



HAL
open science

Les oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique

Carole Le Jeune

► **To cite this version:**

Carole Le Jeune. Les oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2015. dumas-01256129

HAL Id: dumas-01256129

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01256129>

Submitted on 14 Jan 2016

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

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

**AGROCAMPUS
OUEST**

CFR Angers

CFR Rennes



Année universitaire : 2014.- 2015.

Spécialité :

POMAR.....

Spécialisation (et option éventuelle) :

.....

Mémoire de Fin d'Études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Les oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique

Par : Carole LE JEUNE

Soutenu à Rennes le 17 / 09 / 2015

Devant le jury composé de :

Président : Aude Ridier

Autres membres du jury : Alain Carpentier

Maître de stage : Nathalie Gosselet

Enseignant référent : Catherine Laroche Dupraz

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

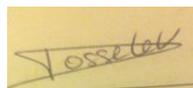
Confidentialité :

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible⁽¹⁾.

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant).

Date et signature du maître de stage⁽²⁾ : 17 septembre 2015



Droits d'auteur :

L'auteur⁽³⁾ autorise la diffusion de son travail

Oui Non

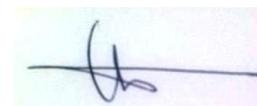
Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

Date et signature de l'auteur : 17 septembre 2015



Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant :

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

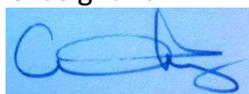
la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

17 septembre 2015



(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3).Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Dépôt numérique de mémoire

ATTESTATION DE CONFORMITE DE LA VERSION NUMERIQUE

Je, soussigné(e),

Nom : LE JEUNE

Prénom : Carole

Ci-après désigné « l'Auteur »

Atteste que la version numérique de mon mémoire de fin d'études dans sa version définitive (incluant les corrections demandées par le jury de soutenance),

intitulé

Les oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique

.....

.....

correspond à la version imprimée du document, déposé à la bibliothèque générale d'AGROCAMPUS OUEST (CFR de référence)

A...Paris., le...31 /08 /2015.

Signature

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'L' followed by a horizontal line and a flourish.

Dépôt numérique de mémoire

CONTRAT DE DIFFUSION NUMERIQUE DE MEMOIRE

Entre AGROCAMPUS OUEST, Institut supérieur des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage dont le siège est basé 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 RENNES, représenté par son Directeur Général, Grégoire THOMAS et

L'auteur du mémoire :.....

Nom :Le Jeune.....

Prénom : Carole.....

Adresse personnelle : 36 rue du moulin des près.....

Intitulé du mémoire :Les oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique ...

Ci-après désigné auteur,

Article 1

Le présent contrat ne concerne que les mémoires de fin d'études des cursus de formation d'AGROCAMPUS OUEST, déposés suite à la soutenance dans leur version validée par le jury. La diffusion de ces mémoires est conditionnée au visa du responsable de spécialisation/ option, garantissant la prise en compte de l'avis du jury.

Article 2

L'auteur autorise AGROCAMPUS OUEST à diffuser le mémoire sur le site Internet de l'établissement ou sur les plateformes choisies par AGROCAMPUS OUEST en conformité avec la fiche de diffusion correspondante. Le présent contrat a pour objet de permettre à AGROCAMPUS OUEST de diffuser le mémoire dans le respect des droits de propriété intellectuelle de son auteur.

Le présent contrat n'implique pas l'obligation pour AGROCAMPUS OUEST de faire usage de l'autorisation qui lui est donnée. La diffusion effective, tout comme son éventuelle suppression, n'implique en aucun cas une appréciation au bénéfice de l'auteur ou des tiers et n'est pas source de responsabilité à l'égard des tiers.

Article 3

L'auteur demeure responsable du contenu de son œuvre. L'auteur garantit à AGROCAMPUS OUEST qu'il détient tous les droits nécessaires à la diffusion de son œuvre, en particulier les autorisations écrites des titulaires des droits sur les œuvres reproduites, partiellement ou intégralement. En cas de non respect de cette clause, AGROCAMPUS OUEST se réserve le droit de refuser, suspendre ou arrêter la diffusion

des parties du mémoire intégrant des documents ou parties de documents pour lesquels les droits de reproduction et de représentation n'auraient pas été acquis.

AGROCAMPUS OUEST ne pourra être tenu responsable de représentations illégales de documents, pour lesquels l'auteur n'aurait pas signalé qu'il n'en avait pas acquis les droits.

Article 4

L'auteur pourra à tout moment retirer l'autorisation de diffusion qu'il accorde par le présent contrat. Pour cela, il devra en aviser formellement AGROCAMPUS OUEST par lettre recommandée avec accusé de réception. AGROCAMPUS OUEST aura alors l'obligation de retirer l'œuvre lors de la plus prochaine actualisation du site de l'établissement et du portail documentaire.

Article 5

L'auteur autorise AGROCAMPUS OUEST à procéder, le cas échéant, au reformatage de son mémoire en vue de l'archivage, de la diffusion ou de la communication dans le respect des autorisations de diffusion définies par lui précédemment.

Article 6

Les autorisations de diffusion données à AGROCAMPUS OUEST n'ont aucun caractère exclusif et l'auteur conserve toutes les autres possibilités de diffusion de son mémoire.

Article 7

L'auteur autorise, à titre gracieux, la cession des droits de diffusion, concernant le mémoire qui lui appartient. Cette autorisation, dans la durée maximale définie par le droit patrimonial, est strictement réservée à la diffusion du mémoire à des fins pédagogiques et de recherche.

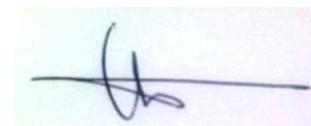
Fait à Paris , le 31 / 08/ 2015

Pour AGROCAMPUS OUEST,

L'auteur,

Pour Le Directeur Général

Et par délégation,



Remerciements :

Je tiens à remercier mon maître de stage Nathalie Gosselet pour son aide et son accompagnement tout au long de mon stage, ainsi que tous les permanents de la FOP : Thibaut Ledermann, Camille Lecomte, Carine Bonnafos, Isabelle Lequio pour leur accueil et leur bonne humeur. Je remercie aussi tous les administrateurs de la FOP qui m'ont écouté et particulièrement Monsieur Christian Rousseau pour son accueil. Merci au directeur de la FOP Grégoire Dublineau, son directeur adjoint Claude Soudé et son président Gérard Tubéry pour m'avoir fait confiance sur ce sujet.

Je tiens de plus à remercier toutes les personnes que j'ai pu rencontrer dans le cadre de ma problématique de stage et qui m'ont aidé à construire ma réflexion et mes analyses par leur expertise.

Julien Coignac, Karine Nisseron, Kristelle Guizouarn, Philippe Dusser, Luc Ozanne et Catherine Bureau du groupe AVRIL

Sylvie Dauguet, Francis Flénet et Anne Shneider de Terre innovia (anciennement Cétiom)

Corinne Peyronnet, Benoit Carrouée, Jean Paul Lacampagne et Pierre Jouffrey, de Terre Univia (anciennement UNIP et ONIDOL)

Stephane De Cara et Marie Hélène Jeufroy de l'INRA Grignon.

Aurore Bescond et Michel Thomas de la FNSEA

Table des matières

Introduction	1
I. Les oléoprotéagineux dans le paysage français, européen et mondial	2
1. Définition des oléoprotéagineux	2
2. Surfaces et production	3
a) Oléagineux.....	3
b) Protéagineux.....	4
c) Dépendance protéique française :.....	5
II. Agriculture et changement climatique :	8
1. Chiffres clés changement climatique	8
2. Agriculture : acteur, victime et solution du changement climatique	8
3. Agriculture : solution au changement climatique : focus puits de carbone	9
4. Particularités des oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique	10
III. Production agricole des oléoprotéagineux et atténuation	11
1. Spécificités agronomiques des légumineuses	11
a) Légumineuses et fixation symbiotique.....	11
b) Autres postes d'économies d'émissions de GES des légumineuses au champ	11
2. Quantification des valeurs d'émissions GES au champ des différentes productions agricoles	13
3. Impact GES de substitutions entre cultures	15
III- Chaîne de production des oléoprotéagineux et atténuation	20
1. Impact GES du débouché biodiesel	20
2. Impact GES de substitutions en alimentation animale	21
a) Impact GES unitaire de la substitution de tourteau de soja par du tourteau de colza.....	21
b) Impact GES de la maximisation des parts d'oléoprotéagineux domestiques au sein des rations animales.....	22
3. Réduction des importations	27
IV- Freins à la maximisation : Potentiel d'atténuation d'émissions de GES actuel permis par les oléoprotéagineux en France	28
1. Capacité agronomique française de mise en culture d'oléoprotéagineux	28
2. Capacité d'absorption de matières premières supplémentaires produites par leurs débouchés	29
3. Contraintes économiques du plan de maximisation	30
a) Conséquences macroéconomiques : impacts sur la balance commerciale française.....	30
b) Potentiels microéconomiques : impacts sur le coût de production des exploitants	34
V- Propositions de leviers à l'horizon 2016 puis 2030 : conséquences en termes d'émissions de gaz à effet de serre	38

1. Leviers politiques.....	39
a) Leviers politiques actuels	39
b) Levier politique futur : proposition de Mesure Agro Environnementale pour 2016.....	40
2. Levier scientifique : amélioration du rendement horizon 2030.....	45
3. Leviers à l'échelle de la filière	45
Conclusion.....	46
Bibliographie.....	48

Introduction

La 21^{ème} conférence des Parties de la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique (COP21) se tiendra à Paris en décembre 2015. Cette dernière s'inscrit dans la continuité des accords du protocole de Kyoto de 1997 qui avait permis à 37 pays développés ou en voie de développement de s'engager sur des objectifs en matière de réduction de GES pour la période 2008-2012.

L'enjeu de cette conférence est d'aboutir à un nouvel accord international sur le climat, applicable à tous les pays, dans l'optique de maintenir un réchauffement mondial en deçà de 2°C. Chaque pays devra s'engager sur un objectif de réduction d'émission qu'il aura préalablement rendu public. Pour atteindre un tel objectif, il faudrait diviser par 2 les émissions mondiales de GES, et par 4 celles des pays développés : c'est ce qu'on appelle le « facteur 4 ».

Cette conférence est l'occasion de mettre en avant le secteur agricole. Le GIEC reconnaît d'ailleurs dans son dernier rapport de 2014 le caractère « unique » de l'agriculture du fait de son rôle central pour la sécurité alimentaire et le développement durable. (Madigner, Benoît, and Roy 2015) L'agriculture est souvent blâmée pour ses émissions de gaz à effet de serre importantes. En effet, le secteur agricole serait responsable de 20 % des émissions GES françaises. Mais le GIEC estime que le secteur des terres (agriculture et sylviculture) pourrait contribuer de l'ordre de 20 % à 60 % au potentiel total d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre mondiale d'ici 2030. (Madigner, Benoît, and Roy 2015)

La production d'oléoprotéagineux possède une place de choix dans la stratégie de lutte contre le changement climatique du secteur agricole grâce à leurs débouchés industriels et à leur particularités agronomiques.

La Fédération Française des producteurs d'oléoprotéagineux (FOP) est une association spécialisée de la FNSEA, qui représente plus de 100 000 producteurs d'oléoprotéagineux. L'enjeu pour la FOP est de montrer que la culture d'oléoprotéagineux a une place à part entière au sein de la lutte contre le changement climatique. L'objectif principal de mon stage au sein de la FOP est de se saisir de l'opportunité de cette conférence d'ampleur internationale afin de quantifier l'intérêt de ces cultures dans la lutte contre le changement climatique sous l'angle des réductions d'émissions de gaz à effet de serre engendrées par celles-ci.

La problématique à laquelle mon mémoire répondra sera : « Quel sont les impacts des oléoprotéagineux en terme d'économies d'émissions de gaz à effet de serre et comment les optimiser ? ».

Afin de répondre à cette problématique, cette étude a nécessité une méthodologie particulière :

Première étape : Evaluation et quantification unitaire des économies d'émissions de GES engendrées par l'introduction d'un hectare d'oléoprotéagineux : à l'échelle de la production agricole et à l'échelle de leur débouchés

Deuxième étape : Proposition d'une maximisation des économies d'émissions de GES engendrées à partir d'une maximisation des surfaces d'oléoprotéagineux mis en culture. Conclusions sur les conséquences en termes d'économies d'émissions GES.

Troisième étape : Détermination des freins à la maximisation et réévaluation du potentiel d'économies d'émissions de GES engendré.

Quatrième étape : Evaluation et proposition de leviers afin d'optimiser au mieux l'intérêt des oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique.

I. Les oléoprotéagineux dans le paysage français, européen et mondial

1. Définition des oléoprotéagineux

Les oléoprotéagineux regroupent les plantes dont les graines sont riches en protéines, que l'on appelle les protéagineux, mais également les plantes dont les graines sont riches en lipide, appelées oléagineux. La trituration des graines oléagineuses produit de l'huile et un coproduit appelé tourteau utilisé en alimentation animale. Les oléagineux regroupent le colza, le tournesol, le soja, le lin, les arachides mais aussi des arbres comme le palmier à huile ...

Les protéagineux sont des plantes annuelles appartenant à la famille des légumineuses. Leurs graines sont riches en protéines. On distingue en général les légumineuses en deux catégories : les légumineuses fourragères (luzerne, sainfoin, trèfles, etc.), cultivées pour servir de fourrage pour les ruminants, et les légumineuses à graines, qui sont portées à maturité destinées à l'alimentation animale et humaine. La présente étude se focalisera sur les légumineuses à graines, cultures que la FOP défend principalement.

