécanisation et semences
- pour les émissions de GES : Fioul, irrigation, gestion de la MO, mécanisation, semences et engrais (3 hypothèses)

3 hypothèses sont testées au cours de cette analyse concernant les coefficients énergétiques et les facteurs d'émission des engrais organiques :

- **Hypothèse 1 : Engrais chimiques** : Les coefficients énergétiques et les facteurs d'émissions utilisés dans cette hypothèse sont ceux utilisés pour les engrais chimiques moyens azotés dans les méthodologies GES'TIM et Dia'terre®. Seuls les engrais azotés ont été étudiés à l'échelle parcellaire.
- **Hypothèse 2 : Engrais organiques** : Les coefficients énergétiques ont été calculés à partir du référentiel Planète de 2002. On distingue deux coefficients énergétiques : pour le fumier et le compost. Aucun facteur d'émissions n'est attribué aux engrais organiques faute de données disponibles.
- **Hypothèse 3 : Pas de coefficients et de facteurs d'émissions** : Aucun coefficient énergétique ou facteur d'émission n'est attribué à la fabrication et au transport des engrais organiques.

4.3.1 Exemple de l'exploitation 7 en maïs et soja irrigué

Le choix d'analyser un cas d'étude (exploitation 7) a deux objectifs :

- tester la sensibilité des hypothèses pour les engrais organiques
- comprendre l'influence de chaque critère sur les consommations énergétiques et les émissions de GES.

L'exploitation 7 a été choisie car elle présente une diversité de cultures et de pratiques qui permet d'appréhender de nombreux aspects de l'étude.

Cette exploitation est en polyculture et cultive du soja en irrigué et du lupin sur des sols limoneux peu profonds. La rotation est de type Luzerne 3 ans - maïs - soja - maïs - blé hiver sur les terres irriguées et blé hiver - maïs - blé - tournesol ou lupin - blé H - maïs - blé - tournesol sur les terres non irriguées.

Les 3 hypothèses de calcul sont appliquées à cet exemple afin d'estimer la part des engrais organiques dans les consommations énergétiques et les émissions de GES. Le blé tendre, une partie du maïs et le tournesol reçoivent respectivement 90, 90 et 45 kg N/ha sous forme de farine de viande.

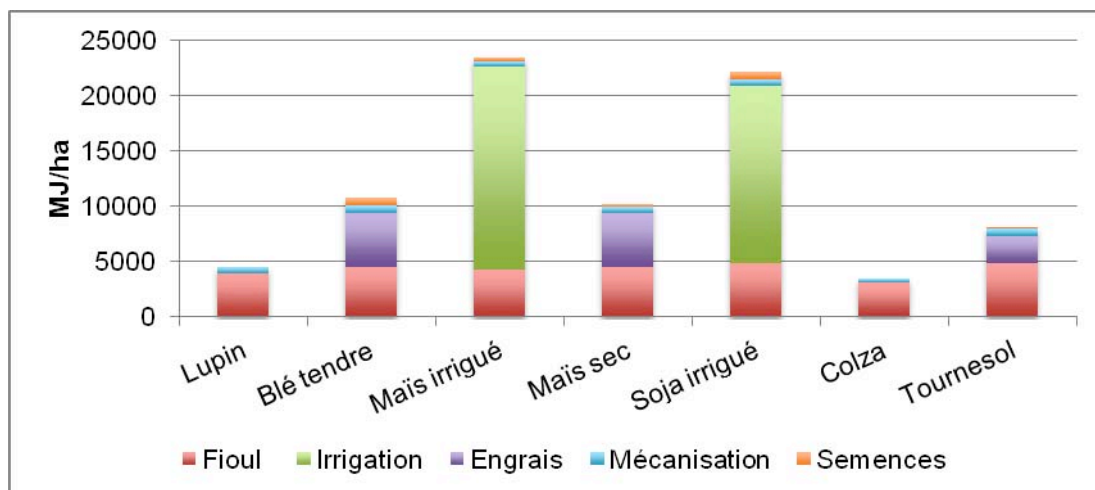


Figure 13 : Répartition des consommations énergétiques par culture et par poste (hypothèse 1)

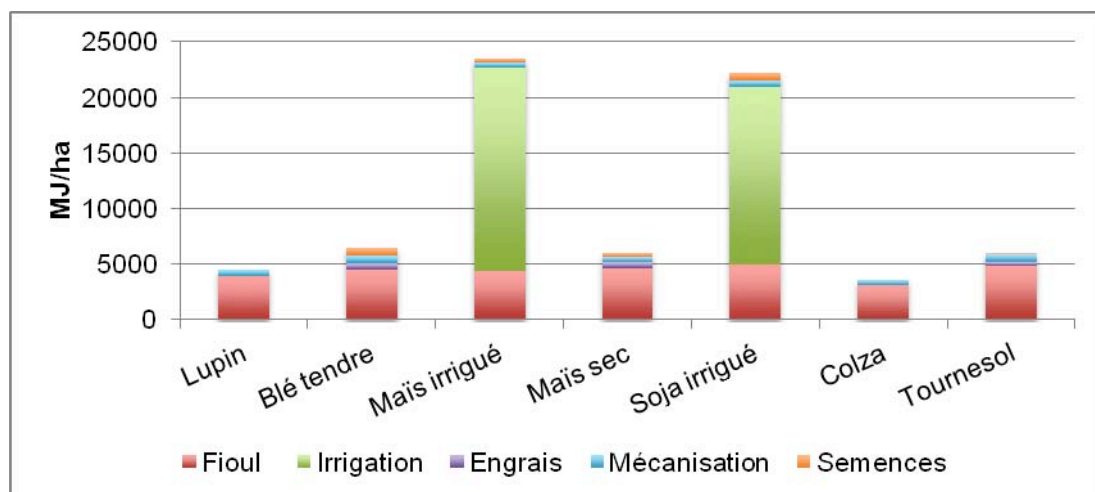


Figure 14 : Répartition des consommations énergétiques par culture et par poste (hypothèse 2)

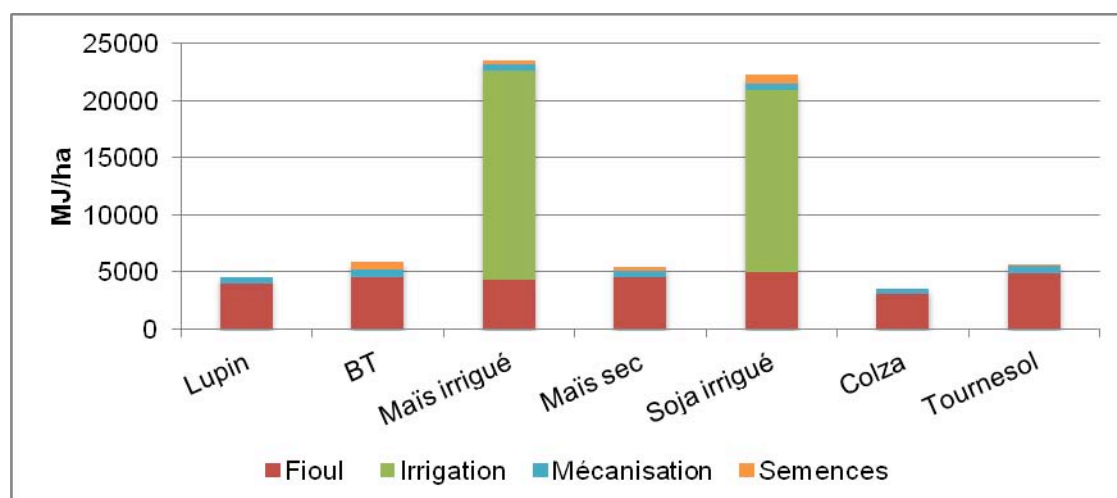


Figure 15 : Répartition des consommations énergétiques par culture et par poste (hypothèse 3)

D'après les figures 19 et 20 :

L'analyse par culture confirme que l'irrigation pèse lourdement sur le bilan énergétique. Hormis l'irrigation, les cultures ont des consommations énergétiques à l'hectare assez proches (autour de 5000 MJ/ha). La culture de colza est en dessous de cette moyenne. En effet, les interventions ont été peu nombreuses en raison du faible développement de la culture cette année là. Les cultures de maïs et de soja irriguées engendrent des consommations de plus de 22 500 MJ/ha.

Dans le cas de l'hypothèse 1, où les engrais organiques auraient le même coefficient énergétique que les engrais chimiques, le poste engrais pèse lourdement sur le bilan énergétique. Pour les cultures fertilisées (de 45 à 90 kg N/ha selon les cultures), 30 à 45 % des consommations énergétiques sont liées au poste engrais (jusqu'à 5000 MJ/ha) (Figure 13). Les figures (Figure 14 et Figure 15) montrent que l'utilisation de coefficients énergétiques pour les engrais organiques (hypothèse 2) ne change pas le profil et les ordres de grandeur des émissions. Toutefois, le poste engrais varie de 5 % à 10 % (de 300 à 600 MJ/ha) pour les cultures fertilisées.

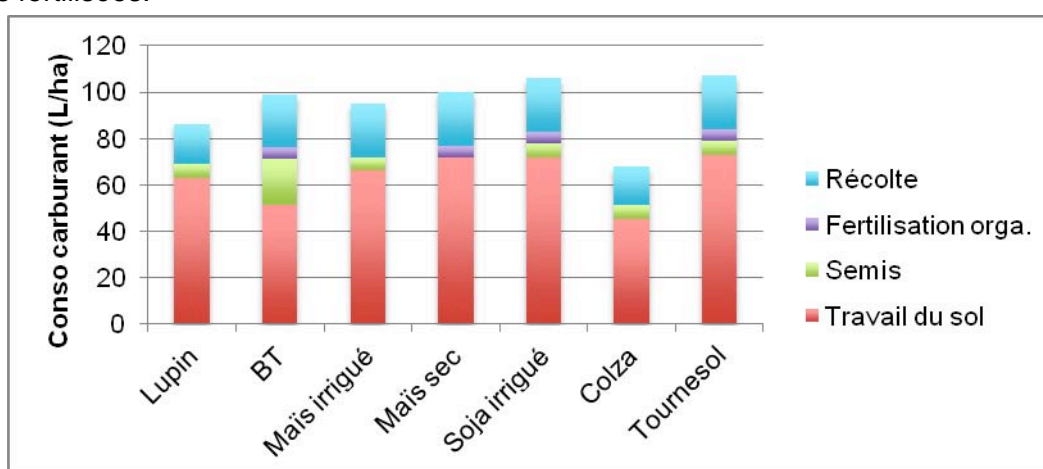


Figure 16 : Consommation de carburant selon les travaux agricoles

Le poste fioul est directement dépendant des consommations de carburants. L'analyse de la répartition des consommations de carburant montre clairement que les travaux de désherbage et de préparation du semis regroupés sous l'intitulé 'Travail du sol' sont les plus consommateurs en carburant. L'épandage d'engrais organiques arrive en dernière position derrière les activités de récolte et de semis (Figure 16).

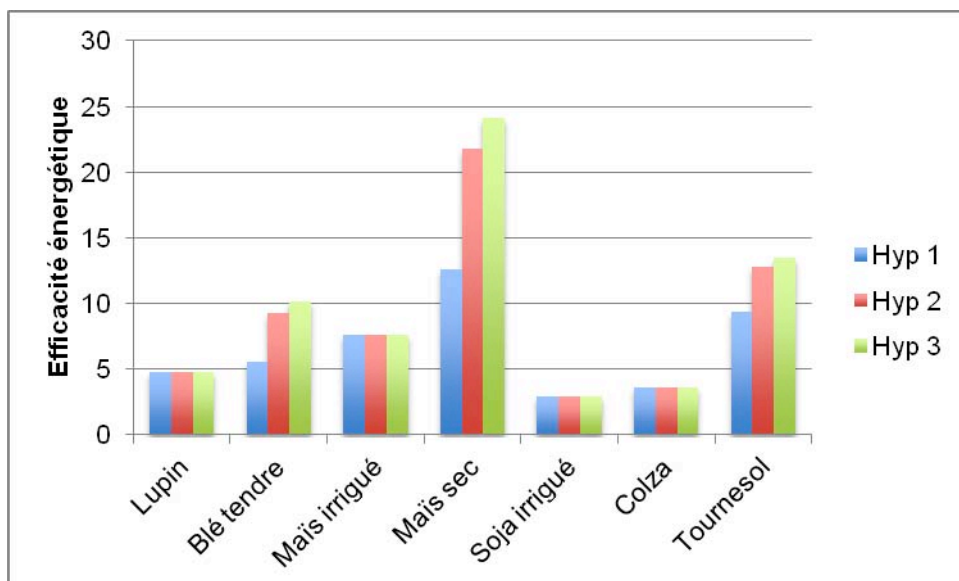


Figure 17 : Energie produite sur énergie consommée

L'efficacité énergétique est un indicateur intéressant puisqu'il traduit le rapport de l'énergie produite sur l'énergie consommée. Le maïs sec et le tournesol présentent les meilleures efficacités énergétiques, respectivement 22 et 13 pour l'hypothèse 2 (Figure 17). Les légumineuses à graines (lupin et soja) se situent en dessous de 5 et sont parmi les plus faibles efficacités énergétiques. Toutefois, les différences d'efficacité énergétique s'amoindrissent entre les céréales-oléagineux et les légumineuses à graines dans le cas des hypothèses 1 et 2. Dans le cas de l'hypothèse 1, le lupin et le blé tendre ont des efficacités énergétiques très proches.

D'une part, le rendement et l'irrigation sont deux facteurs de variation impactant fortement l'indicateur efficacité énergétique. Le rendement faible du lupin (12 q/ha) et l'irrigation du soja à 32 q/ha ont pour conséquence de faibles efficacités énergétiques.

D'autre part, **la comparaison des efficacités énergétiques du maïs et du soja est délicate puisque les bénéfices sur la rotation ne sont pas comptabilisés (effet précédent, reliquat azoté...).**

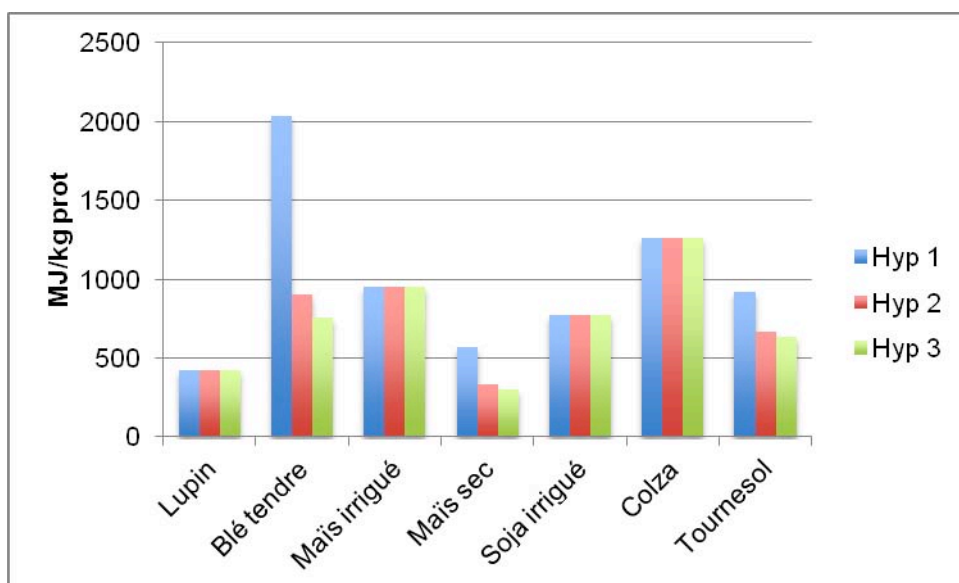


Figure 18 : Consommations énergétiques par culture et par kilo de protéines

Actuellement, l'autonomie en protéine est un enjeu majeur et l'analyse des consommations énergétiques par kilogramme de protéine se justifie. Lorsque l'on étudie les consommations énergétiques par kilogramme de protéine, le maïs sec et le lupin présentent de faibles consommations énergétiques (Figure 18). Le soja irrigué est pénalisé par les consommations d'énergie liées à l'irrigation.

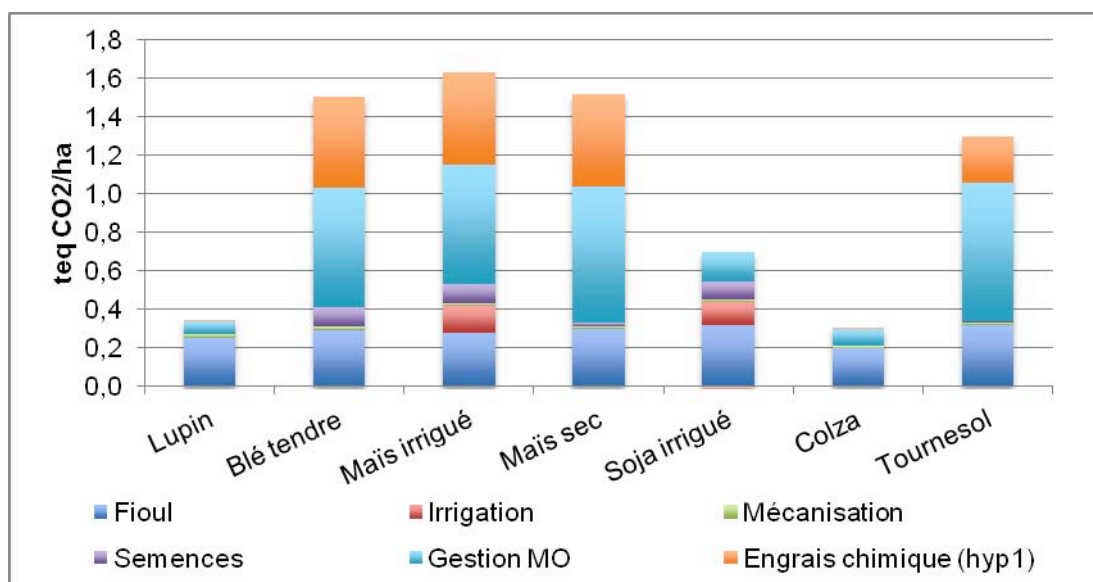


Figure 19 : Répartition des émissions GES par culture et par poste

La Figure 19 témoigne de fortes variations en termes d'émissions de GES selon les cultures développées de 0,3 teq CO₂/ha pour le lupin et le colza à plus de 1,5 teq CO₂/ha pour le blé tendre et le maïs irrigué et non irrigué.