Le cas du soja est particulier, car c'est à la fois un oléagineux (graine riche en huile) et une légumineuse (plante fixatrice d'azote). Le soja est considéré par la réglementation européenne comme une légumineuse oléagineuse. Elle n'entre pas dans la catégorie des protéagineux. La réglementation européenne distingue donc: les protéagineux, regroupant pois protéagineux, féveroles et lupins et les oléagineux, incluant le soja. Lorsque l'on parlera de légumineuses au sein de l'étude, celles-ci correspondront aux légumineuses à graines (protéagineux à graines et soja).

2. Surfaces et production

a) Oléagineux

La production mondiale de graines oléagineuses a atteint en 2014-15 un volume de 523 millions de tonnes. (FOP 2015) Les trois principaux producteurs de graines oléagineuses sont les USA (110 Mt), le Brésil (100 Mt) et l'Argentine (60 Mt) (FOP and Gosselet 2015). A eux trois, ils regroupent près de 45 % de la production mondiale totale. L'Union Européenne a produit quant à elle 33 Mt de graines oléagineuses en 2014-15 (FOP and Gosselet 2015). La production mondiale d'oléagineux est nettement dominée par la culture de soja. En effet, avec 313 Mt de soja produit dans le monde en 2014-15, le soja représente 60 % des productions d'oléagineux mondiales. En 2012, la part de soja atteignait même les 70 % (fig 1).

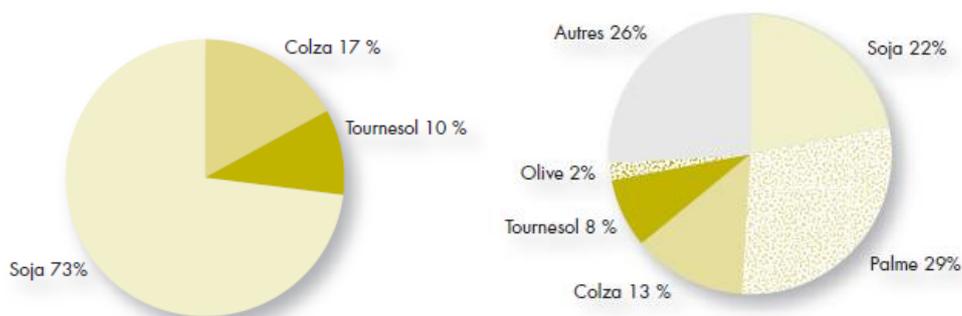


Figure 1: Répartition mondiale de production de graines oléagineuses (à gauche) et répartition mondiale de production d'huile végétale en 2012 (à droite) (PROLEA 2012)

L'Indonésie est le principal producteur d'huile végétale dans le monde. Sa production d'huile de palme représente plus de la moitié de la production mondiale d'huile de palme (26 Mt en 2012). La production d'huile de palme représentait près de 30 % de la production d'huile mondiale, contre 13 % pour le colza et 8 % pour le tournesol en 2012 (fig 1). L'UE a produit 22 Mt d'huile en 2012 (11 % de la production mondiale), et produit près de la moitié de la production mondiale d'huile de colza. (PROLEA 2012)

L'UE est le premier producteur mondial de graines de colza et de tournesol. Alors que 60 % des oléagineux produits sont du soja, l'UE produit pratiquement uniquement du colza et du tournesol. La culture de soja est encore très confidentielle en Europe et en France (200 000 t produites en 2014) (FOP and AGRESTE 2015). L'Union Européenne et la France se détachent ainsi totalement du reste du paysage mondial en termes de production d'oléagineux. Ces derniers se sont tournés vers les cultures de colza et de tournesol en majorité du fait de contraintes climatiques et réglementaires.

En 20 ans, les surfaces de colza ont presque doublé en France (fig2). Ceci est dû à la politique de relance des oléagineux des années 1990 (Charlier and all, 2013) mais aussi au développement de la production de biocarburants à partir de 1993 et surtout en 2005 avec l'adoption de la directive biocarburant. (Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne 2009)

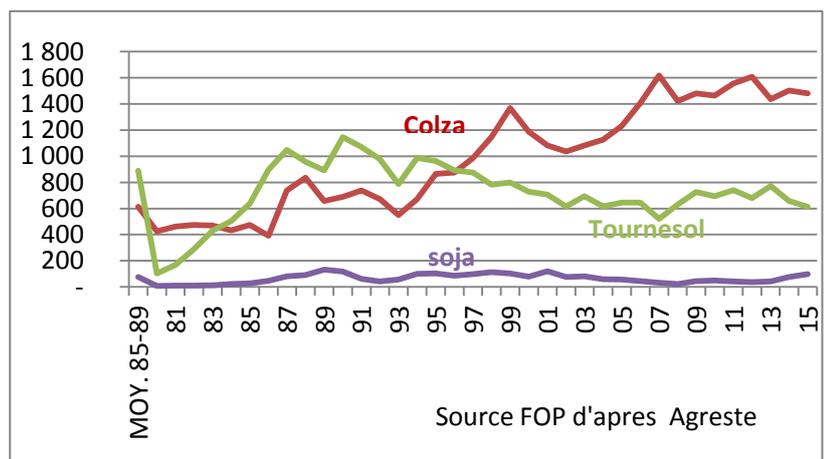


Figure 2: Evolution des surfaces en oléagineux en France (FOP 2015)

La France est le premier pays producteur de graines oléagineuses de l'UE avec 7,3 Mt produites en 2014 (FOP and AGRESTE 2015). La France est donc un pays dominant en termes de production de graines oléagineuses et de produits transformés (tourteaux et huile) sur le marché européen. Mais à l'échelle mondiale, l'Union Européenne est surpassée par des producteurs d'oléagineux colossaux tels que le Brésil, les Etats Unis et la Chine.

b) Protéagineux

Evolution des surfaces :

En 1960, la France cultivait 160 000 ha de légumineuses à graines essentiellement pour l'alimentation humaine. Puis, le changement des régimes alimentaires a engendré une chute spectaculaire de la production. A la fin des années 1970, la culture des légumineuses à graines s'est redéveloppée grâce à une forte volonté politique française et européenne d'orienter cette production vers un débouché en **alimentation animale**. En 1973, l'embargo sur les oléagineux décrété par les Etats-Unis fait prendre conscience à l'Europe de sa dépendance au soja américain. Elle adopte en conséquence des mesures de soutien aux cultures d'oléagineux et de légumineuses à graines destinées à l'alimentation animale : en

1974, fixation d'un prix d'objectif pour le soja et en 1978 les protéagineux utilisés dans l'alimentation animale sont intégrés dans la PAC avec la mise en place d'un dispositif d'aide à la transformation. L'augmentation des surfaces se poursuit jusqu'en 1993, pic historique des surfaces semées en pois de 756 000 ha en France. Le recul qui suit est principalement dû aux réformes de la PAC depuis 1992 qui ont amplifié la perte de productivité du pois (chute des rendements). Sur la période plus récente, le **plan protéagineux** national (2009-2013) a permis de redynamiser la production en 2009 et 2010, mais de nouveau les surfaces chutent dès 2011. Depuis, un nouveau plan protéines végétales 2014–2020 a été lancé. On peut facilement lire sur le graph que l'évolution des surfaces de protéagineux en France est tributaire des plans politiques engagés (fig3). Cette évolution démontre la fragilité de cette filière qui n'a pas encore trouvé de méthode pérenne pour se développer. (Charlier and all 2013)

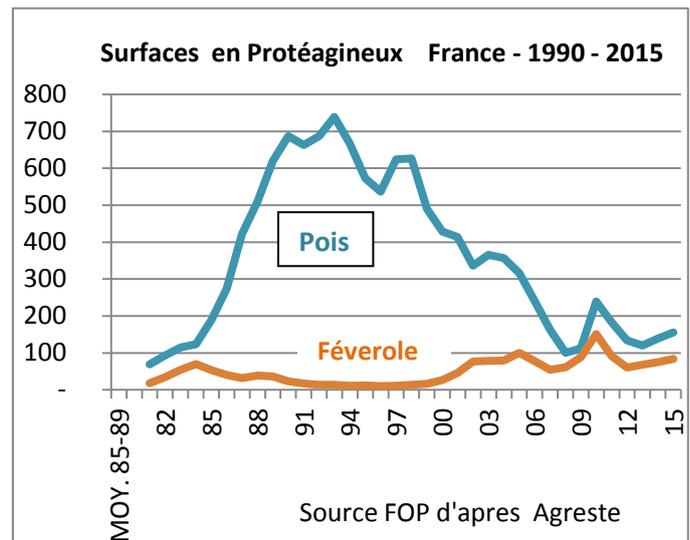


Figure 3 : Evolution des surfaces de protéagineux en France (FOP and AGRESTE 2015)

Productions : La France est le premier producteur de protéagineux au sein de l'Union Européenne avec 530 000 t produits en 2013 devant les Royaume Unis (114 000 t). (fig 4)

A l'échelle mondiale, la France est le cinquième producteur de protéagineux (0,5 Mt) derrière le Canada (3,5 Mt), la Russie (1,6 Mt), la Chine (1,1 Mt) et l'Inde (0,7 Mt).

La France est un producteur important de protéagineux mais les volumes produits sont encore très faible et une marge de progression est possible. (PROLEA 2012)

c) Dépendance protéique française :

Il existe un déficit préoccupant en matières riches en protéines (MRP) en France et en Europe. Favoriser la culture de légumineuses en France permettrait d'augmenter notre

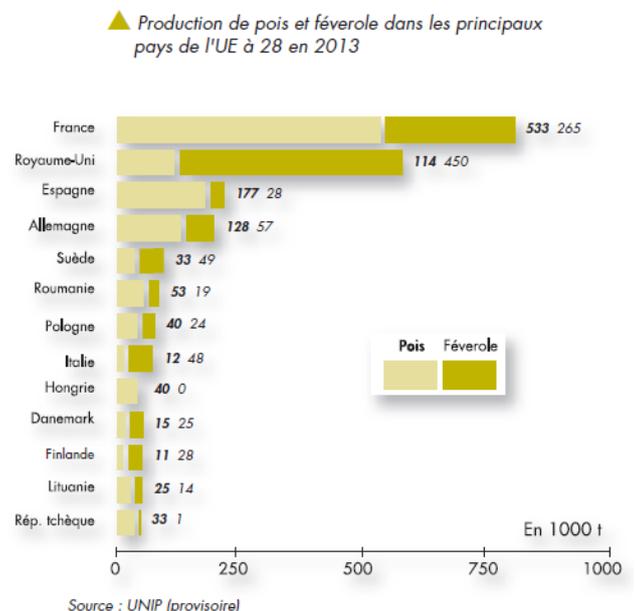


Figure 4 : Production de pois et féverole en UE à 28 en 2013 (PROLEA 2012)

autonomie protéique et de diminuer nos importations de soja en provenance du Brésil et des Etats Unis par exemple. Cette augmentation des surfaces cultivées permettrait de diminuer l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre de l'alimentation animale mais aussi de fournir aux éleveurs des produits tracés d'origine locale et de qualités.

Les figures 5 et 6 ci-dessous mettent en évidence l'écart entre la production et la consommation de Matières Riches en Protéines (MRP) au sein de l'UE et en France. L'Union Européenne souffre d'un déficit moyen en protéine de 70 % tandis qu'en France celui-ci ne dépasse pas les 40 %. Le déficit a d'abord commencé à être comblé en France par le développement de la culture d'oléagineux en 1990 sur le territoire. Puis cet écart a été maintenu à 40 % grâce à l'essor des biocarburants depuis la fin des années 2000 comme vu précédemment. Aujourd'hui la troisième étape pour continuer à combler ce déficit en France et atteindre l'indépendance protéique serait celle du développement de la culture de légumineuses, tout en maintenant la production d'oléagineux.