La partie orange 'engrais chimiques' correspond à l'hypothèse 1 (cas où les émissions liées à la fabrication des engrais organiques seraient égales aux engrais chimiques). Dans le cas de l'hypothèse 1, les émissions liées à la fabrication et au transport des engrais sont en moyenne de 0,4 teq CO₂/ha pour les cultures fertilisées.

Les autres facteurs de variation sont de deux types : la gestion de la matière organique et l'irrigation. L'irrigation pèse de façon plus modérée sur le bilan GES que sur le bilan énergétique. Le **poste 'Gestion MO' est le poste dominant dans les bilans GES** pour toutes cultures hors légumineuses à graines et colza. Ceci s'explique par le fait que le blé, le maïs et le tournesol reçoivent des apports organiques. L'augmentation de la part d'azote disponible dans le sol suite à l'apport d'engrais organiques favorise les réactions de nitrification, dénitrification et ainsi les émissions de N₂O.

Conclusion

L'exemple de l'exploitation 7 n'est pas représentatif des exploitations enquêtées mais permet d'appréhender l'impact du choix des coefficients énergétiques et des facteurs d'émissions sur l'interprétation des résultats. La prise en compte des 3 hypothèses met en évidence le fort impact que peut avoir l'hypothèse 1 (engrais chimiques) sur les consommations énergétiques et par conséquent l'efficacité énergétique des cultures recevant un apport de fertilisants.

Toutefois, l'hypothèse 1 semble surestimer les consommations énergétiques et les émissions de GES réelles liées à la fabrication, au stockage et au transport des engrais organiques. A l'inverse, l'hypothèse 3 sous estime ces consommations puisqu'elles sont considérées comme nulles. La réalité s'approche probablement de l'hypothèse 2 ou à minima se situe entre les hypothèses 1 et 3.

→ **Afin de simplifier l'analyse, l'hypothèse 2 est retenue pour la suite de l'étude.** Toutefois, les résultats devront être analysés avec précaution puisqu'il y a une incertitude forte sur les coefficients énergétiques et les facteurs d'émissions des engrais organiques.

Pour l'hypothèse 2 :

		Maïs et soja irrigué	Lupin	Autres cultures
Energie	Consommations énergétiques	1- Irrigation 2- Fioul ≈ 22 000 MJ/ha	1 - Fioul 4 540 MJ/ha	1 - Fioul ≈ 5 500 MJ/ha
	Consommation de carburants	1- Travail du sol (désherbage + préparation du semis) 2- Récolte 3- Semis 4- Epandage d'engrais		
	Efficacité énergétique	1- Maïs sec : 22 2- Tournesol, blé tendre, maïs irrigué : 7 à 12 3- Lupin et soja < 5		
	MJ/kg prot	1- Maïs 2 – Lupin 3- Tournesol 4 – Soja irrigué		
GES		Emissions très variables selon les cultures. Facteurs de variations : 1- Gestion MO 2- Irrigation 3- Fioul		

Concernant l'énergie, le fioul est (comme pour le paragraphe précédent sur les protéagineux) le poste dominant sauf lorsque les cultures sont irriguées. Les consommations énergétiques ne sont pas du même ordre de grandeur dès que l'irrigation intervient (en moyenne 22 000 MJ/ha pour les cultures irriguées et 5500 MJ/ha pour les autres cultures). Les consommations énergétiques du lupin sont inférieures aux autres cultures (4540 contre 5550 MJ/ha). Les deux facteurs de variation principaux sont dans ce cas les postes 'fioul' et 'semences'.

Quelle que soit la culture, le travail du sol (désherbage et préparation du semis) est le poste dominant pour les consommations de carburants.

4.3.2 Consommations énergétiques liées aux légumineuses à graines

On distingue les énergies directes et indirectes. Les consommations de fioul et l'énergie nécessaire à l'irrigation sont des énergies directes (énergies fossiles directement utilisées par le système de production). Les consommations d'énergie indirectes incluent l'achat d'engrais organique, la mécanisation, l'achat de semences et comptabilisent des énergies fossiles mobilisées en amont pour produire et mettre à disposition ce qui est acheté par l'exploitation.

Le tableau 4 et Tableau 5 présentent les consommations énergétiques des différentes espèces de légumineuses par poste de consommation, respectivement par hectare et par tonne de matière sèche (MS). **Les consommations énergétiques du soja irrigué par hectare sont 5 à 6 fois supérieures à celle de la féverole, du pois, du lupin ou du soja en sec.** Ramené à la tonne de MS, les consommations énergétiques du soja irrigué sont 2 fois supérieures¹⁶.

Tableau 4 : Consommations énergétiques des légumineuses à graines par hectare

Energie (MJ/ha)	Féverole, pois, lupin	Soja en sec	Soja en irrigué
Nb de cultures sur les 9 exploitations enquêtées	10	4	3
Fioul	2914	3819	4598
Irrigation	0	0	14478
Engrais	0	0	0
Mécanisation	475	637	769
Semences	226	369	425
Total	3616	4825	20269

Tableau 5 Consommations énergétiques des légumineuses à graine par tonne de MS

Energie (MJ/tMS)	Féverole, pois, lupin	Soja en sec	Soja en irrigué
Fioul	3133	2914	1675
Irrigation	0	0	5070
Engrais	0	0	0
Mécanisation	467	536	2081
Semences	140	316	167
Total	3740	3767	7193

¹⁶ Rendement moyen du soja irrigué : 33 qx/ha / rendement moyen du soja non irrigué : 16,8 qx/ha

4.3.2.1 Pour les protéagineux : pois, féverole, lupin

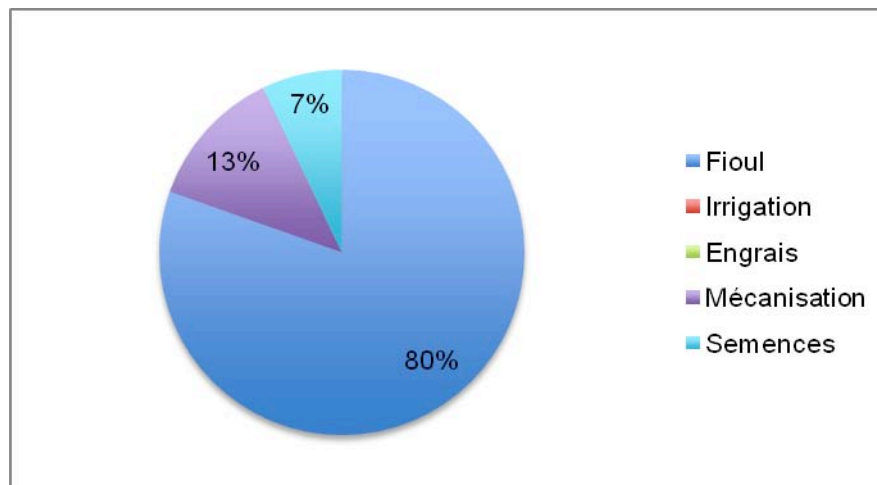


Figure 20 : Répartition des consommations énergétiques (MJ/ha) pour les protéagineux pois, féverole, lupin

Le poste consommation de fioul est le poste prépondérant, il varie de 63 à 86 % selon les exploitations et représente en moyenne 80 % des consommations énergétiques étudiées, soit 2914 MJ/ha. Le poste « achat de semence » peut représenter jusqu'à 23 % (en moyenne de 7 % soit 226 MJ/ha). Le poste mécanisation est assez stable quelque soit les exploitations ou les cultures et représente environ 13 % des consommations énergétiques. Les postes engrais et irrigation sont nuls car aucun engrais organique n'est utilisé sur les cultures en protéagineux non irriguées (Figure 20).

4.3.2.2 Pour le soja en sec et irrigué

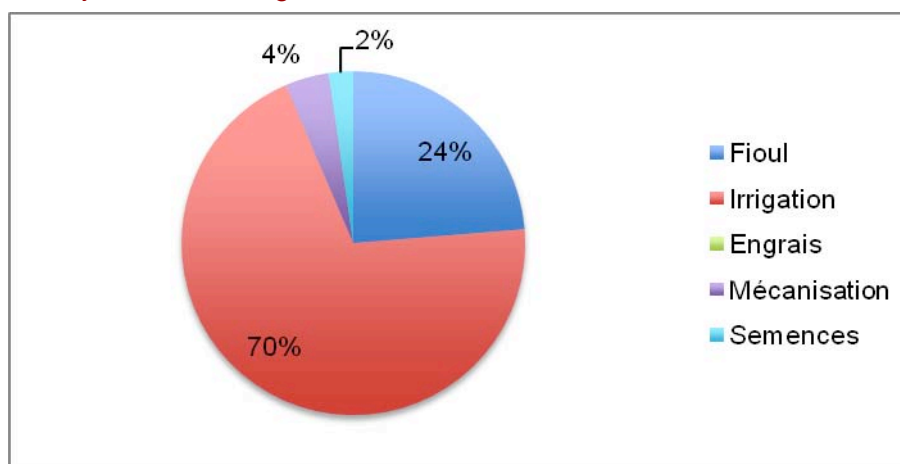


Figure 21 : Répartition des consommations énergétiques (MJ/ha) pour le soja irrigué

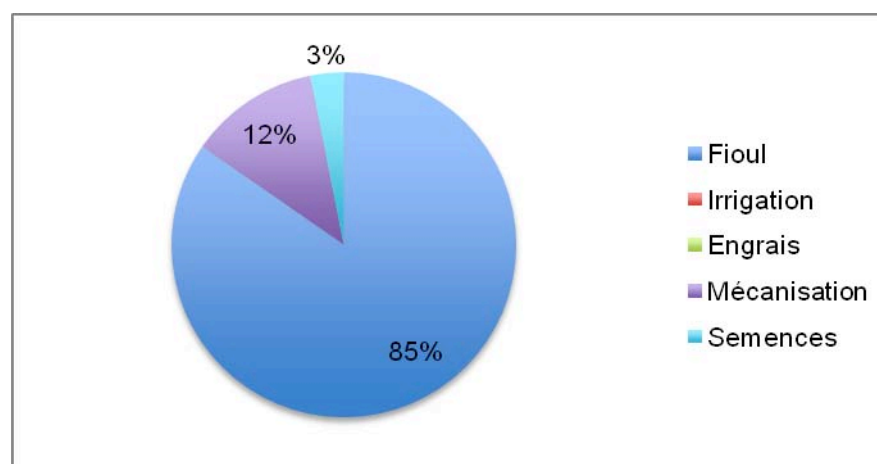


Figure 22 : Répartition des consommations énergétiques (MJ/ha) pour le soja en sec

La répartition des consommations énergétiques est très différente si la culture du soja est irriguée. Pour les 3 exploitations irriguant le soja, 70 % des consommations énergétiques sont imputés à l'irrigation (soit 14 478 MJ/ha). Le poste fioul ne représente que 24 % (Figure 21). Pour les 4 exploitations cultivant du soja en sec, 85 % des consommations énergétiques sont attribués à l'utilisation de fioul, 12 % à la mécanisation et 3 % à l'achat de semences (Figure 22).

L'irrigation impacte très fortement le bilan énergétique. On peut d'ores et déjà supposer que l'irrigation aura des conséquences sur l'efficacité énergétique de la culture irriguée.

4.3.3 Analyse des émissions de GES liées aux légumineuses à graines

Les Tableau 6 et Tableau 8 présentent les émissions de GES pour différentes légumineuses à graines par poste d'émission, respectivement en tonnes équivalent CO₂ par hectare et par tonne de MS.

Tableau 6 : Emissions GES des légumineuses à graine par hectare

GES (t eqCO ₂ /ha)	Féverole, pois, lupin	Soja en sec	Soja en irrigué
Fioul	0,19	0,25	0,30
Irrigation	0,00	0,00	0,11
Mécanisation	0,01	0,02	0,02
Semences	0,02	0,02	0,05
Gestion MO	0,07	0,20	0,16
Total	0,29	0,49	0,63

Tableau 7 Emissions GES des légumineuses à graines par tonne de MS

GES (t eqCO2/tMS)	Féverole, pois, lupin	Soja en sec	Soja en irrigué
Fioul	0,23	0,39	0,11
Irrigation	0	0	0,04
Mécanisation	0,01	0,01	0,01
Semences	0,04	0,02	0,02
Gestion MO	0,08	0,23	0,06
Total	0,37	0,66	0,23

4.3.3.1 Pour les protéagineux : pois, féverole, lupin

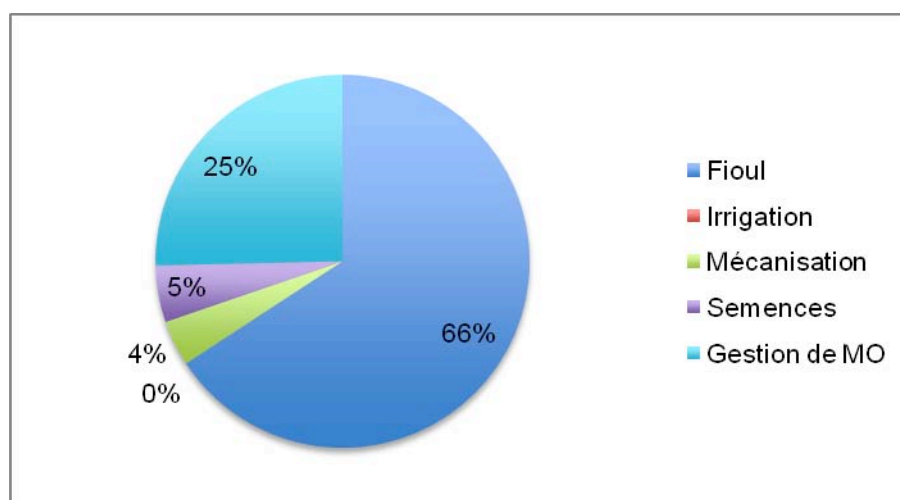


Figure 23 : Répartition des émissions de GES (teq CO₂/ha) pour les protéagineux pois, féverole, lupin

Au travers des émissions de CO₂ qu'il dégage, le fioul est le poste dominant du bilan GES des protéagineux (féverole, pois, lupin) (0,19 teq CO₂/ha) (Figure 23). Le protoxyde d'azote (N₂O) est produit naturellement dans le sol. C'est un produit intermédiaire des réactions de nitrification ou de dénitrification. L'apport externe d'azote (par les engrais, les effluents organiques, l'enfouissement des cultures intercalaires et des résidus de cultures) peut conduire à l'enrichissement du sol en azote et à l'augmentation des phénomènes de nitrification, dénitrification. Etant donnée qu'aucun apport organique n'a été réalisé sur les légumineuses à graines, les émissions 'Gestion de MO' peuvent être entièrement attribuées à la minéralisation des résidus de culture (0,07 teq CO₂/ha).