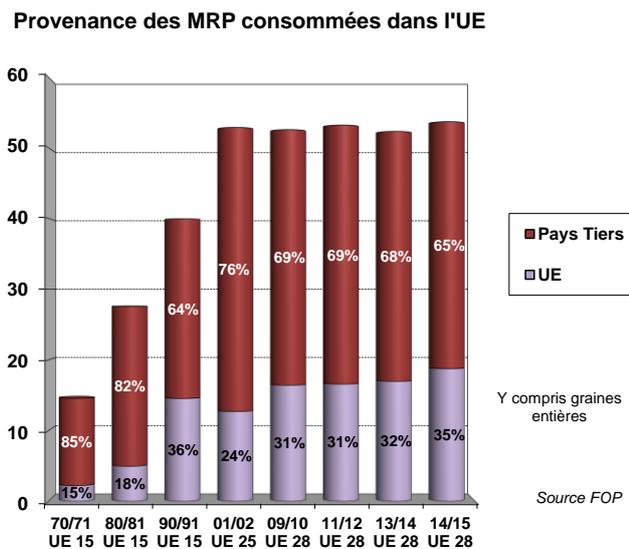


Figure 5: Provenance des Matières Riches en Protéines (MRP) Consommées en UE 27 ((FOP and Gosselet 2015)

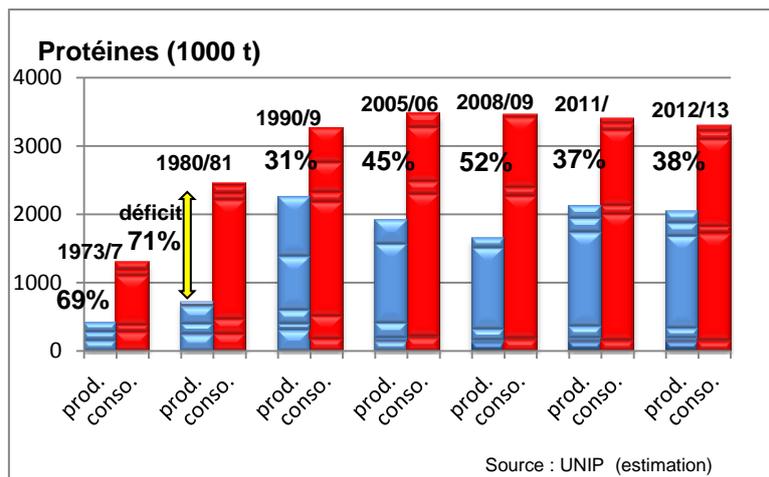


Figure 6: Production de consommation des matières riches en protéines en France (UNIP and Lacampagne 2014)

Compensation nationale de la dépendance protéique française : Aujourd'hui 3,5 millions de tonnes de tourteau de soja sont importés chaque année en France pour l'alimentation animale. (UNIP and Lacampagne 2014) Combien d'hectares supplémentaires d'oléoprotéagineux seraient nécessaires sur le territoire afin de remplacer les 3,5 millions de tonnes de tourteaux de soja importés ? On effectue un calcul en chiffrant les équivalents protéiques des tonnes de tourteaux importés ainsi que celle des tourteaux de colza et grains de pois à produire en compensation.

Equivalents protéiques : (Arvalis and CETIOM 2011)

Colza : 1 t tourteaux de colza = 0,702 t Tourteau de soja

Pois : 1 t grains de pois = 0.478 t tourteau de soja

Pour remplacer les 3,5 millions de tonnes de tourteau soja importés en France il faudrait ainsi:

- 5 millions de tonnes supplémentaires de tourteau de Colza produits, ou bien
- 7,3 Millions de tonnes de pois

En remplaçant ces données volumiques en hectares :

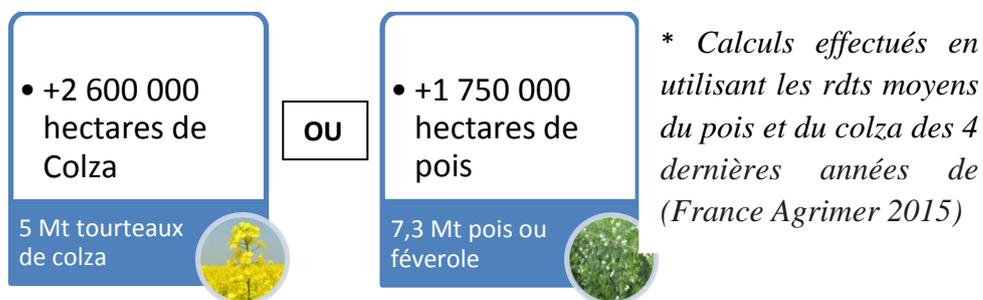


Figure 7: Surfaces supplémentaires d'oléoprotéagineux nécessaires à l'indépendance protéique totale française (Paris, 25/06/2015, Carole Le Jeune, d'après données (France Agrimer 2015))

L'indépendance protéique totale supposerait des surfaces supplémentaires d'oléoprotéagineux colossales. Nous verrons plus tard que ce chiffre se confrontera à plusieurs freins à la production.

II. Agriculture et changement climatique :

1. Chiffres clés changement climatique

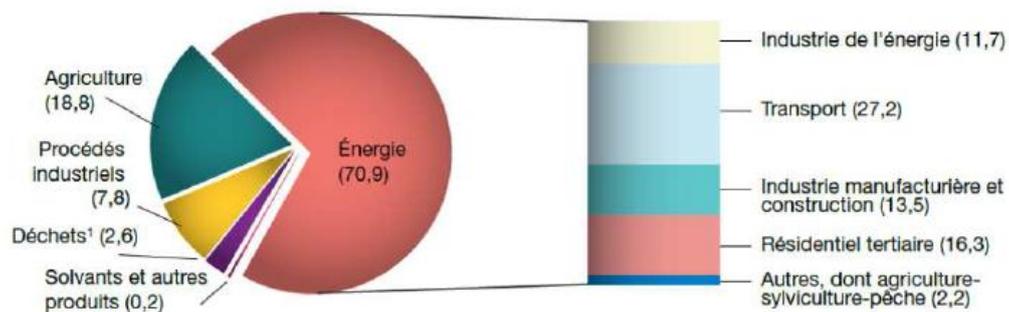


Figure 8 : Répartition par sources des émissions de GES en France en 2011 ((Madigner, Benoît, and Roy 2015) issue de l'Agence européenne pour l'environnement, juin 2013)

L'agriculture française est responsable de près de 20 % des émissions françaises de gaz à effet de serre. C'est le deuxième secteur le plus émetteur après celui des transports. (fig 8) Dans ces 20 % se retrouvent :

- 50 % d'émission de N₂O dus à la fertilisation azotée et à la minéralisation des sols,
- 40 % de CH₄ dus en majeure partie à l'élevage,
- 10 % de CO₂ émis par les machines agricoles et le chauffage des serres.

(Madigner, Benoît, and Roy 2015)

Toutefois, ces émissions ont baissé de 11,4 % depuis 1990, en particulier du fait de la diminution du cheptel bovin et de la baisse de la consommation d'engrais azotés. Rappelons qu'à l'échelle mondiale, la France est responsable de 2 % des émissions de GES totales.

2. Agriculture : acteur, victime et solution du changement climatique

L'agriculture est à la fois victime, acteur et solution (Madigner, Benoît, and Roy 2015) du changement climatique. L'agriculture est d'abord victime du changement climatique car elle subit des baisses de rendements agricoles. L'exploitant est soumis à des risques plus importants face aux dérèglements climatiques accrus. L'agriculture est aussi en partie responsable du changement climatique. En effet, d'après le GIEC l'agriculture serait responsable de 35 % des émissions de gaz à effet de serres mondiales (20 % des émissions

françaises) (GIEC 2014) Le secteur de la terre (agriculture et forêts) fournit de plus de nombreux services environnementaux comme l'absorption et le stockage du carbone qui permettent l'atténuation du changement climatique. Un double défi de sécurité alimentaire et d'enjeu climatique planétaire se profile depuis plusieurs années. Cette double problématique suppose de « produire plus et mieux ». Le secteur agricole prend donc une place majeure dans la réponse à ce défi aux côtés de la sylviculture. La recherche de l'efficacité (plus de production et de stockage rapportés aux émissions de GES) est souvent considérée comme l'objectif clé en agriculture. En effet, d'ici 2050 il faudra augmenter la production alimentaire de 70 % pour nourrir 9 milliards de personnes tout en ayant le moins d'impact possible sur l'environnement. Le GIEC estime que le secteur des terres (agriculture et sylviculture) pourrait contribuer de l'ordre de 20 % à 60 % au potentiel total d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre mondiale d'ici (GIEC 2014) La promotion d'une agriculture « climato-intelligente » conjuguant adaptation au changement climatique, atténuation des émissions et sécurité alimentaire paraît indispensable.

3. Agriculture : solution au changement climatique : focus puits de carbone

Les sols français représentent un réservoir de 3 à 4 milliards de tonnes de carbone. Au niveau mondial, on estime ce réservoir à 1 500 milliards de tonnes de carbone organique. (Robert 2002) Aussi, une augmentation de ce stock, même minime, pourrait avoir un rôle pour limiter le flux de GES vers l'atmosphère. Par exemple, Selon Jean-François Soussana, directeur de recherche Environnement à l'Inra "Une augmentation relative de 4 pour 1 000 par an des stocks de matière organique des sols suffirait à compenser l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre de la planète. » (Intervention lors de la conférence internationale « Our Common Future under Climate Change » (CFCC) qui se tient du 7 au 10 juillet 2015 à l'Unesco)

Les Grandes Cultures constituent de véritables puits de carbone grâce au mécanisme de photosynthèse qui leur permet de prélever le CO₂ atmosphérique et de le stocker sous forme de carbone organique. Cette biomasse peut ensuite être dégradée dans le sol (minéralisation). Le stockage est donc temporaire, mais il peut être plus ou moins long selon les conditions du milieu. De nombreux travaux ont montré que le moyen le plus sûr et le plus efficace pour agir sur le stock de carbone est l'augmentation globale de la production de biomasse qui peut être obtenue par une augmentation des rendements en grain et en résidus de culture. (Arvalis 2015)

4. Particularités des oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique

Le protoxyde d'azote (N₂O) est le seul gaz à effet de serre qui soit quasiment spécifique à la mise en valeur agricole des sols, son pouvoir réchauffant est trois cent fois plus important que celui du dioxyde de carbone (Jeuffroy and Bamière 2008). Il est émis en majeure partie suite à l'épandage de fertilisants azotés sur les parcelles agricoles. La diminution de la fertilisation azotée semble donc être un levier essentiel pour l'agriculture dans sa lutte contre le changement climatique. Les légumineuses étant capables de capter l'azote de l'air, leur culture ne nécessite aucun apport d'azote minéral et en restitue même aux cultures suivantes. Cette propriété particulière est due à la présence de nodosités au sein de leur système racinaire qui fixe l'azote atmosphérique par symbiose avec des bactéries du genre rhizobium. Ce qui, à moyen terme, diminue considérablement l'épandage d'azote minéral sur les sols. Les légumineuses participent ainsi à la diminution des émissions de protoxyde d'azote.

Les oléagineux permettent une économie des émissions de gaz à effet de serre par le biais de leurs produits issus de l'industrie. En effet, l'huile végétale issue de la trituration des graines permet la production de biodiesel. Ce carburant remplace l'utilisation de carburants fossiles plus émetteurs en dioxyde de carbone (CO₂). Cette huile végétale peut aussi être transformée au sein de la filière de l'oléo-chimie. Les bioproduits issus de cette filière ne sont pas issus de matières fossiles et donc moins émetteurs en GES.

Nous avons pu apprécier le rôle central que présente l'agriculture dans la lutte contre le changement climatique, ainsi que la place particulière occupée par les oléoprotéagineux. Dans la suite de cette étude, nous allons quantifier les effets des oléoprotéagineux dans l'atténuation des émissions des gaz à effet de serre.

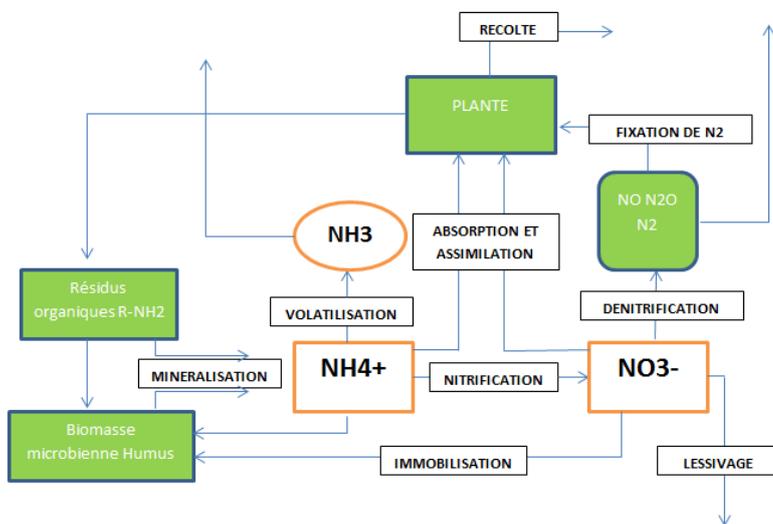
III. Production agricole des oléoprotéagineux et atténuation

1. Spécificités agronomiques des légumineuses

a) Légumineuses et fixation symbiotique

Les légumineuses permettent la fixation de l'azote atmosphérique (N_2) par voie biologique, elles représentent une alternative à la voie chimique permise par la production industrielle d'engrais. L'azote fixé par la légumineuse peut profiter à la plante elle-même mais aussi aux cultures voisines ou suivantes. Mise à part de faibles émissions d'ammoniac par les stomates des légumineuses ou par la dégradation de leurs résidus post-récoltes, celles-

ci sont incomparables à celle engendrées par les cultures fertilisées. (Schneider and Huyghe 2015)



La formation de N_2O résulte du processus de dénitrification du nitrate du sol (NO_3^-). La dénitrification est un processus d'absorption de nitrate par la plante. Il est en équilibre avec la nitrification (formation de NO_3^-) et la lixiviation (transfert de NO_3^-) (Fig 9)

Figure 9: cycle de l'azote du sol, Paris, 10/04/2015, Carole Le Jeune d'après (Schneider and Huyghe 2015)

b) Autres postes d'économies d'émissions de GES des légumineuses au champ

Les particularités agronomiques des légumineuses permettent une atténuation des émissions de gaz à effet de serre au champ par l'intermédiaire de différents postes (en comparaison avec une culture fertilisée en moyenne à 170 kg d'azote par hectare) :