4.3.3.2 Pour le soja en sec et en irrigué

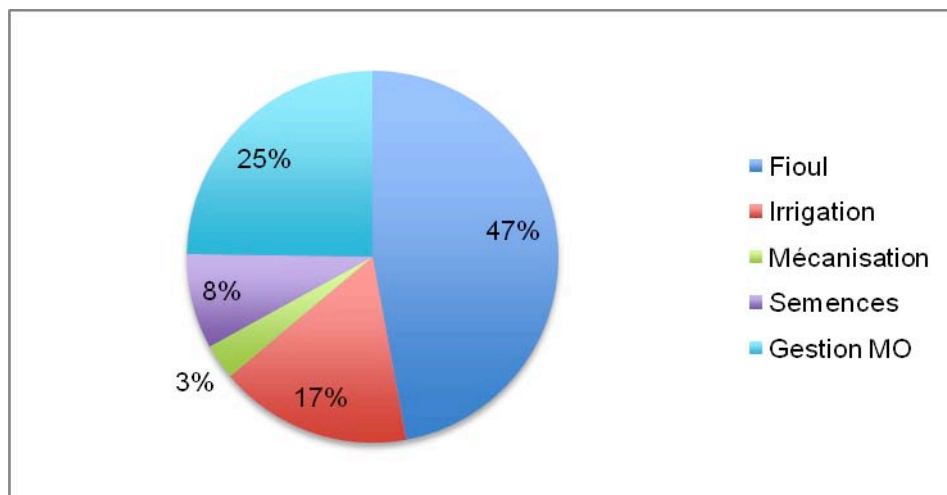


Figure 24 : Répartition des émissions de GES (teq CO₂/ha) pour le soja irrigué

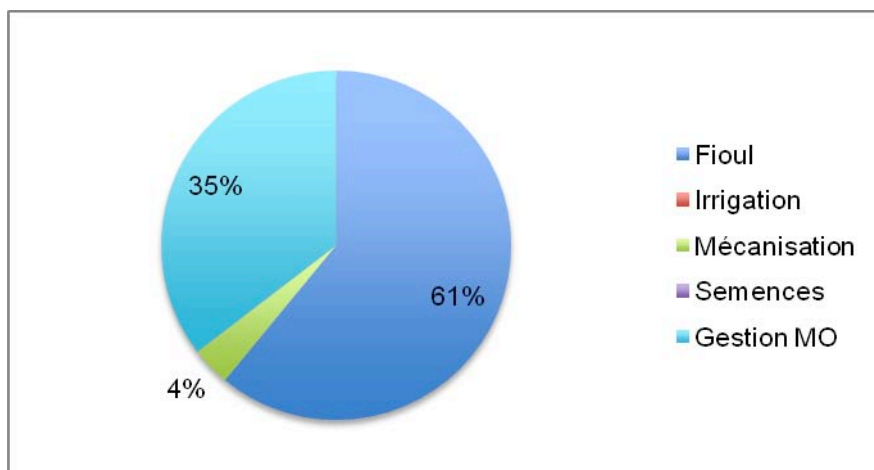


Figure 25 Répartition des émissions de GES (teq CO₂/ha) pour le soja en sec

L'irrigation impacte d'une façon plus modérée le profil GES que celui des consommations énergétiques. En effet, même en soja irrigué, le poste fioul reste largement dominant et représente 47 % (0,3 teq CO₂/ha) des émissions de GES contre 17 % (0,11 teq CO₂/ha) pour l'irrigation. Les postes « achat de semences » et mécanisation sont dans les même ordre de grandeur que pour les autres légumineuses (Figure 24 et Figure 25). Pour le soja en sec, le poste fioul est logiquement dominant (61 %, soit 0,25 teqCO₂/ha) mais les émissions de N₂O atteignent en tonnes de CO₂ équivalent par hectare, 35 % des émissions de GES (soit 0,2 teq CO₂/ha).

Conclusion

Postes dominants	Protéagineux (Pois, féverole, lupin)	Soja	
		Non irrigué	Irrigué
Energie	1- Fioul (80 %)	1 – Fioul (85 %)	1 - Irrigation (70%) 2 - Fioul (24 %)
GES	1- Fioul (66 %) 2- Gestion MO (25 %)	1 - Fioul (61 %) 2 – Gestion MO (35 %)	1 - Fioul (47 %) 2 -Gestion MO (25%) 3 - Irrigation (17 %)

Concernant l'énergie, le poste fioul est largement dominant (80 % des consommations d'énergie) sauf lorsque les cultures sont irriguées. L'irrigation peut représenter 70 % des consommations d'énergie. Les consommations énergétiques du soja irrigué sont 5 à 6 fois supérieures à la féverole, au pois, au lupin ou au soja en sec (20 269 MJ/ha pour le soja irrigué contre 4 885 MJ/ha pour le soja sec et 3 616 MJ/ha pour le pois, féverole et lupin).

Concernant les émissions GES, le fioul est le poste majeur que ce soit en culture irriguée ou non irriguée. Les émissions des sols par la minéralisation des résidus de culture (poste 'Gestion MO') représentent environ ¼ des émissions GES. L'irrigation est le troisième poste d'émissions pour le soja en irrigué (17 % des émissions GES).

Le maïs sec présente la plus forte efficacité énergétique (22). L'irrigation impacte fortement cet indicateur puisque l'efficacité énergétique du maïs irrigué est seulement de 8.

Le lupin et le soja irrigué ont les plus faibles efficacités énergétiques pour deux raisons, le lupin (12 qx/ha) pour son faible rendement et le soja pour l'utilisation de l'irrigation (1400 m³/ha). Il est important de nuancer ces résultats puisque l'efficacité énergétique est très dépendante du choix des coefficients énergétiques. Dans le cas de l'hypothèse 1, le maïs irrigué, le blé tendre et le lupin ont des efficacités énergétiques très proches (≈ 5).

Lorsque l'on ramène l'énergie consommée par culture au kilogramme de protéine, le lupin et le maïs présente les consommations énergétiques les plus faibles avec moins de 450 MJ/kg protéine contre 750 MJ/ kg protéine pour le soja irrigué, 950 MJ/kg protéine pour les maïs irrigué et le blé tendre.

Les émissions de GES sont très variables d'une culture à l'autre. Les principaux facteurs sont l'épandage des engrais, l'irrigation et le fioul. **Les cultures ne recevant pas d'apports organiques ont les plus faibles émissions de GES (lupin et colza). D'une façon générale, les légumineuses sont parmi les moins émettrices en GES.**

4.3.4 Par culture

Afin de comparer les consommations énergétiques et les émissions de GES des différentes cultures rencontrées dans les 9 exploitations, une étude différenciant les protéagineux, le soja, le maïs grain, les céréales et les oléagineux en sec ou en irrigué est proposée.

Le Tableau 8 indique le nombre de cultures recensées dans les 9 exploitations enquêtées par catégorie.

Tableau 8 : Nombre de cultures par catégorie

Fév, pois, lupin	Soja sec	Soja irrigué	Maïs gr sec	Maïs gr irrigué	Céréales sec	Céréales irriguées	Oléagineux
10	4	3	1	4	14	1	8

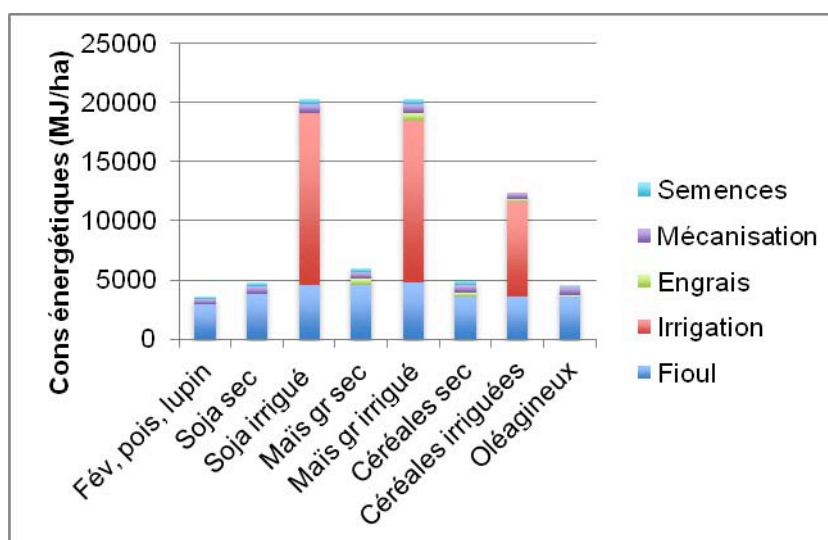


Figure 26 : Consommations énergétiques par culture et par poste

Les consommations énergétiques des cultures irriguées, soja, maïs et une parcelle en blé tendre (catégorie céréales irriguées) sont 3 à 5 fois supérieures aux cultures en sec.

Ce graphique confirme globalement les résultats de l'exploitation 7. **Les protéagineux (pois, féverole, lupin) ont les plus basses consommations énergétiques (3616 MJ/ha)**. Les oléagineux, le soja, les céréales sont à des niveaux de consommations supérieurs (respectivement 4506MJ/ha, 4825 MJ/ha, 4946 MJ/ha). La différence tient aux consommations de fioul plus faibles et à l'absence d'utilisation d'engrais organiques (aucune consommation énergétique allouée aux engrais). La culture de maïs grain se détache des autres cultures par des consommations de fioul et d'engrais plus élevées (5954 MJ/ha).

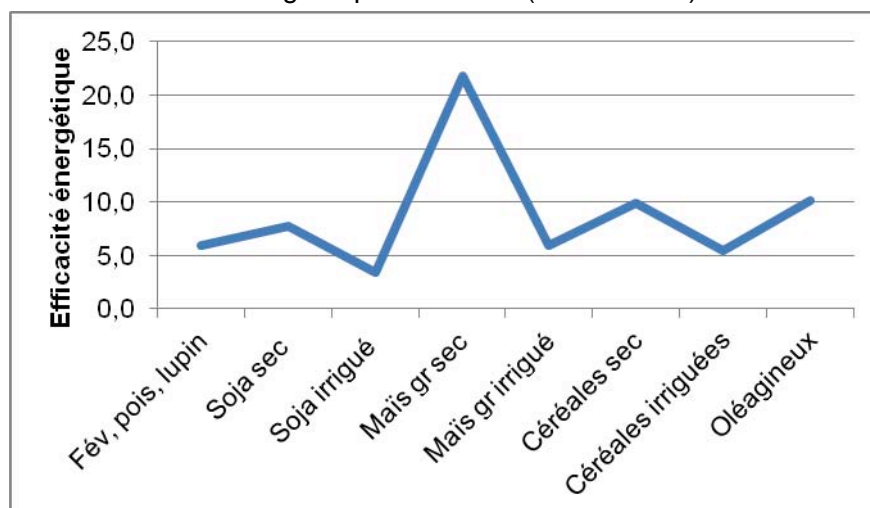


Figure 27 : Efficacité énergétique par culture

Le profil des efficacités est très différent de celui des consommations énergétiques. Les protéagineux ont une efficacité énergétique comparable à celles du soja, du maïs et des céréales irriguées (de 3,4 à 6). Toutefois, ces résultats sont à prendre avec précaution puisque l'énergie nécessaire au séchage du maïs est exclue du périmètre de l'étude mais impacterait fortement l'efficacité du maïs grain en sec.

D'une part, les cultures irriguées sont pénalisées par les énormes consommations énergétiques liées à l'irrigation. D'autre part, **malgré le très faible niveau de consommation énergétique des protéagineux, les rendements ne sont pas suffisants pour maintenir une performance élevée en terme d'efficacité énergétique**. Les céréales et les oléagineux sont sur des niveaux d'efficacité 2 fois plus élevés. L'efficacité énergétique (> 20) de la parcelle en maïs grain sec se détache clairement¹⁷.

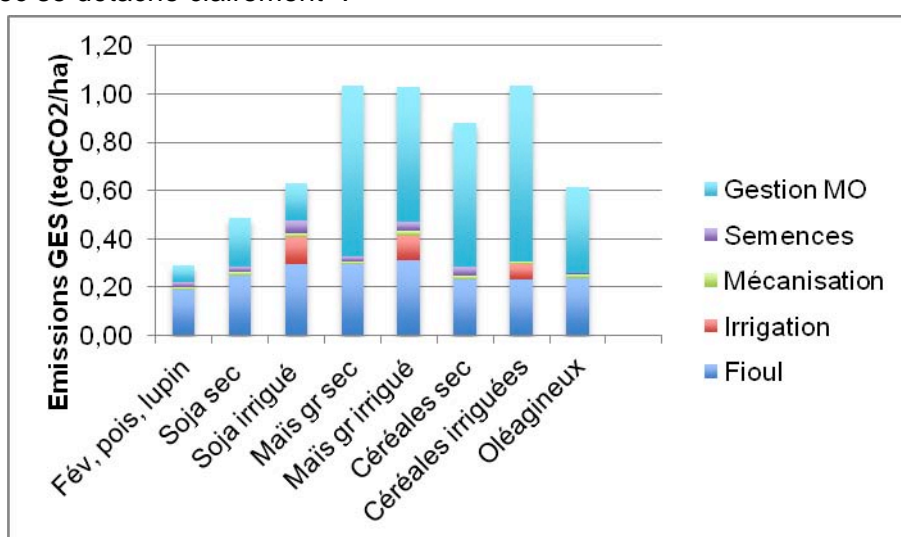


Figure 28 : Emissions GES par culture et par poste

¹⁷ Exploitation 7 : rendement du maïs grain : 80 q/ha

Les protéagineux et le soja en sec sont très peu émetteurs de GES par hectare respectivement 0,3 et 0,5 contre 0,6 pour les oléagineux et le soja irrigué et 0,9 pour les céréales en sec. Les cultures irriguées et le maïs émettent plus de 1 teqCO₂/ha.

Conclusion

A l'échelle de la culture, on distingue clairement le fait que les légumineuses sont sur des niveaux de consommations énergétiques faibles à l'hectare. Concernant l'efficacité énergétique, les protéagineux sont pénalisés par leur faible niveau de rendement. L'amélioration et la stabilisation des rendements auraient un impact très positif sur l'efficacité énergétique des légumineuses à graines.

L'absence d'utilisation d'engrais organique sur les légumineuses à graines est le principal facteur explicatif concernant leurs très faibles niveaux d'émissions de GES.

4.3.5 Analyse générale des 9 exploitations

Dans cette partie, l'étude porte sur les consommations énergétiques et les émissions de GES des 9 exploitations étudiées. Les résultats sont à mettre en relation avec le type de système développé et la rotation de chaque exploitation. Pour rappel, les exploitations sont caractérisées dans les tableaux (Tableau 2 et Tableau 3).

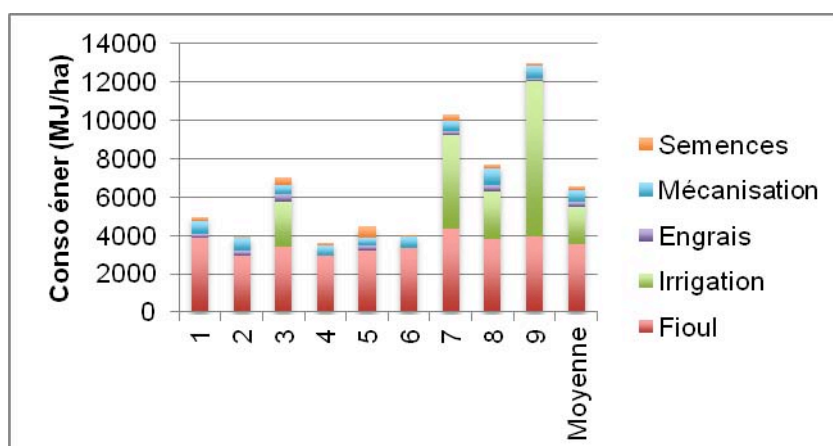


Figure 29 : Consommations énergétiques par hectare par exploitation enquêtée

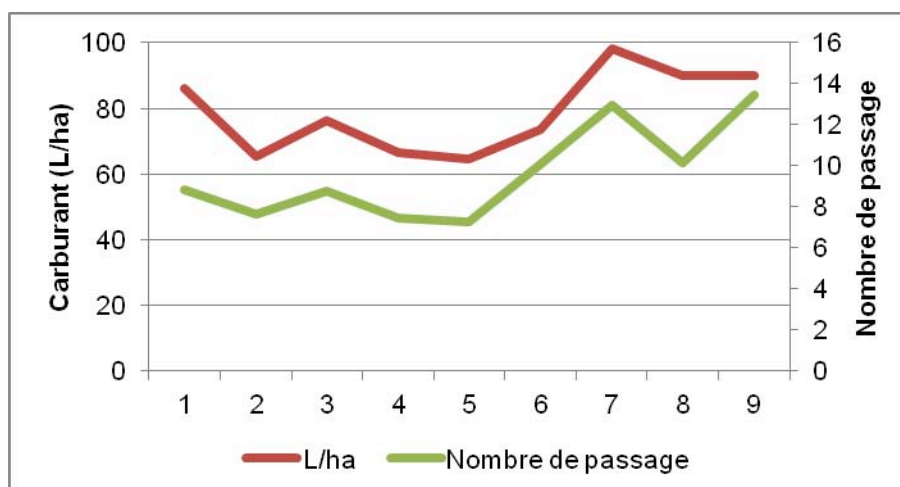


Figure 30 : Consommations de carburant et nombre de passage à l'hectare par exploitation enquêtée

La Figure 29 présente les consommations énergétiques moyenne à hectare de chaque exploitation enquêtée. Les exploitations 3, 7, 8 et 9 sont celles qui présentent les consommations énergétiques les plus élevées. On constate que toutes ces exploitations irriguent. **L'irrigation de 1 ou 2 cultures impacte fortement la consommation énergétique moyenne à l'hectare de l'exploitation. Les consommations énergétiques des cultures en sec sont en moyenne de 4 200 MJ/ha contre 19 200 MJ/ha pour les cultures irriguées.** La variabilité est assez faible au sein des exploitations non irrigantes. Toutefois, les consommations énergétiques liées à l'utilisation de carburant varient de 2930 à 4320 MJ/ha et peuvent être directement reliées aux nombres d'intervention, au type de travail du sol et à l'implantation de couverts végétaux. L'implantation de couverts végétaux durant l'hiver a un impact négatif sur le poste 'fioul'. Les exploitants 4 et 6 travaillant uniquement en non labour font partis des exploitations les moins consommatrices en fioul, respectivement 67 et 74 L/ha (Figure 30). Le nombre de passage inclut le nombre de tours d'eau d'irrigation.

Le poste mécanisation est quasiment identique pour chacune des exploitations. Le poste semence est en moyenne de 230 MJ/ha.