Diminution de la fertilisation azotée par l'introduction de légumineuses. La fertilisation azotée engendre une émission importante de protoxyde d'azote du fait de l'activité microbienne du sol. En effet, la microfaune du sol participe à différentes réactions chimiques ayant pour substrat les formes majoritaires d'azotes minérales du sol (l'ion ammonium NH_4^+ et le nitrate NO_3^-). Ce sont les réactions de dénitrification qui entraînent des émissions de

N₂O (cf fig 9). L'introduction de légumineuses réduisant l'apport d'azote minéral au sol permet la diminution d'émission de protoxyde d'azote. (Jeuffroy and Bamière 2008)

Une diminution de fertilisation qui permet une diminution des émissions amont liées à la fabrication d'engrais de synthèse. En France la fabrication d'une tonne d'ammoniac nécessaire à la synthèse d'engrais azoté libère en moyenne 2 t éq.CO₂, et celle d'une tonne d'acide nitrique (à l'origine de l'ammonitrate) rejette 0,6 t éq.CO₂. (L'équivalent-CO₂ désigne le potentiel de réchauffement global (PRG) d'un gaz à effet de serre.) (Jeuffroy and Bamière 2008)

Diminution de la consommation de carburant. Un moindre passage des pulvérisateurs pour épandre engrais et produits phytosanitaires permet de diminuer les émissions de CO₂ induites par la consommation d'énergie fossile. L'introduction de légumineuses permet de surcroît d'introduire les cultures suivantes en semis direct qui permet une diminution de la pression adventices et des passages de tracteurs. (Jeuffroy and Bamière 2008)

Effet précédent : Les légumineuses à graines ont un « effet précédent » positif sur les cultures qui les suivent, notamment sur les céréales. Cet effet précédent se traduit par une augmentation de rendement de la culture suivant, permise par une meilleure efficacité de l'azote disponible. Par rapport à un précédent de céréales à paille, le pois permet d'économiser entre 20 et 60 kg N/ha sur le blé ou le colza suivant. (Benoît Carrouée, Crépon, and Peyronnet 2003)

Association : Les associations de cultures comportant des légumineuses à graines en système de grandes cultures engendrent un potentiel important d'économies d'azote. Une association blé/pois engendrerait une diminution légère de rendement avec une économie d'apport d'azote de 90 kg N / ha par rapport à une culture de blé pur recevant en moyenne 170 kg N/ha. Cette pratique, promu par le CETIOM est en cours de vulgarisation et de plus en plus de producteurs y ont recours même si elle est encore marginale. (Benoit Carrouée et al. 2012)

2. Quantification des valeurs d'émissions GES au champ des différentes productions agricoles

Le bilan GES des matières premières végétales agricoles non transformées au moment de leur sortie de l'exploitation correspond à la somme des émissions GES générées par leur production et leur traitement éventuel (séchage, extrusion...). Avant toute estimation d'émissions GES, il convient d'énumérer les différents postes d'émissions liés à la production de ces matières premières (Cf tableau 1) :

Tableau 1: Différents postes d'émissions GES liés aux pratiques agricoles issu de (BERLIER 2010)

Pratique	Origine des émissions
Epandage des engrais (C02)	- Fabrication des engrais (émissions directes) - Epandage motorisé : émissions indirectes lors de la production et mise à disposition de l'énergie nécessaire au fonctionnement du tracteur, émissions directes via la combustion de carburant
Nitrification / Dénitrification (émission directe de N2O due à l'apport d'azote minéral au sol)	-Augmentation de production de N2O par les microorganismes du sol -Enrichissement en azote du milieu par lessivage de nitrate et volatilisation d'ammoniac
Semis (C02)	-Emissions indirectes dues à la fabrication des semences -tracteur : émissions indirectes pour les ressources énergétiques + émissions directes dues à la combustion du carburant.
Labours+ récolte (C02)	Tracteur : émissions indirectes pour les ressources énergétiques + émissions directes dues à la combustion du carburant.
Traitement phytosanitaire (C02)	-Emissions indirectes dues à la fabrication des produits phytosanitaires -tracteur
Séchage (C02)	Consommation d'électricité ou de gaz

Un bilan des émissions GES par culture a été réalisé par Arvalis Institut du Végétal :

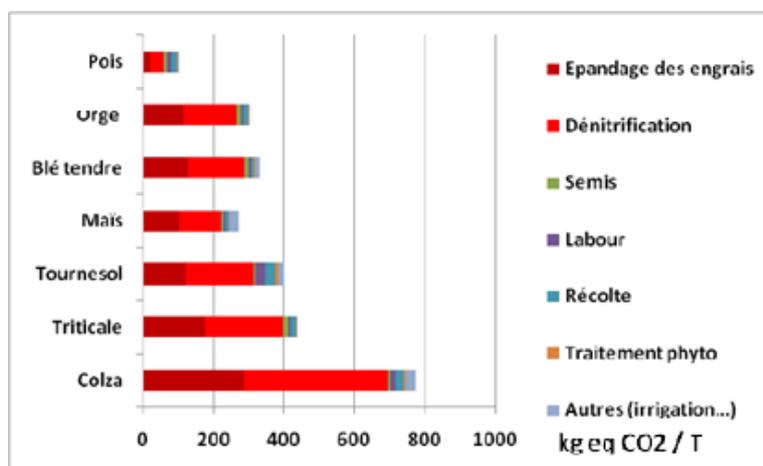


Figure 10 : Bilan GES des matières premières végétales par postes d'émissions (BERLIER 2010)

On observe d'abord sur la figure 10 que le pois est de loin la matière première émettant le moins de gaz à effet de serre à la tonne produite. Ceci est dû principalement au non épandage d'engrais nécessaires sur cette culture. En effet, on peut voir que la part d'émissions de gaz à effet de serre due à l'épandage d'engrais et à la dénitrification représente plus des trois quart des émissions totales de la matière première. Le colza est quant à lui assez mal classé dans le bilan GES des matières premières. Très gourmande en intrants azotés, la culture de colza émet donc relativement plus que les autres cultures. On rappelle que ces résultats sont calculés à la tonne de matière première produite et non à l'hectare, on verra par la suite que le colza émet moins à l'hectare comparativement à un hectare de blé.

Ces ordres de grandeurs sont confirmés par la base de données d'agri-BALYSE, qui en 2015 a réalisé l'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) des principaux produits agricoles français dans le tableau 2. (Cf annexe I pour voir les détails des calculs pour l'ACV faite par Agri-BALYSE)

Tableau 2 : Résultats ACV de cultures (Carole Le Jeune d'après données Arvalis 2010 et Agribalyse 2015)

Emissions GES (kg CO ₂ / t de matière première)	ARVALIS (2010)	AGRIBALYSE (2015)	Moyenne
Pois	119	197	158
Blé	351	420	385,5
Colza	800	900	850
Tournesol	400	520	460

Même si les ordres de grandeurs sont les mêmes (fig11), on constate des différences entre les résultats résultant des débats qui sont encore en cours au sein de la profession sur les différentes méthodes d'estimations.

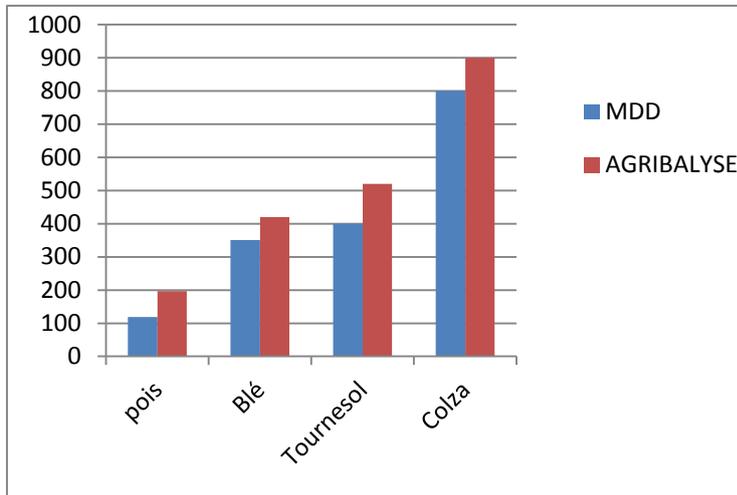


Figure 11 : Résultats émissions GES de cultures des différentes bases de données (Carole Le Jeune d'après Arvalis et Agribalyse)

Limites du bilan gaz à effet de serre : Les bilans peuvent être très variables avec un fort taux d'incertitude du fait de la variabilité des pratiques culturales inter et intra régionales, de la variabilité des émissions GES directes réelles liées à la variabilité des phénomènes biologiques et biochimiques, ainsi que des incertitudes liées à l'estimation des facteurs d'émissions ...

Remarque : prise en compte des changements directs d'affectation des sols : La mise en culture de matières premières se fait parfois suite à des conversions de forêt ou de prairie en terre arable. C'est ce qu'on appelle le changement d'affectation des sols (CAS). Ce phénomène est source d'émissions de gaz à effet de serre du fait de la libération du carbone contenu dans le sol par la matière organique. Les émissions GES issues des CAS sont évaluées par le GIEC qui inclut tous les changements directs d'utilisation des terres ayant lieu après le 1^{er} janvier 1990. La méthode consiste à affecter 1/20^{ème} des émissions totales à la culture qui suit, et ce chaque année au cours des 20 années qui suivent le changement d'affectation du sol. (BERLIER 2010)

Périmètre d'analyse : On estime qu'en France il n'y a pas eu de changement direct d'affectation des sols durant les 20 dernières années. La prise en compte des CAS directs se fera uniquement dans le cas de cultures importées de pays touchés par la déforestation (une partie du soja au Brésil). (BERLIER 2010) **Remarque :** Nous évoquerons la question des CAS indirects au cours de la suite de notre étude.

3. Impact GES de substitutions entre cultures

Après avoir replacé les oléoprotéagineux dans les émissions GES moyennes des matières premières, nous allons tenter de quantifier les économies ou coûts d'émissions de GES

engendrés par les cultures d'oléoprotéagineux. Pour cela, on compare les émissions engendrées par la culture de pois et de blé d'un côté et de colza et de blé de l'autre.

Hypothèse : Au sein de cette analyse d'impact des oléoprotéagineux sur les émissions de gaz à effet de serre au champ, on fait l'hypothèse **qu'un hectare de pois ou de colza remplace d'office un hectare de blé**. Cette hypothèse résulte du fait que le blé est la culture de référence en France, majoritaire au sein de l'assolement grandes cultures français. On se basera sur les données les plus récentes d'agri-BALYSE du tableau 2. (Cf annexe II pour les détails)

Tableau 3 : Comparaison des émissions GES des cultures de blé et colza par kg de grains produits et par hectare (Carole Le Jeune d'après données Agrybalise)

	Emissions GES par kg eq CO ₂ / kg de grain	Emissions GES par hectare de culture
Δcolza/blé	481	-55
Δpois/blé	-222	-2160
Δtournesol/blé	107	-1710

On observe sur le tableau 3 que lorsque l'on compare les émissions de GES Colza/blé et pois/blé, les chiffres diffèrent fortement entre les émissions ramenées au kilogramme de grains produits et celles ramenées à l'hectare. On se rend rapidement compte que le colza a un effet négatif sur les émissions GES (+ 480 kg eq CO₂) par rapport au blé en raisonnant par kg de grain produit mais neutre à légèrement positif si l'on raisonne par hectare mis en culture (- 55 kg eq CO₂). Ceci est dû à la différence de rendement entre le blé et le colza. De plus, le pois a un effet bien plus impactant en termes d'économies d'émissions GES lorsque l'on raisonne par hectare. Par Kg de grains produits, le pois permet une économie par rapport au blé de 200 kg eq CO₂ tandis qu'un hectare de pois permet d'économiser 2 t eq CO₂ par rapport à un hectare de blé.

Périmètre d'analyse : Au sein de cette étude, nous avons choisi de raisonner par hectare d'oléoprotéagineux mis en culture car l'objectif de cette étude est de décrire les impacts des modifications de l'assolement sur le territoire français sur les émissions de gaz à effet de serre.

L'étude se focalisera donc sur l'impact GES de la mise en culture d'un hectare d'oléoprotéagineux.

Suite à cette première quantification simplifiée des impacts GES des oléoprotéagineux par rapport au blé, nous allons approfondir l'analyse afin d'obtenir des chiffres plus précis ou plus adaptés aux filières que nous étudions. Compte tenu des différences de niveau d'impact GES observées entre les légumineuses d'un côté et les oléagineux de l'autre, nous pouvons dire et déjà affirmer que la mise en culture d'un hectare d'oléagineux n'a pas d'impact significatif sur l'atténuation des émissions GES au champ. Son effet est neutre à l'échelle de l'exploitation. Nous allons désormais analyser plus en détail l'impact GES des légumineuses au champ.

4. Focus sur l'impact GES de l'introduction de légumineuses à graine en grandes cultures

Quantification de l'impact de l'introduction de légumineuses sur les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle d'une rotation : effet précédent du pois

Du fait d'une quantité de données bibliographiques très importante concernant le pois par rapport aux autres légumineuses, **les calculs et références se feront en règle générale sur le pois dans le cas de l'étude des légumineuses**. On rappelle que le pois est un protéagineux de la famille des légumineuses. Les légumineuses comprennent les protéagineux et le soja.

Définition : on appelle blé sur blé un blé qui est mis en culture au sein d'une rotation où était déjà mis en culture du blé l'année précédente. Le blé de pois correspond à un blé suivant un pois au sein d'une rotation.