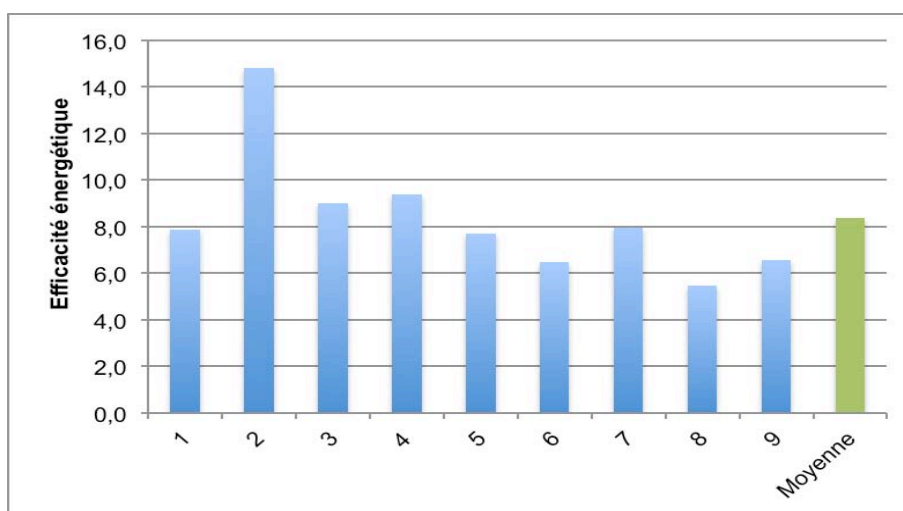


Figure 31 : Efficacité énergétique à l'hectare des exploitations enquêtées

L'efficacité énergétique à l'hectare des exploitations, toutes cultures confondues, varie de 6 à 15 (Figure 31). La moyenne est de 8,4. Les faibles rendements dégradent l'efficacité énergétique moyenne des cultures. Les meilleures efficacités énergétiques sont atteintes par des exploitations aux profils variés : ayant peu de légumineuses dans l'assolement et fonctionnant à bas niveaux d'intrants (azote, fioul, irrigation) ou ayant du soja en sec dans l'assolement et maintenant de bon niveaux de rendements sur les autres cultures.

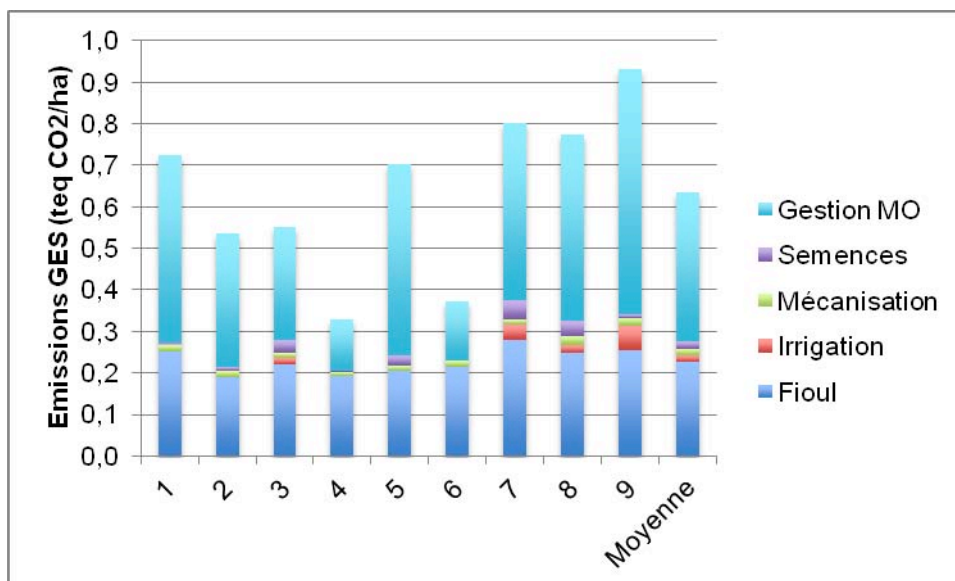


Figure 32 : Emissions de GES des exploitations enquêtées

Les émissions de GES à l'hectare vont de 0,33 à 0,93 teq CO₂/ha (en moyenne 0,6 teq CO₂/ha) (Figure 32).

Selon les exploitations, on constate que le poste 'gestion de la MO' représente une part très variable des émissions de GES. Ces variations sont fonction des quantités d'azote organique apportées sur les parcelles et de la gestion des résidus de culture. L'agriculteur 4 n'épand aucun apport organique extérieur et se caractérise par un faible niveau d'émission (0,33 teq CO₂/ha). L'émission de plus de 0,9 teq CO₂/ha par l'exploitation 9 peut être majoritairement imputée à l'apport 100 kg N/ha sur blé, maïs, orge et seigle.

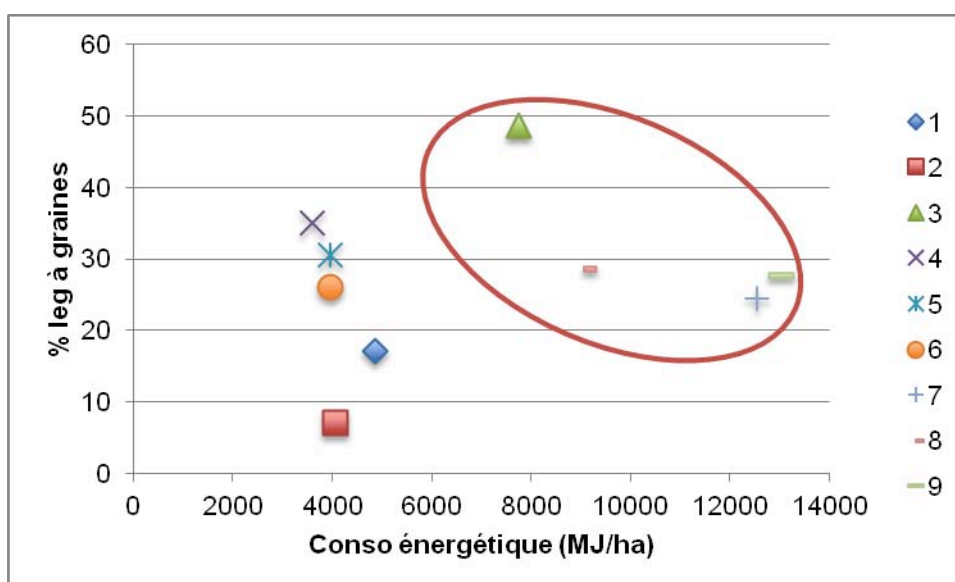


Figure 33 : Lien entre les consommations énergétiques et la part de légumineuses à graines dans l'assolement

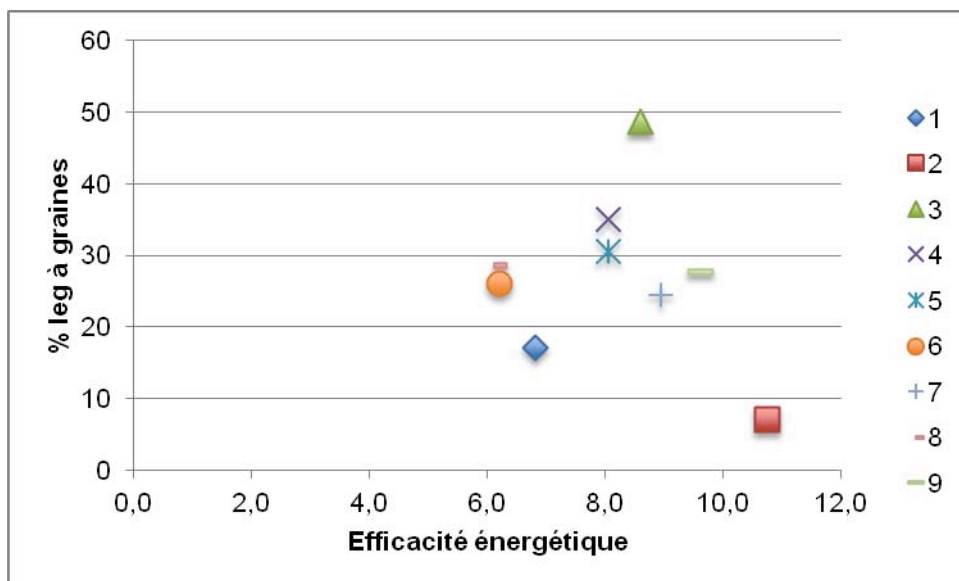


Figure 34 : Lien entre l'efficacité énergétique et la part des légumineuses à graines dans l'assolement

D'après la Figure 33, il n'y a pas de lien direct entre les consommations énergétiques à l'hectare et la part de légumineuses à graines dans l'assolement. Les exploitations utilisant un système d'irrigation se distinguent clairement par leurs consommations énergétiques élevées (en rouge). Parmi les 5 exploitations en sec, on constate une faible variation des consommations énergétiques (entre 4000 et 5000 MJ/ha) quelque soit la part des légumineuses à graines. L'analyse des efficacités énergétiques, à l'échelle de l'exploitation, ne permet pas d'établir de corrélation avec la part de légumineuses à graines dans l'assolement (Figure 34).

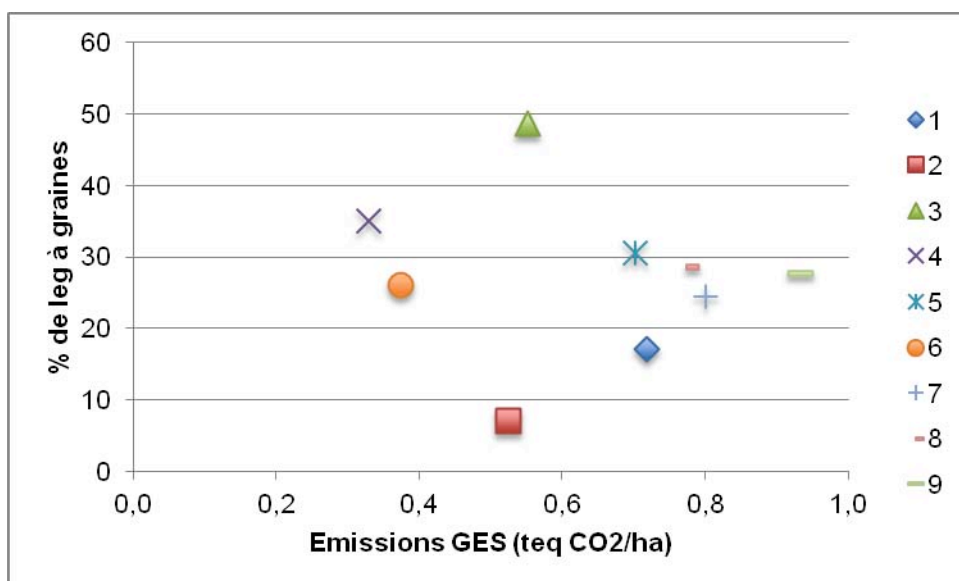


Figure 35 : Lien entre les émissions de GES et la part des légumineuses à graines dans l'assolement

Basé sur l'échantillon enquête, il n'existe pas de corrélation entre les émissions de GES et la part des légumineuses à graines dans l'assolement (Figure 35).

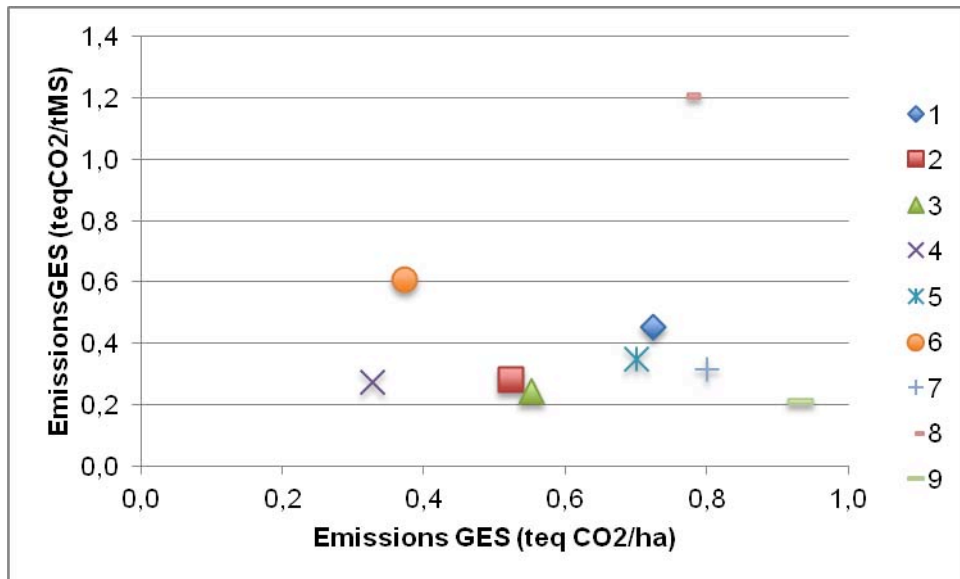


Figure 36 Lien entre les émissions de GES par hectare et par tonne de MS

Il ne ressort pas de lien évident entre les émissions de GES par hectare et par tonne de MS.

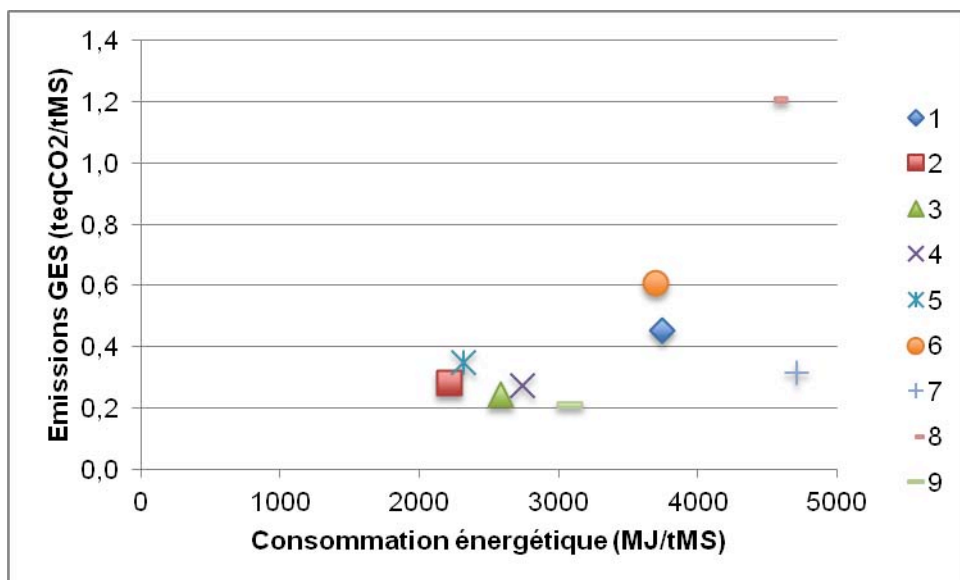


Figure 37 Lien entre les émissions de GES et les consommations énergétiques (coefficient de corrélation = 0,36)

Pour les exploitations enquêtées, on constate qu'un lien existe entre les émissions de GES (teq CO₂/tMS) et les consommations énergétiques (MJ/tMS).

Conclusion**Fermes Solagro (outil Energie-GES)**

MJ/ha	MJ/tMS	teqCO ₂ /ha	teqCO ₂ /tMS	Efficacité énergétique
6554	3295	0,63	0,44	8,2

En moyenne, les exploitations enquêtées consomment **6 554 MJ/ha** et **3295 MJ/tMS** et ont une efficacité énergétique de 8,2. Entre les exploitations non irriguantes, le différentiel est assez faible (4000 à 5000 MJ/ha). Les exploitations les plus performantes en matière d'efficacité énergétique sont des exploitations à bon niveaux de rendement et fonctionnant à faible niveau d'intrants (sans irrigation, non labour,...).

Aucune corrélation n'a pu être établie entre consommations énergétiques et la part des légumineuses dans la SAU. Concernant la performance énergétique des fermes, la technicité de l'agriculteur et l'intensité des pratiques agricoles (en termes d'itinéraires techniques et d'intrants, irrigation) semblent être des facteurs explicatifs plus importants que la présence de légumineuses à graines dans la rotation.

Les exploitations enquêtées émettent en moyenne 0,63 **teqCO₂/ha**. Aucun lien n'a pu être établi entre les émissions de GES et la part des légumineuses dans la SAU. A l'échelle de la culture, les légumineuses à graines apparaissent clairement comme les moins émettrices de GES mais ce constat n'est pas confirmé lors des analyses « exploitation ». Il serait intéressant d'élargir l'échantillon afin de confirmer cette tendance.

- Comparaison aux exploitations COP bio de Dialecte ayant des protéagineux dans l'assolement

Dialecte : exploitations COP bio ayant des protéagineux dans l'assolement	
MJ/ha	Efficacité énergétique
9390,4	7,8

Les 63 exploitations de Dialecte en COP bio semblent consommées plus d'énergie à l'hectare que les fermes enquêtées dans le cadre de cette étude (6554 à 9390 MJ/ha) mais les postes de consommations sont sensiblement différents dans Dialecte et dans l'outil « Energie-GES ». L'efficacité énergétique est légèrement supérieure dans les fermes enquêtées.

- Comparaison aux exploitations des références PLANETE 2010

	Mode de production	Nombre d'exploit.	MJ/ha	MJ/tMS	teq CO₂/ha	teq CO₂/tMS
Exploitations céréalières sans irrigation	Conv.	155	14 469	3 117	2,03	0,438
Exploitations céréalières avec irrigation	Conv.	116	19 833	3 950	2,34	0,466
Exploitations céréalières avec et sans irrigation	AB	11	9327	3499	0,89	0,33

Les exploitations céréalières strictes en AB des références PLANETE 2010 sont au nombre de 11. Les exploitations avec et sans irrigation n'ont pas fait l'objet d'une analyse particulière. Les consommations énergétiques par hectare des exploitations en AB des références PLANETE 2010 sont supérieures à celles des exploitations enquêtées (6554 MJ/ha contre 9327 MJ/ha). Ceci peut s'expliquer par le fait que deux postes intégrés dans PLANETE n'ont pas été pris en compte dans cette étude (autres produits pétroliers (essence, gasoil) et bâtiments). Ramené à la tonne de MS, les valeurs énergétiques de ces 2 échantillons sont proches.

Même constat pour la comparaison des émissions de GES par hectare (0,89 teqCO₂/ha pour les exploitations références PLANETE2010 contre 0,63 teqCO₂/ha). Par contre les émissions de GES par tonne de MS sont légèrement supérieures pour les exploitations biologiques enquêtées dans l'étude (0,44 teqCO₂/tMS contre 0,33 teqCO₂/tMS).

Ces comparaisons montrent que **les résultats** obtenus à partir des 9 exploitations enquêtées **sont du même ordre de grandeur que les références Dialecte et PLANETE 2010**, malgré quelques différences de méthodologie.

4.4 Comparaison aux cas type d'Arvalis¹⁸

Les 9 cas-type d'Arvalis ont été enregistrés dans le logiciel Dialecte sous 5 exploitations puisque 4 cas types font l'objet deux rotations différentes sur une même exploitation dans l'étude d'Arvalis. Les 5 exploitations se situent en Poitou-Charentes, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes, Pays de la Loire et Bretagne.

Toutes les exploitations sont en polyculture sauf une mais l'analyse s'est focalisée uniquement sur la partie cultures. La SAU moyenne est de 99,8 ha de SAU (légèrement inférieur à la moyenne des 9 exploitations enquêtées (122 ha de SAU)). Les surfaces des cas type oscillent entre 90 à 112 ha.

Toutes les données nécessaires à la réalisation d'un diagnostic complet n'ont pas pu être renseignées (ANNEXE 4¹⁹).

La diversité des productions végétales est en moyenne de 5 et témoigne de systèmes diversifiés. La part des légumineuses (pures, mélange et fourragères) est de 36,4 %. 4 cas types intègrent de la luzerne dans la rotation. La couverture des sols en hiver est de 82 %. Dans la majorité des rotations, des couverts sont implantés pendant la période hivernale. Les cas type Arvalis sont décrits de façons détaillées dans le rapport « Produire des légumineuses à graines biologiques pour l'alimentation animale » (Bouvala, 2012).

4.4.1.1 Pression azotée totale

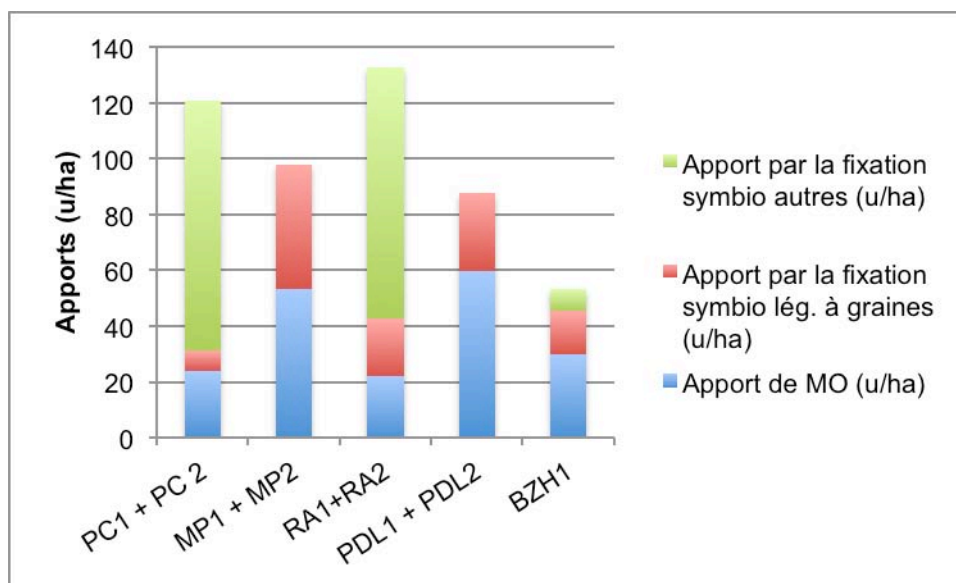


Figure 38 : Pression azotée totale et sources d'apports de N²⁰

Pour 3 exploitations sur 5, les apports d'azote par la voie de la fixation symbiotique sont plus importants que les apports organiques (Figure 38). Pour les cas types Poitou-Charentes, les apports par la fixation symbiotique représentent près de 85 % des apports totaux. La luzerne est en tête de rotation pendant 3 ans sur ce cas type. Les apports moyens des cas-types sont

¹⁸ Les 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.

¹⁹ ANNEXE 4 : Saisie des données Arvalis dans Dialecte

²⁰ PC = Poitou-Charentes ; MP = Midi-Pyrénées ; RA = Rhône-Alpes ; PDL = Pays de la Loire ; BZH = Bretagne

de 60 kg N/ha par la fixation symbiotique et 38 kg N/ha par les apports organiques, contre 63 et 38 kg N/ha pour les 9 exploitations enquêtées dans cette étude. Ces moyennes masquent la diversité des situations puisque la fixation symbiotique par les prairies et luzernes peut représenter près de 90 kg N/ha et celle des légumineuses jusqu'à 50 kg N/ha.

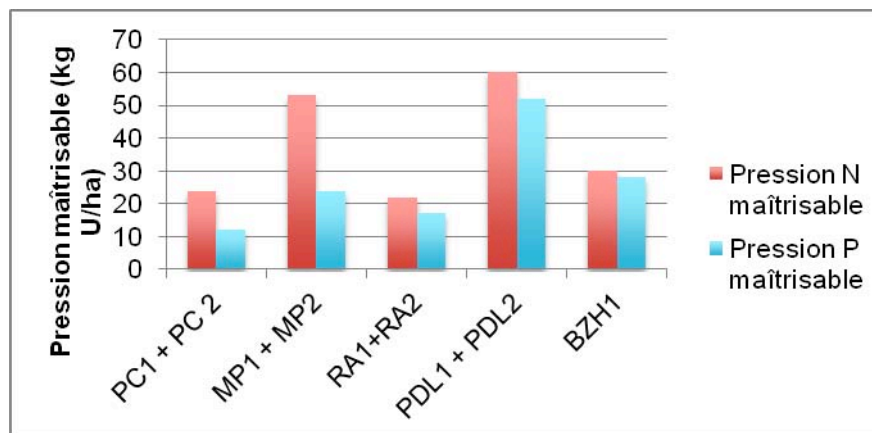


Figure 39 : Pressions N et P maîtrisables des cas type Arvalis

Les pressions maîtrisables d'azote et de phosphore n'excèdent pas 60 kg N/ha (Figure 39). Le risque de lessivage de nitrates est d'autant plus limité.

4.4.1.2 Solde CORPEN

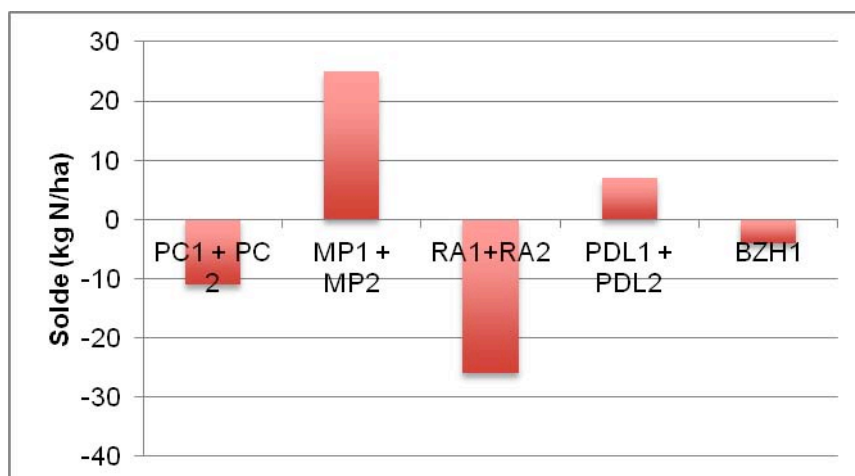


Figure 40 : Soldes CORPEN azoté des cas types Arvalis

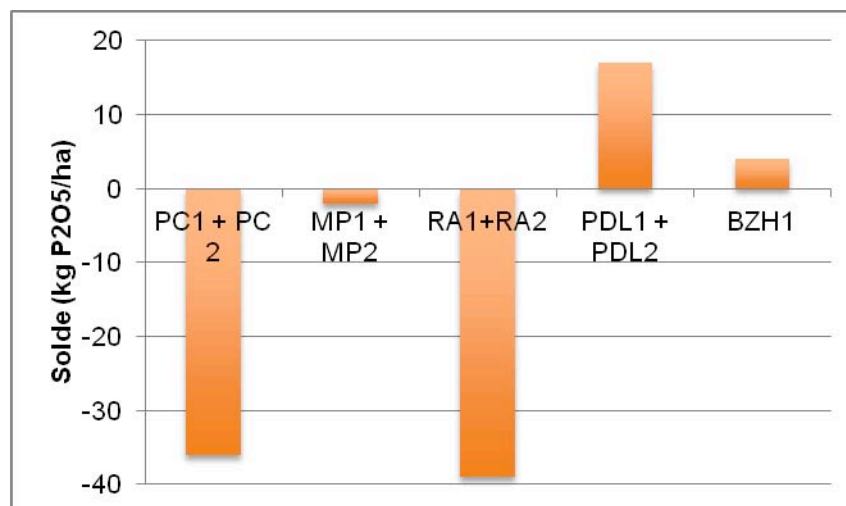


Figure 41 : Saldes CORPEN phosphatés des cas type Arvalis

Les résultats de l'analyse globale des cas type Arvalis se rapprochent des 9 exploitations diagnostiquées par Solagro pour l'azote. Les excédents en azote et phosphore sont assez faibles, inférieurs à 25 kg /ha de SAU (Figure 40 et Figure 41). D'après la méthode CORPEN, les soldes azotés oscillent de -25 à 25 kg N/ha de SAU. Ces résultats témoignent d'une gestion de la fertilisation satisfaisante. Les déficits en azote sont courant dans les systèmes en agriculture biologique et peuvent avoir pour conséquence une baisse des niveaux de rendements. La prise en compte des cultures intermédiaires permettrait d'affiner la précision de ces résultats.

Le déficit est plus marqué pour l'élément phosphore (proche de - 40 kg P₂O₅/ha pour Poitou-Charentes et Rhône-Alpes). Ceci s'explique par les fortes exportations de phosphore et de potasse par la luzerne. Toutefois, ces forts déficits ne traduisent pas toujours des carences car les sols peuvent héberger de fortes réserves en phosphore.

Les résultats de ces bilans sont cohérents avec ceux trouvés dans l'analyse des cas-types (Bouviola, 2012, p 25).

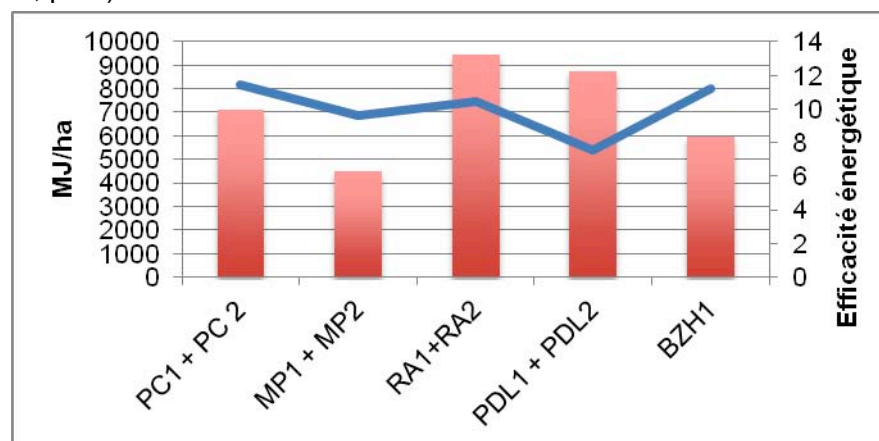


Figure 42 : Consommations énergétiques et efficacité énergétique des cas-types Arvalis (Dialecte)

A l'échelle de l'exploitation « cas-types », les consommations énergétiques varient de 4485 à 8757 MJ/ha²¹ (Figure 42). Le rapport est de 1 à 2 mais masque de grande diversité à la rotation, suivant si l'irrigation est utilisée (Bouviola, 2012).

Comparaison des 9 exploitations enquêtées et des cas-type Arvalis.

Les bilans azotés présentent de faibles excédents ou déficits. Les risques de lessivage des nitrates semblent, a priori limités, à l'échelle de l'exploitation. Toutefois, une analyse parcellaire permettrait d'affiner ces résultats.

D'après le rapport de Bouviola (2012), les consommations énergétiques des cas-types varient d'un facteur 1 à 7 suivant le type de rotation et l'irrigation (de 4 220 à 28 640 MJ/ha). Contrairement aux cas-types d'Arvalis, les consommations énergétiques des 9 exploitations varient d'un facteur 3. Les 5 exploitations non irriguantes consomment en moyenne 4 189 MJ/ha contre 4884 MJ/ha (moyenne non pondérée) pour les 7 rotations Arvalis non irriguées.

Les conclusions des deux études se rejoignent puisque le poste irrigation est dominant dans les rotations irriguées.

Les émissions de GES des cas-types varient de 0,30 à 0,96 teqCO₂/ha (Bouviola, 2012) et sont du même ordre de grandeur que les 9 exploitations enquêtées par Solagro (0,33 à 0,93 teqCO₂/ha). Le poste 'fertilisant' est dominant pour chacun des cas-types et des 9 exploitations enquêtées.

5 Analyse qualitative des 9 enquêtes de terrain

L'analyse qualitative a été menée au cours du même entretien que l'analyse quantitative de Dialecte sur 9 exploitations. Cette analyse qualitative a pour objectif de compléter et d'approfondir l'analyse chiffrée précédemment présentée. Les entretiens qualitatifs ont également permis de recueillir l'expérience et les savoir-faire des agriculteurs en matière de légumineuses à graines.

5.1.1 Généralités

Lors de leur conversion à l'agriculture biologique, les agriculteurs enquêtés ont introduit différents types de légumineuses dans leur rotation. Avant la conversion, beaucoup travaillaient sur des rotations courtes de type blé – tournesol ou en monoculture de blé ou de maïs.

Le passage à l'AB s'est accompagné d'une réflexion sur la rotation, aboutissant à une diversification de l'assolement et à l'introduction de légumineuses à graines ou fourragères. Les agriculteurs enquêtés ont entre 4 et 10 espèces en grandes-cultures. La diversité de l'échantillon enquêté couvre l'ensemble des légumineuses à graines concernées par l'étude (pois, féverole, lupin et soja).

5.1.2 Avantages et freins des cultures de légumineuses à graines

Les fortes variations de rendement sont souvent présentées comme un facteur limitant majeur pour les cultures de pois, féverole et lupin. La climatologie peut être fortement responsable de ces variations, particulièrement sur les fermes où l'irrigation n'est pas envisageable. Le printemps sec de 2011 (année de l'enquête) a eu pour conséquence des pertes de rendement importantes pour les cultures de printemps.

²¹ Ces consommations énergétiques ont été calculées uniquement à partir du logiciel Dialecte. L'outil complémentaire « Energie- GES » n'a pas été appliqué aux cas-types d'Arvalis.

Les modes de calcul sont différents entre Dialecte et Systerre (outil Arvalis).

A l'inverse, ces espèces sont également sensibles aux excès d'eau (formation de nodosité limitée dans des sols hydromorphes).

La féverole et le pois peuvent être implantés sur une gamme de sol variée. Le lupin est par contre très sensible aux sols calcaires.

Le salissement des parcelles suite à l'implantation de légumineuses à graines est également un point délicat à maîtriser. Les problèmes de salissement sont parfois résolus par l'implantation d'une luzerne pendant 2 à 3 ans.

L'intérêt principal des légumineuses tient à la limitation des apports azotés extérieurs. En effet, l'introduction des légumineuses à graines dans l'assolement permet de limiter les achats d'azote organique coûteux et parfois difficiles à obtenir. En effet, quelques agriculteurs relèvent des difficultés à s'approvisionner en engrais organiques ou en fumier.

5.1.3 Réflexion sur les rotations

Les agriculteurs enquêtés réfléchissent très différemment leur rotation. Le contexte pédoclimatique, la maîtrise technique, ainsi que l'environnement socio-économique orientent leurs décisions. L'organisation du temps de travail, la rentabilité économique des cultures, les contraintes techniques (matériel), la prise de risque sont autant de points abordés par l'agriculteur avant de définir sa rotation.