Quantification de l'effet précédent du pois : Des travaux de l'UNIP d'après des données d'enquêtes parcellaires de centres de gestion (CER France) en collaboration avec les chambres d'agriculture ont démontré et quantifié l'effet précédent du pois sur le blé. Cette analyse des bases de données d'enquêtes a permis de confirmer un effet positif du pois sur le rendement du blé qui suit. Comparativement à un blé de précédent blé (succession fréquente dans toutes les régions étudiées), le gain de rendement est assez stable entre régions et est proche de 8 q/ha en moyenne pluriannuelle. On pourra retrouver en annexe III les détails des résultats de l'étude. Du fait de la grande stabilité du gain de rendement, le rapport final du projet Casdar de 2009 propose la valeur de + 8 q/ha comme valeur par défaut concernant l'effet précédent du pois sur le rendement du blé suivant. (Benoit Carrouée et al. 2012)

L'outil Farmstar développé par le CETIOM et Arvalis permet de délivrer des conseils à la parcelle à des stades clés de croissance des cultures. Cet outil estime qu'en moyenne sur

des parcelles de blé qui succèdent à une culture de pois, **l'apport d'azote nécessaire pour atteindre le rendement de + 8 q/ha serait diminué en moyenne de 50 kg/ha.** (Benoit Carrouée et al. 2012)

Concernant l'effet d'une culture de pois précédent un colza, les données sont trop rares pour être analysées statistiquement. Sur les moyennes obtenues sur les essais pois-colza du CETIOM, on n'observe pas systématiquement d'augmentation du rendement du colza suivant mais une diminution du besoin en azote de 50 kg/ ha (moyenne annuelle) avec l'outil Farmstar. D'autres essais sont en cours pour affiner ces chiffres. (Benoit Carrouée et al. 2012)

Par son effet précédent, le pois permet donc une diminution d'émission de gaz à effet de serre à l'échelle de la rotation.

Quantification de l'impact de l'introduction de légumineuses sur les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du territoire français :

Capacité agronomique de mise en culture de légumineuses : A partir de différentes hypothèses, on analyse l'impact de réintroduction maximale des légumineuses à graines au sein de rotations de grandes cultures sur les émissions GES à l'échelle de tout le territoire français. Pour cela, on quantifie la capacité agronomique de production de légumineuses sur le territoire. Voici les hypothèses (Jeuffroy and Bamière 2008) :

- Introduction maximale d'une légumineuse à graines 1 fois tous les 6 ans dans la rotation, suivant les recommandations techniques pour limiter le risque de bioagresseur et pour maintenir une diversité dans les cultures de la succession. En conséquence, sur les sols éligibles, la proportion de légumineuses à graines dans l'assolement est de 16,7%.
- Les sols éligibles présentent des surfaces ne possédant ni de RU < 80 mm (Ressource utile) ni d'éléments grossiers. La proportion de la surface en grande culture en France, éligible pour cultiver des légumineuses à graines, atteindrait ainsi les 61% (ce qui représente une hypothèse basse d'après les experts du CETIOM et de l'UNIP).
- L'introduction d'une légumineuse à graines se fait au détriment du blé tendre (1/6 de la surface en légumineuses), de l'orge (2/3) et du colza (1/6).
- 5/6 des légumineuses sont suivies d'un blé et 1/6 d'un colza.

La surface maximale de mise en culture de légumineuses à graine sur le territoire français serait d'après l'INRA de 1 300 000 hectares

La potentiel agronomique de remise en culture des légumineuses est très important et a permis à l'équipe de quantifier l'impact GES de l'introduction de légumineuses supplémentaires au sein de l'assolement français. (Jeuffroy and Bamière 2008)

Périmètre d'analyse pour les légumineuses : On quantifie les économies d'émissions GES engendrées par l'introduction de légumineuses à graines dans les rotations, majoritairement du pois, en substitution à l'orge pour 2/3 des surfaces concernées, au blé et au colza pour 1/6 chacun sur la base d'une fertilisation azotée nulle sur le pois et réduite de 33 kg N/ha en moyenne sur la culture suivante (effet précédent minimisé pour cette étude par rapport aux résultats du CETIOM d'économie de fertilisation de 50 kg N / ha)).

A partir de la nouvelle surface de légumineuses mis en culture, l'équipe de l'INRA a calculé son potentiel total d'atténuation d'émissions de gaz à effet de serre. Ce potentiel d'atténuation total a été ramené à l'hectare de légumineuses introduites.

L'introduction d'un hectare de légumineuses au sein des rotations permet d'économiser l'équivalent des émissions d'une voiture à vitesse moyenne roulant sans interruption pendant deux semaines et celle de **10 heures de vol d'un airbus A380**

Ramenée à l'hectare de légumineuse introduite, l'atténuation est de l'ordre de 2 t CO₂ eq./ha/an en grande culture. (Sans prise en compte de l'impact de la substitution de soja importé pour l'alimentation animale). Ce chiffre a été rendu public et est communiqué au grand public par l'ADEME, le MAAF et le MEEDE.

*1 hectare de légumineuses permet l'économie de
2 t eq CO₂ d'émission de gaz à effet de serre.*

(Jeuffroy and Bamière 2008)

Cohérence entre les différents chiffres obtenus:

Etude préliminaire de substitution au blé : on retrouve approximativement la même économie d'émissions de GES obtenue précédemment lors l'étude préliminaire. On avait en effet obtenu une économie d'environ 2 tonnes eq CO₂ par hectare de pois remplaçant un hectare de blé.

III- Chaîne de production des oléoprotéagineux et atténuation

1. Impact GES du débouché biodiesel

Un hectare de colza permet la production de 1 600 L de biodiesel (ADEME 2010) Ce biodiesel permet une atténuation d'émission de GES par effet de substitution de produits fossiles. Dans le but d'obtenir un chiffre précis d'atténuation d'émissions de gaz à effet de serre, on calcule l'économie d'émissions GES engendrée par la mise en culture d'un hectare de Colza transformé en huile biodiesel, à partir des analyses de cycle de vie de réalisées par l'ADEME en 2010 sur le biodiesel de colza. Comme deux tiers de l'huile de produite est réellement transformée en biodiesel, le reste allant en alimentation humaine et chimie du végétale (Avril 2015). (*cf annexe IV pour le détail des calculs*). Ce qui nous donne :

1 hectare de Colza destiné à la production de biodiesel permet l'économie de 2,4 t eq CO₂ d'émission de gaz à effet de serre.

Remarque : changement d'affectation des sols indirect (CASI) : La notion de CAS indirect découle d'émissions de CO₂ issues de distorsions du marché des matières premières. Certains experts ont en effet mis en avant l'impact de la production de biodiesel tirant la demande d'huile de colza et tirant ainsi les prix agricoles vers le haut. Cette distorsion du marché agricole engendrerait ainsi une incitation à la production. Des émissions de GES seraient finalement issues du remplacement de forêts ou de prairies par des cultures qui n'auraient pas été semées sans la production de biocarburant. En annexe n°V, on pourra retrouver les ordres de grandeurs de l'impact GES de l'effet CASI induit par la production de biodiesel en France à partir rapport coordonné par Stéphane De Cara pour l'ADEME et l'INRA. (De Cara et al. 2012)

Cette notion est encore très controversée et éminemment variable comme on peut le remarquer sur les écarts de résultats d'impact CASI recensés par l'ADEME (fig 12). Et pour certains, il n'y aurait aucun effet CASI.

Par ha de biocarburant considéré	Esters méthyliques kg CO ₂ /ha/an
Ordre de grandeur maximal	7 500
Ordre de grandeur scénarii pessimistes intermédiaires	3 000
Ordre de grandeur scénarii pessimistes modérés	800
Ordre de grandeur de scénarii optimistes modéré	-1000
Ordre de grandeur de scénarii très optimistes (basés sur les tourteaux)	-10 000 à - 2 000 (valeur utilisée pour le calcul : -6 000)

Figure 12 : Emissions GES induites par l'effet CASI du biodiesel (ADEME 2010)

Les experts ont encore des avis extrêmement divergents à ce sujet et n'étant pas à même de trancher entre les différentes hypothèses, il semble préférable de se référer à la

décision de la Commission Européenne de ne pas prendre en compte les effets CASI au sein des ACV de biocarburants. La réglementation ENR 2015 impose que les biocarburants permettent à minima une économie d'émissions GES de 35 % par rapport aux carburants fossiles. En 2017 ne rentreront plus dans le cadre de cette directive que les biocarburants permettant une économie d'au moins 50 % (Parlement Européen 2015)

2. Impact GES de substitutions en alimentation animale

a) Impact GES unitaire de la substitution de tourteau de soja par du tourteau de colza

On cherche à quantifier l'impact GES de la substitution de tourteaux de soja importés par du tourteau de colza français. On compare donc les émissions GES induites par la production de ces deux produits à taux protéique constant. Or, les valeurs protéiques du tourteau de soja et de colza sont différentes. En équivalent protéique : 1 kg tourteau de soja = 1,5 kg tourteau de colza (Arvalis and CETIOM 2011). 1,5 tonne de tourteau de colza produit permet d'éviter l'importation d'une tonne de tourteau de soja. On compare ainsi les émissions GES engendrées par une tonne de tourteaux de colza avec celles engendrées par 1/1,5 t de tourteaux de soja afin d'en déduire l'impact de la production d'une tonne de tourteau de colza. On retrouve sur le tableau 4 les résultats d'ACV issus de la mission développement durable de Coop de France. Les données étant peu nombreuses, la vérification des sources est moins évidente concernant les coproduits destinés à l'alimentation animale.

Tableau 4 : Résultats ACV tourteaux colza et soja Carole Le Jeune d'après (BERLIER 2010)

	Emissions GES (kg CO2 / t)	Emissions GES kg CO2 / 1,5 t
tourteau colza	492	
Tourteau soja BR Non déforesté	751	500
Tourteau soja BR déforesté	965	643

La fabrication d'une tonne de tourteau de colza permet d'éviter 8 kg eq CO2 en substitution à l'importation de 660 kg de tourteau de soja non déforesté et 150 kg eq CO2 pour un tourteau de soja déforesté.

b) Impact GES de la maximisation des parts d'oléoprotéagineux domestiques au sein des rations animales

L'intensification des élevages a eu pour conséquence l'afflux du tourteau de soja au sein de toutes les rations animales. En effet, La demande en viande augmentant, il a fallu produire plus et plus rapidement malgré la capacité d'ingestion limitée des animaux. Il est apparu comme nécessaire d'apporter l'énergie et les protéines sous la forme la plus concentrée possible. Le tourteau de soja réuni ces qualités et d'autres encore. Il contient 42 % à 48 % de matières azotées totales et il s'agit de la seule plante fournissant les huit acides aminés essentiels indispensables à la croissance des animaux et le tourteau présente une bonne digestibilité pour tous les types d'animaux. (PROLEA 2009)

L'alternative au tourteau de soja importé est la culture domestique d'oléoprotéagineux. Les tourteaux de colza et de tournesol sont moins riches en protéines et leur teneur forte en fibre réduit leur digestibilité, ils se destinent plutôt aux ruminants. Quant aux graines protéagineuses, elles présentent une valeur énergétique proche de celle des céréales et une teneur en matières azotées inférieures de 25 % à 50 % à celle du tourteau de soja. La présence de composés diminuant leur digestibilité peut poser problèmes dans certains types d'élevages. (Cartoux 2010) Néanmoins, certaines initiatives ont déjà été mises en place en France comme le tourteau de tournesol « Hipro », plus riche en protéine et moins en fibres ; ainsi que le développement de la filière soja en France qui permettrait de palier à une partie de la dépendance française au tourteau de soja importé. Nous n'allons pas prendre en compte ces possibilités la suite de notre étude par soucis de simplification.

La part du pois dans les rations animales atteignait près de 10 % en 1990 (CASTEL and Pous 1998) et n'est plus qu'à 2 % en 2015 (CEREOPA 2014). En somme, la part du pois en alimentation animale est en chute libre mais possède un gros potentiel aux vues des chiffres historiques. En 2010, 2,3 Mt de tourteaux de colza ont été consommées en France, dont plus de 60 % par les ruminants et près de 30 % par les porcs. (Poullette 2014) La consommation de tourteaux de colza a été multipliée par 2,5 depuis 2001 avec une consommation apparente française de 2,3 Mt en 2012. (PROLEA 2012) Nous allons désormais étudier les axes de maximisation d'incorporation de produits oléoprotéagineux aux seins des rations animales en les séparant pas filières. Ce potentiel de diminution de déficit en protéine français nous permettra d'en déduire un potentiel d'économie d'émissions GES.