Les agriculteurs cultivant plusieurs légumineuses à graines limitent la prise de risque en ayant une partie de l'assolement en culture de printemps ou d'hiver (pois, féverole, lupin) et l'autre en culture d'été (soja).

L'alternance culture d'hiver, culture de printemps peut constituer la base de la réflexion pour avoir une bonne maîtrise des adventices. Les rotations évoluent au fil des années et des expérimentations mais les idées directrices de la rotation persistent.

Généralement, plusieurs rotations sont développées au sein d'une même exploitation selon les caractéristiques pédologiques des parcelles et les possibilités d'irrigation.

La diversité de l'échantillon rassemble des rotations courtes de 2 ou 3 ans, où le soja est souvent présent. Elles sont de type soja-maïs, soja-soja-tournesol, blé-soja-soja ou soja-maïs-soja-blé dans des zones inondables en fonds de vallée ou sur terres irrigables. L'introduction de la féverole, du pois ou du lupin dans l'assolement nécessite la mise en place de rotations plus longues sous des formes très variables. Le principe de base : une céréale est souvent implantée dernière une légumineuse.

L'effet précédent intervient également dans la réflexion de la rotation afin de maximiser la valorisation des reliquats azotés.

5.1.4 La fertilité des sols et l'effet précédent

Parmi les fermes enquêtées, les exploitants réfléchissent à la fertilité de leur sol. Les rotations courtes de type blé/soja ont souvent pour conséquence une perte de fertilité. L'implantation de légumineuses à graines ne suffit pas à maintenir la fertilité des sols, la mise en place de cultures intercalaires et l'apport d'engrais organiques sur certaines cultures de la rotation sont des points fondamentaux.

Lorsque les légumineuses à graines sont très présentes dans la rotation, le CREAB note des problèmes de maintien de la fertilité, s'accompagnant d'une diminution du taux de matière organique. L'introduction des légumineuses dans l'assolement fait diminuer le ratio C/N en limitant les restitutions de carbone au sol et en augmentant les quantités d'azote. Ce phénomène témoigne d'une perte de matière organique.

Tous constatent un effet précédent pour la culture de céréale suivante. Même si « une culture est toujours meilleure derrière une légumineuse » (agriculteur 3), l'effet peut être différent selon les espèces et selon la culture suivante. Par exemple, le soja conviendra mieux en précédent pour le maïs que pour le blé. Selon l'agriculteur 9 (Rhône Alpes), « la minéralisation de l'azote des résidus de soja a plutôt lieu en juillet, au moment où le blé a déjà été récolté ».

Toutefois l'effet précédent est à nuancer pour des sols à fort potentiel de rendement, où l'effet sol est souvent plus marqué que l'effet précédent comme le souligne l'agriculteur 9.

L'effet précédent permet soit d'augmenter le rendement de la culture suivante pour un niveau de fertilisation équivalent, soit de maintenir un rendement proche pour une moindre quantité de fertilisants. Selon un agriculteur, « le blé est beaucoup plus vert derrière une légumineuse, il y a moins de manque en azote ».

L'enrichissement du sol en azote suite à une culture de légumineuses, du fait d'une meilleure disponibilité de l'azote, s'accompagne d'une amélioration de la structure du sol. La maîtrise des risques de lessivage des nitrates dépend de la gestion de l'interculture.

5.1.5 La gestion de l'interculture

Le risque de lessivage des nitrates suite à l'implantation d'une culture de légumineuses est limité mais peut survenir dans des cas particuliers. Lorsque les automnes sont chauds, l'azote des chaumes de soja se minéralise et peut donc être lessivé par de fortes pluies. Tous les agriculteurs reconnaissent l'intérêt d'implanter un couvert en interculture même s'ils pensent que le risque de lessivage est bien plus limité en AB.

La majorité des agriculteurs utilisent des engrais verts, particulièrement avant les cultures d'été (maïs et soja). La réussite de l'interculture n'est pas évidente et les résultats peuvent être variables. Selon les régions et les types de sol, l'implantation de couverts végétaux peut s'avérer difficile, notamment en sol argileux. Les couverts mis en place sont très diversifiés en pure avoine, féverole, pois fourrager ou en mélange blé-vesce, seigle-vesce et vesce-féverole. 2 agriculteurs utilisent le semis sous couvert afin de mieux maîtriser les adventices.

5.1.6 La gestion des adventices et travail du sol

Pour les cultures de pois et féverole, la maîtrise des adventices est considérée comme une des principales contraintes. Ce sont souvent des cultures salissantes. La maîtrise des adventices se réfléchit bien avant l'implantation de la culture. La réflexion du désherbage mécanique et le succès des faux semis conditionnent la limitation des pertes de rendements.

La luzerne est souvent utilisée comme une culture « nettoyante » et peut être implantée après une rotation intégrant des légumineuses à graines.

Parmi les 9 exploitations enquêtées, 2 sont en non labour depuis près de 10 ans. Ils sont particulièrement motivés par les questions de préservation de la microfaune, de fertilité et de limitation des consommations de fioul à l'hectare.

Les autres exploitants considèrent que le labour reste indispensable pour maîtriser les adventices et donc limiter les pertes de rendement. Le désherbage est réalisé avant l'implantation de la culture par la pratique de faux semis. Le nombre de passages est ajusté selon la densité des adventices présentes dans la culture. Les passages de désherbage ne sont systématiques.

5.1.7 Quel optimum dans les rotations ?

Même si le pourcentage de légumineuses à graines dans l'assolement est très variable selon les exploitations (de 7 à 48 % de la SAU), souvent les exploitants considèrent que la part des légumineuses dans l'assolement est à son maximum pour diverses raisons : **maintien d'une rotation longue avec alternance de céréales et légumineuses, problèmes sanitaires, prise de risque en terme économique,...**

En AB, les agriculteurs tentent d'introduire un maximum de légumineuses mais les contraintes inhérentes à ces cultures limitent leur part dans l'assolement. Les risques de salissement et de maladie s'accroissent fortement lorsque l'on plante de la féverole, le pois et le lupin deux années consécutives. Il est conseillé d'attendre trois années avant de réimplanter ces cultures sur le même terrain. A l'inverse, le soja est régulièrement cultivé deux années de suite sur une même parcelle. Toutefois, le maintien d'une rotation limite les problèmes de sclérotina, par exemple, dans certaines régions.

L'aspect économique n'est pas négligé lors de la réflexion de la rotation. Augmenter la part des légumineuses à graines de printemps dans l'assolement s'accompagne d'une prise de risque économique supplémentaire puisque les rendements sont très dépendants de la climatologie du printemps.

5.1.8 L'irrigation

Parmi les 9 exploitations enquêtées, 4 irriguent. Les cultures prioritairement irriguées sont les cultures les plus exigeantes en eau (maïs, soja). Deux agriculteurs font du soja en sec dans des fonds de vallée. Le soja en sec est justifié par des contraintes de matériel ou de temps de travail. Les quantités d'eau apportées pour le soja varient de 750 m³/ha en sol profonds à 2100 m³/ha en sol superficiel et dans des régions sèches (Drôme), de 2 à 7 tours d'eau de 30 ou 40 mm. Les modes de prélèvement sont variés lac collinaire, rivière réalimentée ou non.

5.1.9 Légumineuses à graines

Pour chacune des légumineuses à graine de l'étude, un tableau récapitule les points faibles et forts de ces cultures et les propositions d'amélioration venant des exploitations enquêtées.

Cette partie a pour objectif de capitaliser l'expérience et le savoir faire des agriculteurs.

5.1.9.1 Pois

Tableau 9 Synthèse des éléments sur la culture du pois

	Points forts	Points faibles	Propositions
Potentiel de rendement		Potentiel de rendement plutôt faible. Rendements très variables selon les événements climatiques. 5 - 45 q/ha.	- Semis précoce → limitation du risque de stress hydrique en fin de cycle végétatif mais risque de tassement accru
Sol	Adapté à une large gamme de sol.	Sensibles aux sols hydromorphes, asphyxiants.	
Climat		Très sensibles au déficit hydrique et particulièrement à la sécheresse du printemps	
Maladies, ravageurs		Ravageurs : Sensible aux attaques de pucerons, sitones. Attaques de pigeons. Plus sensible à la bruche que la féverole. Maladies : Anthracnose	- Pois d'hiver plus résistant aux ravageurs - Choix des variétés fondamental pour la résistance aux maladies
Gestion des adventices		Très salissante car peu couvrante → concurrence difficilement les adventices	- Raisonner le désherbage avant l'implantation (technique du faux semis) - Utilisation du semoir monograine pour simplifier le désherbage

Viabilité économique		Prix de vente faible par rapport à la difficulté de conduite de la culture	- Conduire le pois en mélange (assurer un rendement avec le mélange céréalié)
----------------------	--	----------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

5.1.9.2 Féverole

Tableau 10 Synthèse des éléments sur la culture de la féverole

	Points forts	Points faibles	Propositions
Potentiel de rendement		Potentiel de rendement plutôt faible. Rendements très variables selon les événements climatiques et la qualité des terres. 5 – 30 q /ha	Féverole d'hiver → Rendements plus réguliers, meilleur niveau de production.
Sol	Adapté à une large gamme de sol (dont sol caillouteux)	Sensibles aux sols hydromorphes, asphyxiants. Sensibles aux sols séchants peu profonds	
Climat		Très sensibles au déficit hydrique et particulièrement à la sécheresse du printemps	
Gestion de l'interculture	Utilisées parfois comme engrais vert		
Maladies, ravageurs	Maladies : pas de contraintes importantes.	Sensibles aux ravageurs : Bruche, pucerons verts, noirs Maladies : Plante hôte du sclérotinia Anthracnose, botrytis rouille	
Gestion des adventices	Moins salissante que le pois Peu de problèmes pour la gestion des adventices		Raisonner le désherbage avant l'implantation (technique du faux semis) Utilisation du semoir monograine pour simplifier le désherbage
Viabilité économique	Amélioration du taux de protéine de la céréale suivante	Prix de vente faible par rapport à la difficulté de conduite de la culture	

5.1.9.3 Lupin

Tableau 11 Synthèse des éléments sur la culture du lupin

	Points forts	Points faibles	Propositions
Potentiel de rendement		Potentiel de rendement plutôt faible. Rendements variables (5 – 40 q/ha).	
Sol		Très sensibles aux sols calcaires.	
Climat	Meilleure résistance au printemps sec que le pois et la féverole	Sensibles au déficit hydrique (sécheresse du printemps)	
Maladies, ravageurs	Pas de contraintes importantes	Maladie : Anthracnose	
Gestion des adventices	Binage inter-rang facilement réalisable en	Culture salissante	Raisonner le désherbage avant

	début de culture (culture souple)		l'implantation (faux semis)
--	-----------------------------------	--	-----------------------------

5.1.9.4 Soja

Tableau 12 Synthèse des éléments sur la culture du soja

	Points forts	Points faibles	Propositions
Potentiel de rendement	Rendements fiables si possibilité d'irrigation Potentiel de rendement plus élevé que pour les autres légumineuses.	Rendements variables si aucune possibilité d'irrigation et en cas de sécheresse 4- 40 qx/ha	
Sol	Amélioration de la structure du sol	Besoin de sol à forte rétention en eau. Nécessité d'utiliser un inoculum	Récolte précoce sur sol sec → risque de tassement limité
Climat		Très exigeante en eau. Très sensible aux déficits hydriques.	Implantation dans les fonds de vallée, sur sols à forte capacité de rétention ou sur parcelles irriguées
Effet précédent	Très bon effet précédent : - 30 à 50 kg N/ha pour la culture suivante		
Irrigation		Besoin en eau. Soja irrigué : 750 à 2100 m ³ /ha selon le type de sol et le climat.	
Maladies, ravageurs	Pas de contraintes particulières.	Ravageurs : Pigeons Maladies : Sclérotinia	Sclérotinia : Pas plus d'un soja tous les 3 ans (problèmes sanitaires) Maintien d'une rotation avec des céréales à pailles (non hôte du sclérotinia)
Gestion des adventices		Peu couvrant Gestion des adventices = point sensible majeur	- Privilégier des semis tardifs en AB - Raisonner le désherbage avant l'implantation (technique du faux semis) - Maintien d'une rotation (limitation des cultures de soja sur soja) - Privilégier le semoir monograinne pour faciliter le désherbage (binage)
Viabilité économique	Culture souvent très rentable et fiable Possibilité de valorisation pour l'alimentation humaine		

	(environ 700 €/t) « culture d'espoir »		
--	-------------------------------------------	--	--

6 Discussion

Cette étude confirme l'intérêt des légumineuses à graines en AB sur le plan agronomique et environnemental. Les résultats doivent cependant être étudiés avec précaution puisque l'échantillon (9 exploitations enquêtées) n'a pas de représentativité et est trop petit pour cela.

Grâce à leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et à assimiler l'azote du sol, les légumineuses présentent des particularités. L'effet précédent est constaté par l'ensemble des agriculteurs et permet de diminuer le niveau de fertilisation pour un rendement équivalent. Dans cette étude, l'effet précédent n'a pu être appréhendé que de façon qualitative (à dire d'agriculteurs) puisque l'analyse quantitative n'a pas été conduite à l'échelle de la rotation. La fixation symbiotique joue souvent un rôle essentiel dans la gestion de la fertilisation et le maintien de la fertilité en AB. En effet, plus de 100 kg N par hectare peuvent être apportés par la voie de la fixation symbiotique, ce qui contribue à l'augmentation des rendements. Toutefois, le risque de perte de fertilité existe sur des rotations courtes de 2 à 3 ans. Une bonne gestion de la matière organique et l'implantation de couvert intercalaire contribuent au maintien de la fertilité des sols.

Quelque soit les exploitations étudiées, (BDD Dialecte (63 exploitations en COP en AB), 9 exploitations enquêtées, cas types Arvalis), les soldes CORPEN azote et phosphore sont généralement proches de l'équilibre (faiblement excédentaires ou déficitaires). Ces indicateurs témoignent d'une gestion de la fertilisation optimale ou satisfaisante, a priori. A ce niveau d'analyse, il semble que **les risques de lessivage des nitrates soient faibles** quelque soit la proportion de légumineuses à graines dans l'assolement. Ils seront d'autant plus limités si une culture intercalaire est implantée. Toutefois, le lessivage des nitrates est un point qui ne doit pas être négligé. Les légumineuses à graines ayant un faible développement de leur système racinaire, il se peut que ce soit un facteur de risque dans certaines conditions pédoclimatiques (automne doux, minéralisation de l'azote des résidus de culture). Une analyse parcellaire des bilans azote et phosphore serait pertinente afin de consolider ces premiers résultats encourageants.

En agriculture biologique, où aucune culture ne reçoit d'engrais azoté de synthèse, les légumineuses à graines ne présentent pas de spécificité concernant la réduction des consommations d'énergie fossile et n'améliorent donc pas les bilans environnementaux sur ce critère. Il est clair que l'impact de l'introduction des légumineuses en AB sur les bilans environnementaux serait d'autant plus favorable si la comparaison avait été faite à une rotation conventionnelle. Les références PLANETE2010 témoignent de niveaux de consommations énergétiques bien plus élevés pour les exploitations conventionnelles que pour les exploitations biologiques, respectivement 14 469 MJ/ha et 9327 MJ/ha.

En tenant compte des principaux postes de consommations énergétiques en grande culture (fioul, mécanisation, semence, engrais et irrigation), **les protéagineux (pois, féverole, lupin) présentent les plus faibles consommations énergétiques à l'hectare (< 5000 MJ/ha)**. Le test des 3 hypothèses concernant les coefficients énergétiques pouvant être alloués à la fabrication et au transport des engrais organiques montre l'importance du choix de leurs valeurs dans l'interprétation des résultats. Malgré le faible niveau de consommation énergétique des protéagineux, et même du soja, les efficacités énergétiques sont très basses, comparables à celles des cultures irriguées. L'irrigation, très consommatrice en énergie, pénalise fortement les cultures irriguées vis à vis de leurs performances énergétiques. **Pour les protéagineux, le**

faible niveau de rendement et la variabilité de celui-ci impacte négativement leurs efficacités énergétiques. Afin de diminuer les consommations énergétiques des exploitations, des marges de manœuvre existent, et notamment, la réduction des quantités d'eau utilisées pour irriguer et la réduction du travail du sol²².

La comparaison des efficacités énergétiques à l'échelle de la culture présente un biais puisque les bénéfices liés à l'introduction des légumineuses à graines, tels que l'effet précédent, l'amélioration de la structure du sol, ne sont pas comptabilisables. Si l'on se réfère à la seconde hypothèse, on peut estimer que l'effet précédent (variant de 30 à 40 kg N/ha pour la céréale suivante) permettrait d'économiser environ 255 MJ/ha²³ et contribuerait à une légère amélioration de l'efficacité énergétique.

Les exploitations présentant les meilleures efficacités énergétiques fonctionnent à bas niveaux d'intrants, sans irrigation, et maintiennent un bon niveau de production. A l'échelle de l'exploitation, il est difficile de conclure car la technicité de l'agriculteur et l'intensité des pratiques agricoles (itinéraire technique, niveau d'intrants, utilisation de l'irrigation) semblent impacter fortement l'efficacité énergétique.

D'un point de vue environnemental, l'amélioration et la stabilisation des rendements permettraient d'accroître l'efficacité énergétique des légumineuses à graines.