Filière porcine

Les porcins représentent le 2ème poste de consommation de tourteau de soja en France avec 23 % de la part de la consommation totale de tourteau de soja en alimentation animale en 2014 (Marouby 2015). Les oléoprotéagineux sont ici aussi des alternatives au tourteau de soja. Preuve en est : le pois a pu représenter jusqu'à 16 % des aliments composés porcins au début des années 1991. (Cavaillès 2009) Des données du CEREOPA ont même annoncé des moyennes d'incorporation proche de 20 % dans les années 1990 (CEREOPA 1992) (*Cf annexe VII*). Mais le pois, bien que très riche en lysine, est moins bien pourvu en a.a. soufrés et en tryptophane. Le tourteau de colza présente une moins bonne digestibilité des a.a comparé au tourteau de soja, mais est riche en a.a soufrés. De ce fait, le pois et le tourteau de colza sont complémentaires en termes d'acides aminés et leur association au sein des rations permet de diminuer le recours au tourteau de soja. (*cf annexe VIII pour les détails*) (Peyronnet 2008)

En théorie, le porc charcutier et la truie en gestation tolèrent tous les pourcentages de pois (jusqu'à plus de 30%). Et des rations pourraient exister sans tourteau de soja, la figure 13 en est un exemple :

Matières premières	Taux d'incorporation (% du PB)	
	Formule blé-soja	Formule blé-pois-colza
Blé	76%	52%
Pois	-	30%
T. de colza	-	15%
T. de soja	21%	0%
Aliment minéral vitaminé	3%	3%

Figure 13 : Exemple de rations de porcs avec et sans soja (Cavaillès 2009)

Etant donné que les rations blé-soja et blé-pois-colza-soja présentées dans la figure 13 sont équivalentes sur le plan nutritionnel, on peut supposer que lorsque la proportion de pois dans les rations augmente de 1% cela entraîne une diminution de la proportion de tourteau de soja de 0,7% et de la part des matières premières énergétiques (céréales et coproduits de transformation) de 0,8% ainsi qu'une augmentation de la proportion de colza de 0,5%.

Néanmoins les limites d'incorporations d'oléoprotéagineux au sein des rations imposées aux fabricants d'aliments (en plus des rapports de prix relatifs des matières première et de leur disponibilité locale) ne permettent pas de valoriser suffisamment ces matières

premières ni de se passer totalement de tourteau de soja au sein des rations. (PRESSEDA and LAPIERRE 2003)

Compte tenu des taux d'incorporation qui ont été atteints par le passé par le pois, il serait déjà aujourd'hui techniquement possible que l'on ait de nouveau recours au pois, à hauteur de 16% dans les rations porcines (Cavaillès 2009). En faisant l'hypothèse qu'un quart des aliments porcs sont fabriqués à la ferme (FAF), on peut estimer que 6 Mt d'aliments sont consommés par la filière porcine. (Chiffres issus de CEREOPA 2014 et vérifiés auprès de l'UNIP).

Etant donné les hypothèses de substitutions du soja par le pois et le colza détaillé ci-dessus, il serait alors possible d'économiser au total **670 000 tonnes de tourteau de soja** par rapport à la campagne de 2013/2014, grâce à une **augmentation de la consommation de pois de 950 000 t et de 480 000 tonnes de tourteau de colza**. Cette économie représenterait 80 % des consommations de tourteau de soja par cette filière d'élevage.

Il faudrait 240 000 hectares* de pois et de 255 000 hectares* de colza supplémentaires (480 000 t de tourteaux de colza) pour remplacer 80 % de la consommation porcine de tourteau de soja.

**calculés à partir des moyennes des rendements de 4 dernières campagnes issues de (France Agrimer 2015) 3,9 t/ha de pois et 3,3 t/ha de colza) Idem pour la suite de l'étude.*

La volaille

Avec 20 % de tourteau de soja sur plus de 8 MT d'aliments consommés et très peu de protéagineux (0.2 % en 2013/14) (CEREOPA 2014), la filière volaille reste très dépendante des protéines importées. Les animaux à croissance rapide tels que les poulets standards sont en particulier très exigeants sur le plan nutritionnel. (Cavaillès 2009) Le pois étant moins riche en énergie que le tourteau de soja, ce dernier ne permet pas aux poulets d'atteindre la taille standard en moins de 40 jours (jour moyen d'abattage de poulet standard) (Frison 2014) L'allongement la durée de croissance dans une stratégie de qualité de viande couplée à une augmentation de la part du pois dans les rations permettrait une économie de 10 % du tourteau de soja consommé par la filière. (Billon, Neyroumande, and Deshayes 2009) Avec 1,6 Mt de tourteaux de soja consommés par la filière lors de la campagne 2013-14 (CEREOPA 2014), on aboutirait à 160 000 t de tourteaux de soja économisées remplacées par 280 000 t de pois.

Le rapport Cavaillès propose quant à lui un remplacement de tout le poulet standard par du poulet certifié (abattage à 56 jours) qui permettrait d'introduire des protéagineux dans la ration. Il en conclue une possibilité de remplacement de 180 000 t de tourteaux de soja (11,2 %) par 400 000 t de pois et 33 000 t de céréales. (Cavaillès 2009)

A partir de ces différents chiffres obtenus, on décide de proposer un remplacement d'uniquement 7 % de tourteau de soja consommé par la filière en supposant une modification des cahiers des charges et un allongement de la durée de croissance. (Chiffre maximal proposé par les experts de l'UNIP) Ces hypothèses ont pour but de ne pas entraîner de trop fortes pertes de productivité pour le secteur avicole déjà en difficulté. On aboutit finalement à 110 000 t de tourteaux de soja économisés remplacés par 240 000 t de pois.

Besoin de 60 000 ha pois pour remplacer 7 % de tourteau de soja en alimentation avicole

Remarque : A noter que le tourteau de Colza n'est pas utilisable dans le cas des monogastrique car sa composition nutritionnelle n'est pas adaptée au développement des volailles. Le tourteau de tournesol pourrait être envisagé pour un remplacement partiel du tourteau de soja mais nous avons axé notre étude sur le colza.

Filière bovine :

Le secteur bovin lait consomme 80 % de la part de tourteau de soja consommée par la filière bovine. (CEREOPA 2014) Le tourteau de colza est un bon substitut au tourteau de soja pour les vaches laitières. Son remplacement n'entraînerait pas de modification majeure sur la performance des animaux et de problème sur le plan zootechnique. (Poulette 2014)

L'intérêt économique du tourteau de colza est déterminé par le rapport entre son prix départ usine et le prix du tourteau de soja Lorient, qui s'établit en moyenne à 0,64 depuis 2000. Selon l'Institut de l'Élevage, ce rapport est intéressant en dessous de 0,80 pour les vaches laitières et de 0,77 pour les bovins à l'engraissement. Aujourd'hui on est entre 60 et 70 % du prix du tourteau de soja. (Arvalis and CETIOM 2011)

Lors de la campagne 2013/2014, la filière bovin lait a consommé 800 000 t de tourteau de soja en aliments non fermiers (FAB) (CEREOPA 2014). On suppose qu'il est techniquement possible de remplacer 60 % du tourteau de soja par du colza, ce qui nous donne un besoin en tourteau de colza de 720 000 t. *hypothèse vérifiée auprès de l'UNIP

Il faudrait 720 000 t de tourteaux de colza ou 380 000 hectares de colza supplémentaires pour remplacer 60 % du tourteau de soja consommé par la filière bovin lait.

*Au total l'alimentation animale pourrait absorber sous certaines hypothèses dans les conditions actuelles **300 000 hectares de culture de pois et 635 000 hectares de colza (1,2 Mt tourteaux de colza).***

Cela permettrait d'économiser 1 260 000 t de tourteau de soja ce qui correspond à une économie de 36 % sur les importations de tourteaux de soja.

La maximisation de l'incorporation de produits oléoprotéagineux dans les rations animales françaises entraîne de plus une diminution de consommation de céréales de 700 000 t par le secteur de l'alimentation animale.

Impact GES de la maximisation des parts d'oléoprotéagineux au sein des rations animales :

Impact légumineuses : Combler le déficit protéique Français à hauteur de 36 % supplémentaires pourrait se faire en introduisant 300 000 ha de protéagineux au sein des rotations françaises. Un hectare de pois introduit entraînant une économie de 2 t eq CO₂ / ha, **l'impact GES de cette maximisation du débouché animal est de 600 kt eq CO₂ / an.**

Impact Substitution tourteau de colza / tourteau de soja : on estime que le tourteau de colza ne remplacera que du tourteau de soja déforesté. Les 1,2 Mt de tourteaux de colza produits remplaceront 840 000 t de tourteau de soja et permettront une **économie de 9,6 kt eq CO₂ / an.**

Impact débouché biodiesel : Le tourteau de colza produit pour combler en partie le déficit protéique de la France engendrera aussi la production de 900 000 t d'huile (1 t de graine produisant 420 kg d'huile). (ADEME 2010) 600 000 t de biodiesel supplémentaires seraient ainsi produit en France qui permettront une **économie d'émission de GES de l'ordre de 1 500 kt CO₂ / an.**

Remarque : Nous n'avons pas additionné les impacts GES des produits issus de la transformation des oléagineux pour ne pas risquer un double décompte des émissions.

3. Réduction des importations

Le tourteau de soja étant produit à plusieurs milliers de kilomètres du territoire, son transport engendre des émissions de GES. La production de tourteau de colza en France permet d'éviter une partie du transport du tourteau de soja. En partant de données issues du logiciel EBS créé par le groupe Avril permettant d'effectuer des ACV spécifiques aux oléoprotéagineux, on obtient les impacts GES du transport de tourteau au sein du cycle de vie du colza français et du soja importé du Brésil ou des Etats Unis.

On rappelle que les valeurs protéiques du tourteau de soja et de colza sont différentes. (1 kg tourteau de soja = 1,5 kg tourteau de colza (Arvalis and CETIOM 2011) 1,5 tonne de tourteau de colza produit permet d'éviter l'importation d'une tonne de tourteau de soja. On compare donc les émissions engendrées par le transport de 1,5 t de tourteaux de colza avec celles engendrées par le transport d'une tonne de tourteaux de soja.

Tableau 5 : Emissions GES dues au transport du soja et du colza (Carole Le Jeune d'après EBS Avril)

Kilomètres parcourus / tonne de produit	Colza (1,5t)	Soja BR (1t)	soja US (1t)
Route	120	200	0
Fluviale	23	0	0
Maritime	220	9000	7000
Rail	49	0	1700
Pipeline	0	600	0
GES (g CO2 eq /t)	23373	187622	171377
Economies GES de transport par rapport au Colza (kg CO2 eq / t)	0	164	148

D'après le tableau 5, **La fabrication d'une tonne de tourteau de colza en France permet d'éviter des émissions dues au transport contenues entre 164 et 148 kg eq CO2.**

Impact transport de la maximisation du débouché animal pour les oléoprotéagineux : La production de 1,2 Mt de tourteau de colza permettra de plus **d'éviter entre 180 kt eq CO2 / an et 200 kt eq CO2 / an.**

Pour le moment, nous avons chiffré de façon unitaire les potentiels d'atténuations d'émissions de GES permis par la mise en culture d'oléoportéagineux et par leur débouchés. Nous avons aussi pu étudier l'impact GES d'un plan protéine consistant à combler une partie du déficit français en protéine via la maximisation des parts d'oléoportéagineux au sein des rations animales. Nous allons désormais examiner les freins qui font que ces chiffres maximum correspondent à des potentiels et ne seront pas atteints à court terme. On retrouve

sur la figure 14 les différents postes d'économies d'émissions de GES induits par la production d'oléoprotéagineux.

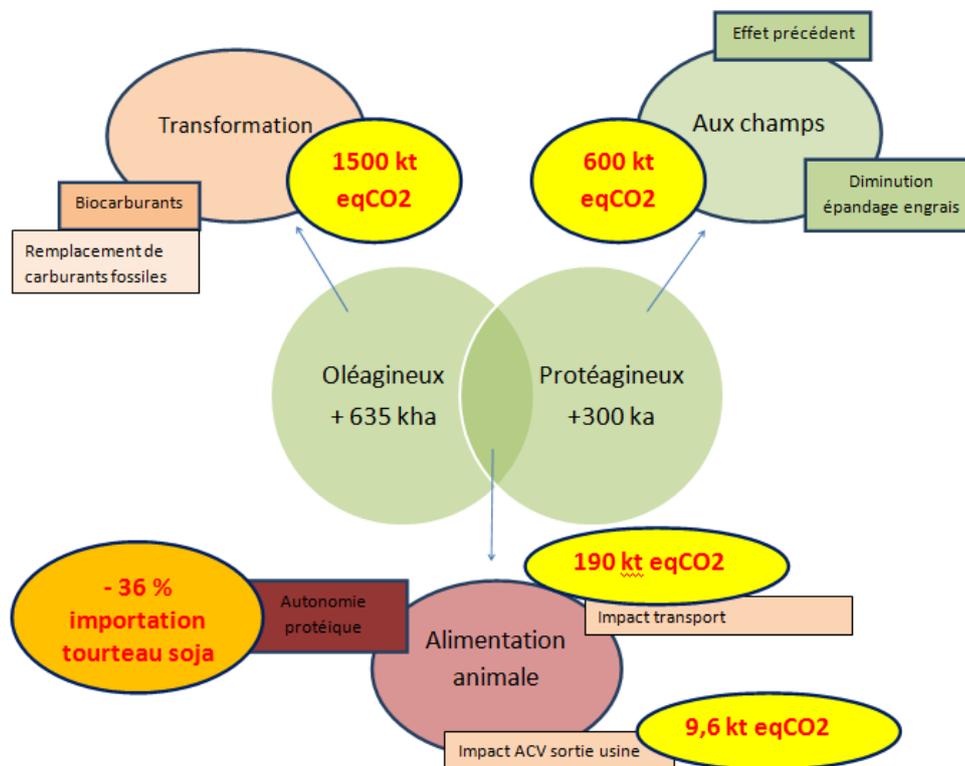


Figure 14 : Postes d'atténuation d'émissions de GES permis par les oléoprotéagineux (Paris, 05/09/2015, Carole Le Jeune)

IV- Freins à la maximisation : Potentiel d'atténuation d'émissions de GES actuel permis par les oléoprotéagineux en France

1. Capacité agronomique française de mise en culture d'oléoprotéagineux

Légumineuses : L'étude de l'INRA précédemment énoncée avait calculé le potentiel agronomique maximal de production de légumineuses sur le territoire français. On rappelle ici le résultat : la surface maximale de mise en culture de légumineuses est de 1 300 000 hectares. La capacité agronomique de mise en culture de légumineuses en France ne constitue pas un frein à leur relance sur le territoire. En 2015, il y a eu 240 000 ha de protéagineux mis en culture et 97 ha de soja. La capacité française supplémentaire de mise en culture de légumineuses est d'environ 960 000 hectares (France Agrimer 2015)

Oléagineux : Frein agronomique

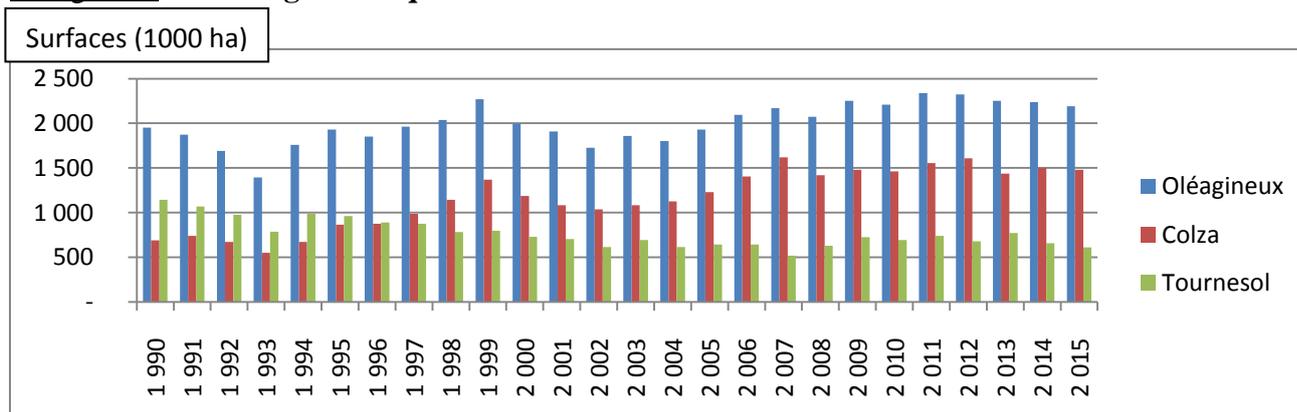


Figure 15: Evolution de surfaces d'oléagineux mis en culture en France (FOP and AGRESTE 2015)

Si l'on regarde les chiffres de production d'oléagineux en France (fig 15), on voit qu'on atteint des surfaces maximales de 2,3 millions d'hectares. De plus, lorsque l'on somme les surfaces maximales atteintes respectivement durant les 20 dernières années par le tournesol et le colza, on obtient une surface de 2,7 Mha (1,6 Mha de colza en 2007 et 1,15 Mha de tournesol en 1990). Une étude du CETIOM évalue le potentiel maximal de production d'oléagineux à 2,5 millions d'hectares.

En 2015, l'assolement d'oléagineux est de 2,2 millions d'hectares. **Le potentiel de mise en culture est pratiquement atteint** et les marges d'augmentation des surfaces sont faibles, il constitue un frein au développement des oléagineux sur le territoire. Toutefois, **il resterait 200 à 300 000 hectares de surface potentielle supplémentaire dans une logique de maximisation de mise en culture d'oléagineux.**

2. Capacité d'absorption de matières premières supplémentaires produites par leurs débouchés

Finalement, le potentiel agronomique de mise en culture du colza ne permettra pas de remplir le déficit à hauteur de 36 % comme estimé précédemment. Avec un potentiel maximal de 300 000 ha de mise en culture d'oléagineux, on ne pourra produire que 560 000 t de tourteau de colza, ce qui équivaut à une économie de 25 % du tourteau de soja importé (875 000 t).

Nous pouvons estimer l'impact GES de l'importation de 875 000 t de tourteaux de soja en moins ainsi que celle de la mise en culture de 300 000 ha de colza supplémentaires.

Impact transport : D'après les calculs effectués en première partie, l'économie d'importation de 875 000 t de tourteau de soja engendrera des **économies d'émissions de GES entre 80 kt eq CO2 et 90 kt eq CO2.**

Impact Substitution tourteau de colza / tourteau de soja : L'économie n'atteint désormais plus que **3,2 kt eq CO2.**

Impact légumineuses : il reste identique avec une **économie de 600 kt eq CO2**

Impact biodiesel potentiel: on n'introduit plus que 300 000 ha de colza ce qui engendre **une économie de 720 kt CO2 eq**

L'ajout de 300 000 ha de colza supplémentaires sur le territoire français est considéré comme négligeable en termes d'émissions au champ. **Des freins réglementaires s'ajoutent concernant le débouché biodiesel.** La dernière directive européenne sur la qualité du carburant et directive sur les énergies renouvelables du 28 avril 2015 a finalement limité à 7 % l'utilisation de biocarburants de première génération, (comme le biodiesel) au sein de tous les Etats Membres de l'Union Européenne ; taux déjà atteints par la France aujourd'hui. **Ce qui limite considérablement toute augmentation de production d'huile à destination du débouché biodiesel.** Nous verrons par la suite comment pallier à cette limitation de production supplémentaire d'huile végétale.

La mise en culture d'oléagineux supplémentaire se confronte à des freins agronomiques et réglementaires. Etudions désormais les contraintes économiques de ce plan de maximisation des surfaces.

3. Contraintes économiques du plan de maximisation

a) Conséquences macroéconomiques : impacts sur la balance commerciale française

La maximisation des débouchés oléoprotéagineux dans la filière alimentation animale aura des conséquences macroéconomiques importantes sur la balance commerciale française. La diminution de la dépendance protéique qui en découlera pourra se faire de différentes manières :

Cas n°1 : Augmenter la production de graines de colza et de pois pour réduire de 25 % des importations de tourteau de soja :

En mettant en culture 300 000 ha de colza à la place de cultures de blé. Dans ce cas, le tourteau produit trouvera ses débouchés en alimentation animale sur le territoire et permettra de diminuer la dépendance en protéine végétale du pays. Mais ceci suppose une surproduction d'huile de l'ordre de 425 000 t. Cet excédent d'huile pourrait être problématique du fait des décisions de l'UE. De plus le marché en huile végétale alimentaire est déjà saturé et la demande est stable. (FOP 2015) Le marché de l'huile risque donc de saturer si d'autres débouchés ne sont pas développés.

Cas n°2 : Augmenter la production de pois et ne plus exporter de tourteaux de colza pour réduire de 20 % de l'importation de tourteaux de soja.

Une autre solution reviendrait à détourner les 400 000 t de tourteaux de colza exportés chaque année pour le destiner à l'alimentation animale au sein du territoire français. Ceci permettrait une amélioration de 20 % de l'indépendance protéique française (économie de 700 000t de tourteaux de soja) sans engendrer de surproduction d'huile végétale. Mais l'exportation est une source de revenu pour l'Etat et son abandon aurait des conséquences macro-économiques importantes sur la balance commerciale du pays.

Cas n°3 : Mixe des cas 1 et 2 : Augmenter la production de pois et de colza et réduire les exportations de tourteaux pour diminuer de 20 % de l'importation de tourteau de soja.

On remplace 105 000 ha de blé par du colza et en retirant 200 000 t de tourteaux de colza du marché de l'export français. On mixe ainsi les deux scénarios extrêmes en évitant une surproduction d'huile trop importante (150 000 t) et en ne détournant que 50 % du tourteau de colza de l'exportation.

Chacun de ces cas présentent des coûts macroéconomiques. Les coûts correspondent au détournement du blé et des tourteaux de colza du marché de l'export. Les gains correspondent à l'économie engendrée par la non importation de tourteaux de soja, la non importation de gaz naturel destiné à la fabrication et au transport d'engrais, la non importation d'engrais azotés et aux prix du carbone économisé.

Coût sur l'export de blé : En France, 45 % des grains produits sont exportés (Passions céréales). En 2012/ 2013, 31,5 millions de tonnes de céréales ont été exportées pour une valeur de 8,4 milliards d'euros. En janvier le prix de la tonne de blé tendre rendu Rouen était à 200 € / t. (*base de données cotations département trading du groupe Avril)

Coût sur l'export de tourteaux de Colza : En moyenne, une tonne de tourteau de Colza coûte 400 € d'après Oilworld (FOP 2015)

Gain sur l'économie d'importation de tourteau de soja : Prix du tourteau de Soja MONTOIR 335 € / t d'après Oilworld (FOP 2015).

Gains réduction importation engrais et de gaz naturel : La fabrication des engrais requiert des quantités importantes de gaz naturel (servant à la fois de précurseur et de combustible) auxquelles s'ajoutent des consommations d'énergies fossiles pour leur transport. En moyenne, 1 t de solution azotée nécessite la consommation de 0,87 tep (**cf annexe IX*) (Site Azote Info) Compte tenu des économies d'engrais engendrées, de la quantité moyenne d'énergie nécessaire pour fabriquer et transporter un kilogramme d'azote minéral, on peut estimer que la relance des légumineuses proposée ici permettrait d'économiser chaque année un peu moins de 45 000 tep, soit 0,11 % des importations nettes françaises de gaz naturel. (Grosset and Boltin 2014) Etant donné que la facture énergétique française de gaz naturel s'est élevée en moyenne à 8,8 milliards d'euros sur 2000-2013 (Grosset and Boltin 2014) l'économie de consommation de gaz naturel représenterait un bénéfice annuel de 10 millions d'euros environ. (*Cf annexe IX pour les détails des calculs*) Le chiffre a été surestimé car il n'a pas pris en compte les 48 % d'engrais fabriqués en France et dont l'impact transport est moindre.

Gain sur le prix du carbone : Des objectifs de réduction des émissions de GES sont fixés au niveau de l'UE mais les moyens d'y parvenir sont à la discrétion de chaque Etat membre. Certains d'entre eux ont fait le choix d'instaurer une taxation sur le CO₂ : Article 1 Al 41 du Projet de Loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte: (texte définitif voté à l'Assemblée Nationale le 22 juillet 2015) : « *Le Gouvernement se fixe pour objectif, pour la composante carbone intégrée aux tarifs des taxes intérieures sur la consommation des produits énergétiques inscrites au tableau B du 1 de l'article 265 du code des douanes, d'atteindre une valeur de la tonne carbone de 56 € en 2020 et de 100 € en 2030.* » Concernant l'impact macroéconomique de la maximisation de la mise en culture des oléoprotéagineux sur le territoire français, on utilisera le prix du carbone annoncé de 2016 soit 22 euros / t. (*Cf annexe X*)

Gain sur l'économie d'engrais importés : La France importe 56 % de ses engrais azotés (Caraes and Pons 2013), l'économie d'utilisation d'engrais engendrée par l'introduction de légumineuses en France permettrait une économie d'importation d'engrais azoté. Avec un prix moyen de 0,90 euros la tonne d'azote (Site « Revenus agricoles » *cf annexe XI*) on pourra

en déduire le gain engendré par cette diminution de besoin d'importation. (On prend comme moyenne de fertilisation 170 kgN/ha sur les parcelles remplacées par les légumineuses, et 33 kg N l'économie de fertilisation sur la culture suivante due à l'effet précédent).

Le tableau 6 regroupe le résultat obtenu des coûts et bénéfices engendrés sur la balance commerciale dans les 3 cas présentés ci-dessus : (*cf annexe XII pour les détails des calculs*)

Tableau 6 : Conséquences macroéconomiques des plans de maximisation de production de protéines végétales en France, Paris, 25/08/2015, Carole Le Jeune)

		Cas n°1	Cas n°2	Cas n°3
Coûts (€)	cout non exportation colza	0	160 000 000	80 000 000
	coût non exportation blé	447 300 000	255 600 000	322 695 000
Bénéfices (€)	Gain économique sur tourteau soja	288 100 000	271 350 000	271 350 000
	Gain économie GES	13 200 000	13 200 000	13 200 000
	gain non importation engrais	30 693 600	30 693 600	30 693 600
	gain économie importation gaz naturels	10 000 000	10 000 000	10 000 000
	total coûts (€)	-105 306 400	-90 356 400	-77 451 400

Le 3^{ème} cas est celui qui engendre un coût sur la balance commerciale la moins importante : 77 millions d'euros. C'est aussi le cas de figure le plus modéré qui allie deux solutions différentes à la diminution de la dépendance protéique du territoire et induit certes une surproduction d'huile mais moindre que dans le cas n°1 (+425 000 t) tout en maintenant l'export. La maximisation du débouché oléoprotéagineux au sein des rations animales engendrera une baisse de la balance commerciale française de 77 millions d'euros en 2016. Nous nous sommes intéressés à l'évolution du coût de ce plan protéine au cours du temps afin de connaître l'impact que peut avoir l'augmentation de la valeur du carbone sur ce coût. A partir du principe d'actualisation des flux, et d'un taux d'actualisation de 4 % on calcule la somme actualisée des coûts et des bénéfices à l'horizon 2030 (tab 7). La loi de transition énergétique s'est fixé des objectifs de prix sur lesquels nous nous sommes basés pour effectuer nos estimations. (*Cf annexe XIII pour les détails des calculs*)

Tableau 7 : Somme des Coûts et bénéfices du cas n° 3 actualisés sur 13 ans (Paris, 25/08/2015, Carole Le Jeune)

	n = 0 (2016)	n= 8 (2025)	n= 13 (2030)	n=14 (2031)
Somme des flux actualisés (€)	-77 451 400	-268 743 799	-30 322 309	31 558 520

D'après l'estimation de l'actualisation des coûts et bénéfices de cette mesure, on peut affirmer qu'entre 2030 et 2031, celle-ci s'annule et devient rentable en termes de balance commerciale. En effet, alors que toutes les valeurs (coûts et bénéfices) se détériorent au cours du temps, la valeur allouée au carbone augmente de façon exponentielle jusqu'à rééquilibrer la balance et la rendre positive au bout de 10 ans. En 2031, la somme atteindra 31 millions d'euros. En conclusion, à court terme, la France devrait supporter un coût macro-économique de l'ordre de 70 millions d'euros par an pour réduire ses importations de tourteau de soja de 20 % par le biais de la relance des légumineuses (mise en culture de 310 000 ha) et d'un supplément de production de tourteaux de colza (105 000 ha supplémentaires et 200 000 t de tourteaux détournés de l'export). Mais à moyen terme ce coût pourrait se réduire voire être compensé.