Les légumineuses à graines sont les cultures les moins émettrices de GES par hectare. En ne recevant aucun apport organique (besoins satisfaits par la fixation de l'azote atmosphérique), les légumineuses limitent les phénomènes de nitrification, dénitrification et évite des émissions de protoxyde d'azote. Le poste 'gestion de la MO' (incluant l'épandage des engrais organiques et la gestion des résidus de culture) pèse lourdement sur les émissions de GES des cultures non fixatrices d'azote, du fait des apports organiques qu'elles reçoivent. Pourtant à l'échelle de l'exploitation, on ne constate aucune corrélation entre les émissions de GES à l'hectare et la part des légumineuses dans l'assolement. Comme pour les consommations énergétiques, d'autres facteurs explicatifs, et notamment l'intensité des pratiques (apport de MO, gestion des résidus de culture...) ont une forte influence à l'échelle de l'exploitation. Des initiatives émergent en France pour valoriser économiquement l'intérêt des légumineuses vis à vis de la réduction des GES. Dix coopératives testent actuellement un projet de crédit carbone.

Les protéagineux ne sont pas de gros consommateurs en eau. Parfois, l'irrigation est utilisée au printemps en cas de sécheresse afin de limiter les pertes de rendement. A l'inverse, le soja a des besoins en eau beaucoup plus importants. Il peut être cultivé uniquement en fond de vallée ou sur des parcelles irrigables. Les quantités d'eau utilisées pour l'irrigation varient de 750 à 2100 m³/ha dans les cas d'étude. L'impact sur la ressource en eau peut être fort et dépend du type de prélèvement utilisé. Les forts besoins en eau du soja limite son expansion. Actuellement, la recherche travaille pour développer des variétés moins sensibles aux stress hydrique afin de stabiliser les rendements et de limiter les consommations en eau.

Le potentiel optimum d'introduction de légumineuses dans la rotation n'est pas raisonné sur un critère unique. Les conditions pédoclimatiques, les débouchés, la pression sanitaire et celle des adventices, la valorisation économique et les débouchés sont autant d'aspects pris en considération par l'agriculteur. Afin de limiter les risques sanitaires, les protéagineux sont implantés à fréquence d'au moins 3 ans mais le soja peut être cultivé deux années de suite si les risques de sclérotinia sont limités.

²² Le fioul peut représenter jusqu'à 80 % des consommations énergétiques pour les cultures légumineuses à graines en sec.

²³ Substitution à un apport de compost 35 kg N/ha (6,44 MJ/kg N), soit 255 MJ/ha.

Dans un contexte d'épuisement des ressources et de changement climatique, le développement des légumineuses en agriculture biologique offre des solutions pour réduire l'impact de l'agriculture sur l'environnement.

Conclusion

Sur la base des 9 cas d'études réalisées dans les régions Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes, Poitou-Charentes, l'intérêt d'introduire des légumineuses à graines biologiques dans la rotation est incontestable. Les bénéfices agronomiques (effet précédent, amélioration de la fertilité sur des rotations longues, diversification de l'assolement et du fait diminution des risques parasitaires et amélioration de la maîtrise des adventices) font consensus tant dans la littérature que sur le terrain.

L'analyse quantitative sur les impacts environnementaux des légumineuses à graines biologiques permet de dégager de grandes tendances. A ce niveau d'étude, les soldes azote et phosphore, souvent, faiblement excédentaires témoignent d'un risque limité de lessivage des nitrates. Une analyse plus approfondie est nécessaire pour consolider et compléter ces premiers résultats.

Les faibles consommations énergétiques des protéagineux et du soja ne suffisent pas à obtenir une bonne efficacité énergétique. Pénalisées par de bas niveaux de rendement, les performances énergétiques des légumineuses à graines sont moyennes en comparaison d'autres cultures biologiques. Toutefois, l'efficacité s'améliore lorsque les consommations énergétiques sont ramenées par kilogramme de protéine. En étant moins émettrices de GES à l'hectare, les légumineuses impactent positivement le bilan environnemental de la rotation. Toutefois, la diversité des pratiques agricoles rencontrées sur les exploitations ne permet pas d'établir un lien entre la part de légumineuses à graines dans la SAU et les émissions de GES.

La prise en compte de l'effet précédent à l'échelle de la rotation contribuerait à l'amélioration du bilan environnemental des légumineuses à graines.

L'augmentation et la stabilisation des rendements conduirait à améliorer certains critères d'évaluation comme l'efficacité énergétique et sécuriserait les agriculteurs vis à vis de la prise de risque économique. Le développement des cultures associées peut apporter une réponse intéressante sur le terrain en assurant un rendement et en augmentant la teneur en protéines des céréales.

De part leurs impacts environnementaux positifs et leurs intérêts pour l'autonomie des élevages en protéine, les légumineuses à graines en agriculture biologique s'inscrivent parfaitement dans le développement d'une agriculture plus juste et plus durable soutenue dans la réforme de la PAC.

Bibliographie

ADEME, Guide des valeurs Dia'terre®. Version référentiel 1.13.

Agence Bio, 2011. L'agriculture biologique française : les chiffres clés. (Chiffres 2010), 243 p.

Bochu JL, Bordet C, Metayer N, 2010. Références PLANETE2010. Solagro.

Bouvala M., 2012. Produire des légumineuses à graines biologiques pour l'alimentation animale. Evaluation multicritère de rotations céréalières à partir de sept cas-types régionalisées. Mémoire de fin d'études.

Cavaillès E., 2009. CGDD. Etudes et documents. La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ?

CITEPA, 2009. Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, Format CCNUCC (mars, 2009), 1196 p.

Colomb B., Aveline A., Carof M., 2011. Une évaluation multicritère qualitative de la durabilité de systèmes de grandes cultures biologiques, Quels enseignements ? Restitution des programmes RotAB et CITODAB, Documents d'analyse PS DR3 Midi-Pyrénées – Projet CITODAB, 42 p.

ITAB, 2009. Fiche technique. La culture de la féverole en AB.

Drinkwater LE, Wagoner P, Sarrantonio M, 1998. Legume-based cropping systems have reduced and nitrogen losses, Nature vol 396, p 262-265.

ENESAD, 2002. Référentiel pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et son pouvoir de réchauffement global (utilisé dans Planète).

Gac et al., 2010. GES'TIM. Guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre. 156 p.

ITAB, 2009. Fiche technique. Le pois protéagineux en AB.

ITAB, 2011. Guide de culture. Soja bio.

Jensen ES, 1977. The role of grain legume N₂ fixation in the nitrogen cycling of temperate cropping systems. Riso National laboratory. Roskilde, p107.

Munier-Jolain N, Carrouée B, 2003. Quelle place pour le pois dans une agriculture respectueuse de l'environnement- Argumentaire agri-environnemental, Cahiers d'études et de recherches francophones/ Agricultures Vol 12, n°2, Mars-Avril 2003, p 111-120.

Munier-Jolain N, 2002. The long-term impact of grain legumes on the environment : possibilities for reducing herbicides. Grain Legumes 36, 16-17.

Nemecek T, Erzinger S, 2005. Modelling representative life cycle inventories for Swiss arable crops. Int. J. LCA 10, 68-76.

Nemecek et al., 2008. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *Europ. J. Agronomy* 28. 380-393.

Thiebeau et al., 2010. Conduite des légumineuses pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la culture et de l'exploitation agricoles. *Innovations Agronomiques* 11 : 45-58.

UNIP, ITCF, INRA, ESA, 2002. Effets environnementaux des protéagineux dans les rotations de grandes cultures. Synthèse des éléments bibliographiques disponibles.

UNIP, 2008. Diversification des assolements, légumineuses et agriculture durable – Enjeux dans le cadre du bilan de santé de la PAC, Dossier technique, 33p.

ANNEXES

7 ANNEXE 1 : Présentation de Dialecte et de sa BDD

Dialecte est un outil de diagnostic agro-environnemental créé en 1995 dans le cadre du Plan de Développement Durable (PDD) du Tarn. Dialecte (littéralement DIAgnostic Liant Environnement et Contrats Territoriaux d'Exploitation) a pour vocation de permettre une évaluation des pratiques agricoles sur l'environnement.

Depuis 2006, Dialecte est librement accessible sur le site Internet <http://dialecte.solagro.org/>.

La base de données Dialecte regroupe plus de 2500 diagnostics dont **1165 diagnostics** (598 bilans Dialecte en agriculture conventionnelle et **567 en agriculture biologique**) sont validés et enregistrés dans la BDD.

7.1 Présentation des exploitations de la base Dialecte

Cette partie caractérise les exploitations agricoles ayant réalisé un bilan Dialecte selon leurs situations géographiques, leurs pratiques agricoles et leurs productions. Les organismes utilisateurs de ce diagnostic et l'évolution de l'outil seront également abordés. Les diagnostics Dialecte ont été réalisés sur la base du volontariat. La BDD Dialecte ne constitue pas un échantillon stratifié, représentatif de l'agriculture française comme c'est le cas pour le RICA (Réseau d'Informations Comptables Agricoles) au niveau des résultats économiques des exploitations professionnelles.

7.1.1 Répartition géographique

Des bilans Dialecte ont été réalisés dans toutes les régions de France. Cependant, le nombre de Dialecte par région est directement dépendant de la dynamique des acteurs en termes d'agriculture et d'environnement (

Tableau 13). Les régions Midi-Pyrénées et PACA sont les plus actives dans ce domaine avec pour chacune près 20 % des Dialecte validés. Les régions Champagne-Ardenne, Pays de la Loire, Aquitaine, Poitou-Charentes et Basse-Normandie sont également d'importants utilisateurs.

Le Tableau 14 présente la répartition des bilans en AB selon les régions. En 2009, la moitié des surfaces en bio, en France, étaient localisées dans 5 régions : Midi-Pyrénées, Pays de la Loire, Rhône-Alpes, Languedoc Roussillon, et PACA (Agence bio, 2009). Près de 48 % des diagnostics Dialecte en AB ont été réalisés dans les régions Midi-Pyrénées, Pays de la Loire et PACA.

Tableau 13 : Nombre de bilans Dialecte validés par région

Région	Bilans Dialecte	%
Midi-Pyrénées	222	19,1
PACA	219	18,8
Centre	118	10,1
Pays de la Loire	112	9,6
Aquitaine	106	9,1
Poitou-Charentes	93	8,0
Basse-Normandie	80	6,9
Languedoc-Roussillon	40	3,4
Alsace	27	2,3
Franche-Comté	26	2,2
Rhône-Alpes	19	1,6
Champagne-Ardenne	15	1,3
Bretagne	16	1,4
Bourgogne	13	1,1
Lorraine	13	1,1
Ile-de-France	11	0,9
Picardie	11	0,9
Nord-Pas-de-Calais	5	0,4
Auvergne	6	0,5
Limousin	2	0,2
Corse	2	0,2
Haute-Normandie	2	0,2
DOM-TOM	1	0,1
NC	6	0,5
Total	1165	100,0

Tableau 1:

Tableau 14 Nombre de bilans Dialecte en AB validés par région

Région	Nombre de Dialecte AB	%
PACA	123	21,7
Pays de la Loire	103	18,2
Midi-Pyrénées	65	11,5
Poitou-Charentes	61	10,8
Aquitaine	44	7,8
Basse-Normandie	35	6,2
Alsace	25	4,4
Centre	20	3,5
Champagne-Ardenne	15	2,6
Franche-Comté	13	2,3
Bretagne	12	2,1
Bourgogne	10	1,8
Lorraine	8	1,4
Rhône-Alpes	8	1,4
Ile-de-France	7	1,2
Picardie	7	1,2
Nord-Pas-de-Calais	5	0,9
Languedoc-Roussillon	4	0,7
Auvergne	1	0,2
Limousin	1	0,2
Total	567	100,0

7.1.2 Répartition par année

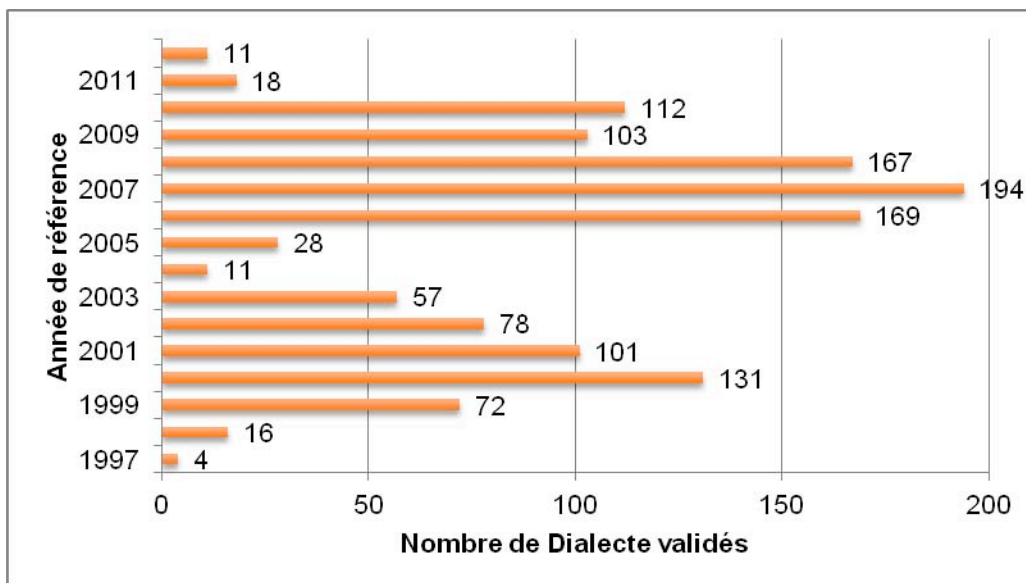


Figure 43 : Nombre de bilans Dialecte validés par année

La Figure 43 indique le nombre de bilans Dialecte validés réalisés selon les années. Les premiers bilans Dialecte datent de 1997. Le nombre de Dialecte réalisés par année n'est pas régulier. On constate qu'il y a eu deux périodes de forte activité, en 2000-2002 avec le lancement des CTE (Contrats Territoriaux d'Exploitation) et en 2006-2008 avec la mise en ligne du site Internet et une opération coordonnée par la FNAB pour la réalisation de 150 bilans dans les fermes biologiques de France. La mise en ligne de Dialecte a permis une utilisation plus facile et une démocratisation de l'outil.

L'année figurant sur le graphique est « l'année de référence », c'est-à-dire l'année de récolte des données. L'année prise en compte lors de la réalisation du diagnostic est souvent l'année n-1.

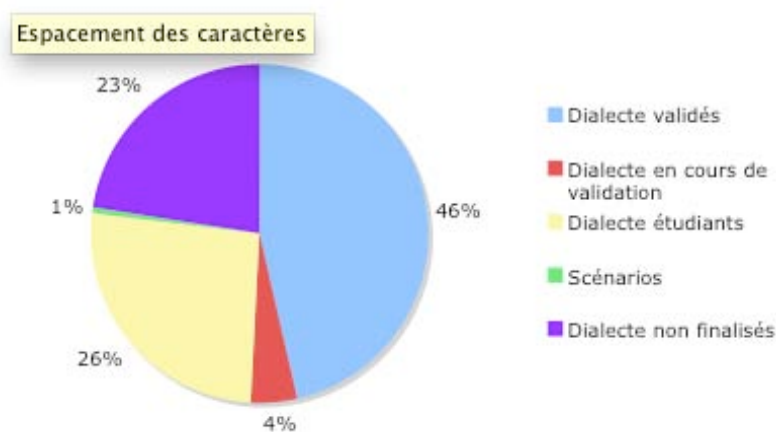


Figure 44 Dialecte validés et non validés en %

Au moment de l'étude, 1 165 bilans avaient été validés mais plus de 2 500 Dialecte avaient été réalisés. La différence entre les bilans Dialecte validés et enregistrés dans la BDD correspond aux Dialecte réalisés par les étudiants (BTS, écoles d'ingénieurs) (26 %), aux bilans non finalisés (23 %), aux bilans en cours de validation (4 %) et aux scénarios (1 %). Les diagnostics réalisés par des étudiants ne peuvent pas incrémenter la BDD.

7.1.3 Utilisateurs

Tableau 15 : Nombre de bilans Dialecte validés par pays

Pays	Bilans Dialecte	% BDD
France	1155	99,1
Suisse	6	0,5
Espagne	2	0,2
Royaume-Uni	1	0,1
Portugal	1	0,1

Dialecte est aujourd’hui traduit dans cinq langues (français, anglais, espagnol, roumain et portugais). À ce jour, l’utilisation de Dialecte dans l’Union Européenne est presque insignifiante mais elle tend à se développer au travers de programmes européens (Tableau 15).

Les utilisateurs de Dialecte sont des organismes divers comme les organisations pour le développement de l’agriculture biologique (Bio de Provence, coordination agrobiologique Pays de la Loire, OPABA), les lycées agricoles, les écoles supérieures d’ingénieur (ENSAT, ENESAD), les lycées agricoles, les associations (Solagro, Terre de Liens, ADASEA), les organisations professionnelles agricoles (Chambre d’Agriculture, FD CUMA), les centres de recherche (INRA, Cemagref) et les bureaux d’étude.

La figure 45 présente la répartition des utilisateurs de Dialecte selon le type de structure. Les utilisateurs majoritaires sont les organisations bios (45 %), Solagro (17 %), l’enseignement (13 %) et les ADASEA (10 %).

Les bureaux d’étude et les OPA représentent chacun 6 % des utilisateurs. Pour les OPA, ce sont principalement des Chambres d’Agriculture. Les 3 % restants regroupent les centres de recherche (INRA, Cemagref) et diverses associations.

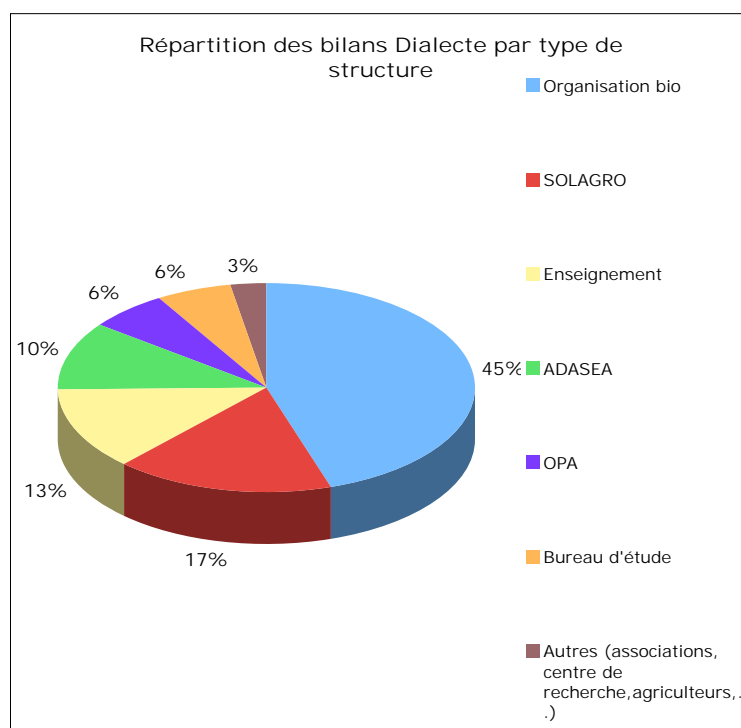


Figure 45 : Répartition des bilans Dialecte par type de structure (en %)

80 utilisateurs ont réalisé au moins un Dialecte validé et 45 utilisateurs ont enregistré plus de 5 Dialecte validés. 13 utilisateurs (Solagro, Bio de Provence, Biosèvres, CAB Pays de la Loire, coordination agrobiologique Pays de la Loire, Alter'énergie, ENSAT, ESAP, GRAB Basse-Normandie, OPABA et ENESAD) ont enregistré plus de 20 bilans Dialecte chacun et représentent 68 % des bilans Dialecte réalisés.

Les organisations bio ont choisi Dialecte comme outil d'aide à la décision pour le suivi ou la conversion des exploitations en AB. Avec l'augmentation des conversions de fermes à l'AB et l'engouement des lycées agricoles et de l'enseignement supérieur pour développer une agriculture respectueuse de l'environnement, les organisations AB et l'enseignement devraient utiliser plus largement l'outil dans les prochaines années.

7.1.4 Répartition par type de production

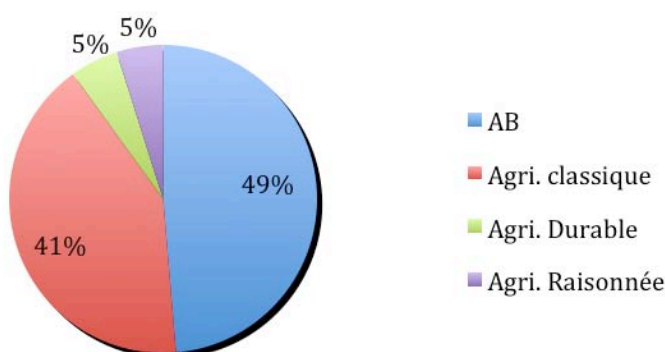


Figure 46 : Répartition des bilans Dialecte selon le type de pratique agricole (en %)

Selon la figure 46, les exploitations en AB de Dialecte représentent 49 % des exploitations enquêtées. C'est la grande particularité de cette BDD puisque l'agriculture biologique est encore rarement stratifiée et identifiée dans les enquêtes. L'agriculture classique regroupe 41 % des exploitations contre 5 % en agriculture durable (dont réseaux InPACT et production intégrée (OILB)) et 5 % en agriculture raisonnée. Si l'on se réfère aux données de l'Agence Bio et d'Agreste, en 2009, seulement 2,46 % de la part de la SAU est en AB ou en conversion. La répartition AB, conventionnelle dans la BDD Dialecte est donc très éloignée des moyennes françaises. Ces chiffres témoignent d'un fort intérêt de la part des exploitations en AB pour l'outil Dialecte

Remarques : Les agriculteurs dits "conventionnels", enregistrés dans Dialecte, sont des personnes qui s'intéressent aux impacts environnementaux de leurs pratiques agricoles et ne sont donc pas représentatifs des agriculteurs conventionnels français. La base Dialecte regroupe globalement des agriculteurs soucieux de l'environnement dans lequel ils travaillent.

Tableau 16 : Nombre et pourcentage de bilans Dialecte validés par OTEX et par type de pratiques agricoles

Type de production	Bilans Dialecte	% BDD	Bilans Dialecte en AB	% en AB par OTEX
Bovins lait	250	21,5	118	20,8
COP	183	15,7	63	11,1
Viticulture	117	10,0	56	9,9
Bovins viande	112	9,6	79	13,9
Polyélevages	109	9,4	45	7,9
Maraîchage	76	6,5	44	7,8
Ovins viande	75	6,4	35	6,2
Polycultures	73	6,3	35	6,2
Volailles	48	4,1	20	3,5
Caprins	39	3,3	21	3,7
Arboriculture	33	2,8	26	4,6
Ovins lait	21	1,8	11	1,9
Equins	17	1,5	9	1,6
Porcins	12	1,0	5	0,9
Total	1165	100	567	100

Tableau 17 : Nombre d'exploitations professionnelles françaises par OTEX (Source : Agreste)

OTEX	Nombre d'exploitations professionnelles (en milliers)	%
Grandes cultures	74,5	22,6
Polyculture polyélevage	54,9	16,7
Bovins lait	53	16,1
Viticulture	43,9	13,3
Bovins viande	39,7	12,1
Ovins et autres herbivores	19,3	5,9
Granivores	16,5	5,0
Maraîchage et horticulture	9,7	2,9
Fruits et autres cultures permanentes	9,1	2,8
Bovins mixtes	8,5	2,6
Total	329,1	100

Source : Agreste – Recensement agricole 2000 – Enquête de structure 2007

Dans le Tableau 16, les bilans Dialecte sont classés en 14 OTEX. La répartition entre les OTEX est très hétérogène et n'est pas représentative de l'agriculture française. Les catégories les plus représentées sont les exploitations en bovins lait, en COP, en viticulture, en bovins viande et en polyculture élevage avec pour chacune plus de 100 bilans Dialecte réalisés. Les exploitations en ovins lait, équins et porcins sont très peu nombreuses avec moins de 20 bilans par OTEX.

Le nombre de bilans Dialecte par OTEX est dépendant de la dynamique de la filière et de son intérêt pour les thématiques agro-environnementales. Ainsi, les exploitations en maraîchage ou en horticulture regroupent moins de 3 % des exploitations françaises (Tableau 17) contre près de 7 % de l'échantillon des fermes de Dialecte. Cependant, les grandes tendances sont

conservées, 22 % des exploitations Dialecte sont en bovins lait contre 16 % pour les exploitations françaises.

À l'inverse, les exploitations en grandes cultures regroupent 23 % des exploitations françaises et 16 % des exploitations Dialecte. Il y a une sous-représentation des systèmes en grandes cultures qui s'explique par la difficulté de conduire ces types de systèmes en AB. Au contraire, les systèmes herbivores et maraîchers sont sur-représentés dans la BDD Dialecte.

Le Tableau 16 présente également le pourcentage de bilans Dialecte en AB par OTEX. Dans la BDD Dialecte, les OTEX maraîchage et arboriculture en AB sont plus représentées que les OTEX conventionnelles de même type. Elles regroupent respectivement 8 et 5 %.

7.1.5 Données générales des exploitations

La présentation des données générales vise uniquement à décrire succinctement les productions des exploitations de la base et leur diversité.

- SAU (surface agricole utile)

La SAU moyenne des fermes Dialecte est de 98 ha avec 2,3 UTH (Unité Travail Humain). Il est important de rappeler que les exploitations agricoles de Dialecte sont principalement des exploitations professionnelles.

Tableau 18 : Répartition des exploitations Dialecte en fonction de leur taille

Taille SAU	% BDD Dialecte	SAU moyenne	% SAU total	UTH moyen	% des UTH totaux
< 10 ha	7	5	0	2	6
10 à 25 ha	10	17	2	2,5	11
25 à 50 ha	16	38	6	1,9	13
50 à 100 ha	31	74	23	2,1	27
100 à 200 ha	27	140	39	2,5	29
200 ha et +	10	301	29	3,5	14
Total	100	98	100	2,3	100

D'après le tableau 12, 31 % des exploitations de la base ont une SAU comprise entre 50 et 100 ha, ce qui correspond à 23 % de l'ensemble des surfaces des exploitations et à 27 % des UTH.

De même, 27 % des exploitations de la base ont une SAU entre 100 et 200 ha, ce qui correspond à 39 % des surfaces des exploitations et à 29 % des UTH.

Tableau 19 Répartition des exploitations Dialecte et Françaises en fonction de leur taille

Taille SAU	% BDD Dialecte	% EA France (RA 2000)	% EA France (Structure agricole 2007)
< 10 ha	7	41	34
10 à 25 ha	10	12	10
25 à 50 ha	16	20	19
50 à 100 ha	31	17	20
100 à 200 ha	27	9	14

200 ha et +	10	2	3
Total	100	100	100

Le tableau 19 présente les données de deux études, du recensement agricole (RA) 2000 et de l'enquête Structure agricole 2007. 17 % des exploitations de Dialecte font moins de 25 ha, contre 53 % pour les exploitations du RA 2000 et 44 % pour les exploitations françaises de Structure agricole 2007.

2 à 3 % des exploitations françaises ont une SAU supérieure à 200 ha alors que 10 % des exploitations Dialecte dépassent cette superficie. D'après ces moyennes nationales, les exploitations Dialecte sont de plus grandes tailles que les exploitations françaises.

• **Productions**

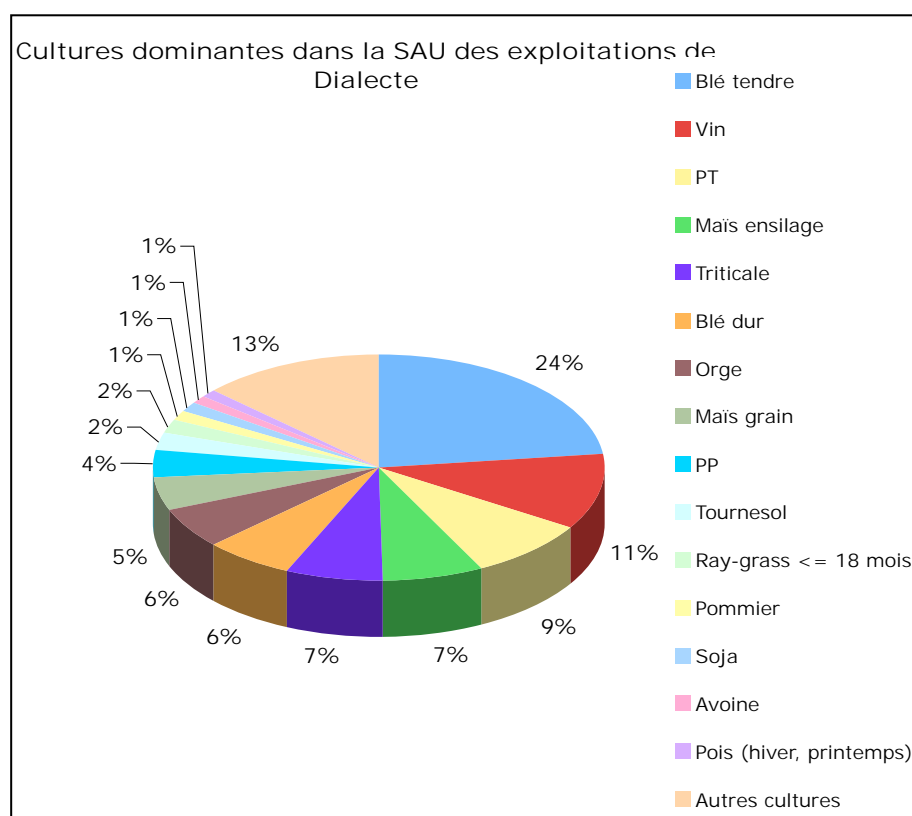


Figure 47 : Cultures dominantes les plus courantes sur les exploitations Dialecte

Toutes pratiques confondues, pour 24 % des bilans Dialecte, le blé tendre est la culture dominante, suivie de la vigne (11 %), des prairies temporaires (PT) (9 %), du maïs ensilage (7 %) et du triticale (7 %). Les cultures de blé dur, orge et maïs-grain sont dans 4 à 6 % des bilans Dialecte la culture dominante (Figure 47).

8 ANNEXE 2 : Choix méthodologiques

8.1 Dialecte :

- Année de référence : 2011 pour 8 exploitations sur 9.
- Les rendements étudiés sont les rendements réels de l'année 2011, exceptés pour certains rendements « extrêmes » où le rendement moyen a été appliqué.
- Les engrais verts ne sont pas pris en compte dans le bilan CORPEN de Dialecte.
- Le bilan CORPEN considère les entrées et sorties d'azote sur le système « sol » étudié à l'échelle de l'exploitation. Il est considéré que la fixation d'azote correspond au niveau des exportations en azote pour les légumineuses à graines et les légumineuses fourragères en pure.

8.2 Outil complémentaire « Energie-GES » :

- **Description des itinéraires techniques**

Les travaux de déchaumage sont attribués à la culture suivante.

Les travaux liés à l'implantation des engrais verts sont attribués à la culture suivante.

- **Engrais et fertilisants**

Les hypothèses de travail sont décrites dans l'annexe 3.

Les émissions liées aux sols agricoles considérés sont :

- Facteurs d'émissions des sols agricoles

1 % de l'azote qui se transforme en N_2O d'émissions (résidus de culture)

1 % de l'azote apporté se retrouve sous forme de $N-NO_2$ (apports organiques)

- Volatilisation de l'azote en ammoniac dans les cultures

10 % $N-NH_3$ volatilisation

- **Semences**

Les coefficients énergétiques et les facteurs d'émission des semences de pois ont été appliqués, par défaut, à la féverole et au lupin.

- **Transport**

Pas de prise en compte du transport.

9 ANNEXE 3 : Hypothèses pour la prise en compte des engrais organiques

L'annexe 3 présente les 3 hypothèses de travail pour la prise en compte des coefficients énergétiques et des facteurs d'émission liés à la fabrication, au transport et au stockage des engrais organiques utilisés sur l'exploitation agricole.

Hypothèses	Energie	GES
1. Engrais chimiques	Coef E engrais azotés moyen : 54,36 MJ/kg N	Facteur d'émissions : 5,305 kg eqCO ₂ /kg N
2. Engrais organiques	Coef E fumier : 1,78 MJ/kg N (8,9 MJ/t fumier à 5 uN) Coef E compost : 6,44 MJ/kg N (51,5 MJ/ t compost à 8 uN)	Emissions liées au stockage et à la fabrication négligés
3. Pas de coefficient énergétique et facteur d'émissions	Pas de coefficient énergétique	Emissions liées au stockage et à la fabrication négligés

Hypothèse 2 :

Pour les engrais organiques importés (lisiers, fumiers, compost), sous-produits de productions animales, on ne prend en compte que l'énergie non renouvelable nécessaire à l'élaboration spécifique (stockage, aération...) ainsi que celle nécessaire à leur transport (voir matériel et transport). La méthodologie utilisée est décrite dans le guide Planète Référentiel pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et son pouvoir de réchauffement global, 2002.

Par manque d'informations, seul deux coefficients ont été utilisés, pour le fumier et le compost.

Suivant le type d'apports organiques utilisés sur l'exploitation, l'un ou l'autre des coefficients a été appliqué.

Remarques :

- Tous les apports organiques, qu'ils proviennent du cheptel ou qu'ils soient achetés, sont considérés comme des apports extérieurs. Un coefficient énergétique leur est attribué, le cas échéant. Ce choix est justifié par la volonté de conduire une approche « culture » et non « système ».
- Les consommations énergétiques et émissions GES liées aux éléments phosphore et potasse ont été retirées du périmètre de l'étude.

10 ANNEXE 4 : Saisie des données Arvalis dans Dialecte

Arvalis a fourni les données pour l'enregistrement des cas-types de ProtéAB dans Dialecte.

Les cas-types Bourgogne (1 et 2) n'ont pas été transmis par Arvalis.

Les données n'ayant pas pu être communiquées sont :

- le nombre de parcelles,
- les consommations énergétiques (électriques, gaz, construction bâtiments, plastiques),
- les infrastructures agro-écologiques.

Afin de simplifier la transmission de données, la valeur par défaut 1kWh/m³ pompé a été utilisée pour l'irrigation avec enrouleur (source Guide des valeurs de Dia'terre, 2012).

Pour les lubrifiants, la valeur par défaut de 2 % a été appliquée.