L'impact en terme d'économie d'émissions de GES reste le même qu'en partie III – 2) excepté pour l'impact biodiesel qui est réduit puisqu'il n'y a plus que 105 000 ha de colza supplémentaires mis en culture. On aboutit à une **économie de 252 kt eq CO₂**.

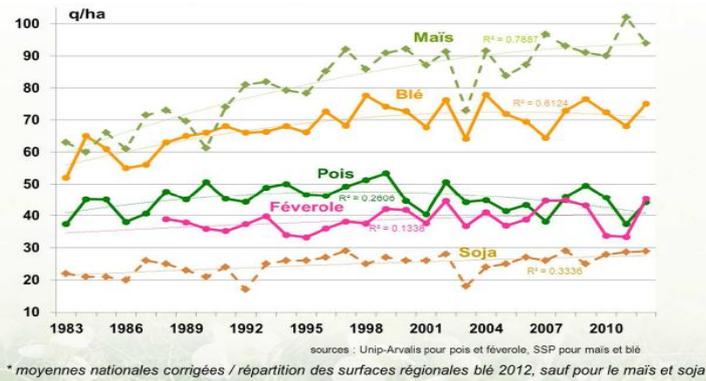
b) Potentiels microéconomiques : impacts sur le coût de production des exploitants

La production de colza étant bien développée en France, il paraît clair que l'impact microéconomique de sa mise en culture ne constitue pas un blocage pour les exploitants à l'heure actuelle (sous couvert de rendements et prix stables). Nous nous focaliserons donc sur l'impact microéconomique de la mise en culture de pois en France.

Echelle annuelle :

La culture de pois est reconnue pour être une culture variable en termes de rendements et souvent peu rentable par rapport à d'autres cultures dominantes. Une analyse des coûts de production réalisée en avril 2015 par la FOP sur la base des données comptables analytiques du CER France a défini l'évolution des marges réelles nette des oléagineux, protéagineux et céréales. Concernant le pois, l'étude a porté sur les données comptables de 600 exploitations normandes. Les exploitations analysées pour la culture de colza sont au nombre de 3000 situées dans la moitié nord de la France. Les résultats de cette étude ne sont donc pas représentatifs de l'ensemble du territoire, mais constitue une source d'information fiable compte tenu du nombre de ces analyses. A l'issue de cette étude on peut aboutir à certaines conclusions :

- Des rendements irréguliers et qui semblent décroître



On remarque sur la figure 16 que le rendement du pois commence à diminuer depuis les années 2000 contrairement à ses cultures concurrentes et dont les rendements continuent à augmenter légèrement depuis 20 ans.

Figure 16: Comparaison de l'évolution des rendements entre céréales et légumineuses (Henrion 2012)

- Des marges nettes inférieures à celle du blé

Les conclusions de l'étude de la FOP ont abouti à cet écart de marge nette entre la culture de blé et de pois regroupé au sein de la figure 17. Elles montrent la marge nette réelle est bien souvent inférieure à celle du blé. (*Marge nette réelle = Produit brut – coût de production – rémunération du travail familial et rémunération des capitaux propre*)

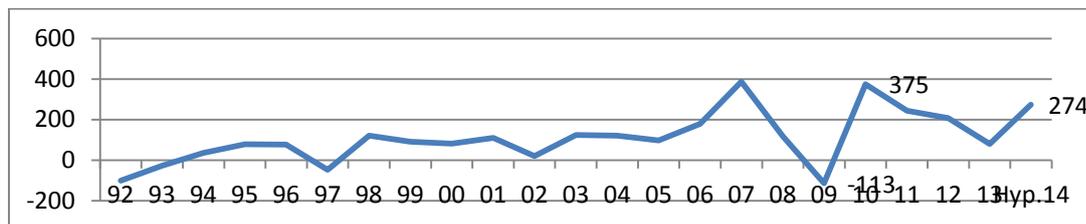


Figure 17: Ecart de Marges nettes réelles entre blé et pois (FOP, Gosselet, and Lecomte 2015)

L'insertion d'un hectare de pois en remplacement d'un hectare de blé engendre une perte de 250 euros en moyenne. La mise en culture de pois n'est donc pas rentable à l'heure actuelle. L'attribution d'aides spécifiques aux protéagineux permet de combler une partie de cet écart, mais les protéagineux souffrent malgré cela d'un manque de compétitivité si l'on ne considère que les revenus hectares annuels.

- Des cultures dépendantes des aides :

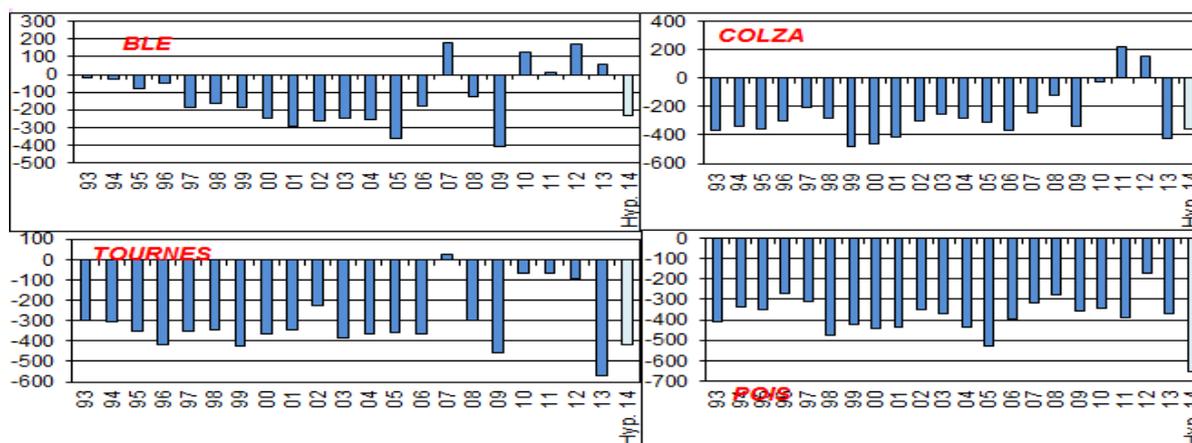


Figure 18: Marges nettes réelles hors aides (FOP, Gosselet, and Lecomte 2015)

On observe sur la figure 18 que les agriculteurs sont globalement dépendants des aides dont ils bénéficient afin de dégager des marges positives, et ceci pour toutes les grandes cultures, mais le pois est encore plus dépendant des aides qui lui sont octroyées.

La figure 19 décrit les marges semi-directes par culture en tenant compte des effets précédent, sur la base des données du projet Pois-Colza-Blé. Dans ce projet, cinq cas d'étude ont été mis en place et les rendements ont été relevés dans chaque région. Ici, on a l'exemple des résultats obtenus en Bourgogne.

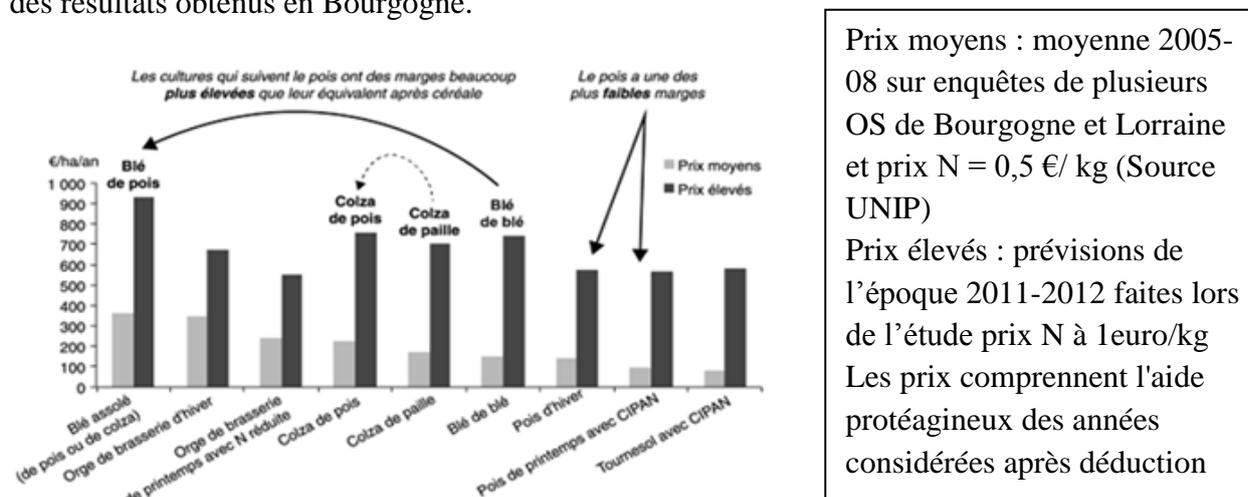


Figure 19: Marges nette réelles semi direct de différentes cultures, (Schneider and Huyghe 2015)

Prix moyens : moyenne 2005-08 sur enquêtes de plusieurs OS de Bourgogne et Lorraine et prix N = 0,5 €/ kg (Source UNIP)
 Prix élevés : prévisions de l'époque 2011-2012 faites lors de l'étude prix N à 1euro/kg
 Les prix comprennent l'aide protéagineux des années considérées après déduction

$$MSD = MB - \text{charges variables spécifiques} = (\text{Rendement} \times \text{Prix}) + \text{Indemnités} - \text{Intrants} - \text{Assurances} - \text{Charges de mécanisation variables par année culturale} - \text{Travaux par tiers.}$$

On constate que le pois présente les marges les plus faibles en comparaison avec toutes les autres cultures concurrentes. Mais on peut aussi remarquer sur ce graphique l'effet précédent du pois sur la marge du blé et du colza dont les marges augmentent par rapport au blé de blé ou colza de paille.

Echelle système de culture :

Les résultats énoncés précédemment analysaient la rentabilité annuelle de la culture de pois. Les experts estiment que la rentabilité du pois doit être appréhendée à l'échelle du système de culture global et non uniquement à partir des marges annuelles. En effet, les études précédentes ne prennent pas en compte l'effet précédent du pois sur le blé ou le colza par exemple. Le pois présente des bénéfices pluriannuels qu'il est important de prendre en compte comme on le voit sur la figure 20. Le projet CASDAR 7-175 a évalué l'impact de l'insertion d'un pois au sein de rotations sur les marges pluriannuelles de ces dernières. On retrouvera en annexe les détails des résultats de ce projet pour les quatre régions étudiées. (Benoit Carrouée et al. 2012). La substitution d'un blé de paille par un pois, avec une part de culture de rente constante, permet d'améliorer la marge brute à la rotation ramenée à l'année (à prix et aides actuels) (Benoit Carrouée et al. 2012). (Cf annexe XIX) Voici les résultats obtenus :

Rotation considérée	Scénarios de prime considérés	Marge brute prévisionnelle (en €/ha/an)
Colza-Blédur-Orgeprintemps-Blé-Blé		529
Colza-Blédur-poisprintemps-Blé-Blé	(a) avec aide protéagineux couplée EU : 55,56 €/ha	544
Colza-Blédur-poisprintemps-Blé-Blé	(b) sans aucune aide (hypothèse)	533
Colza-Blédur-poisprintemps-Blé-Blé	(c) avec 55,56 + 100 €/ha (minima 2010)	564

Figure 20 : Marge brute prévisionnelle annuelle des cultures représentatives de l'assolement moyen de Beauce et Thymerais en non irrigué (chiffres CERFRANCE Alliance Centre) comparée à celles avec pois sous trois scénarios de prix (Schneider and Huyghe 2015)

Bien que ces résultats ne soient pas représentatifs et ne peuvent pas constituer de preuve formelle de la rentabilité du pois à l'échelle d'une rotation, il paraît essentiel de continuer d'inclure l'effet pluriannuel du pois dans la réflexion des chercheurs sur la rentabilité de cette culture. Mais on conclue tout de même que les résultats microéconomiques de l'introduction de pois au sein d'une exploitation représentent le frein principal de la relance des légumineuses en France.

Les conséquences économiques la diminution de l'importation française de tourteaux de soja de 20 % par une relance des légumineuses et une augmentation de la production de tourteaux de colza destinés à l'alimentation animale française permettant des économies importantes d'émissions de GES nous ramènent à une réalité difficile, celle d'un besoin de

soutien politique à court et moyen terme. La figure 21 présente le résultat final de cette maximisation des économies d'émissions GES engendrées par les oléoprotéagineux.

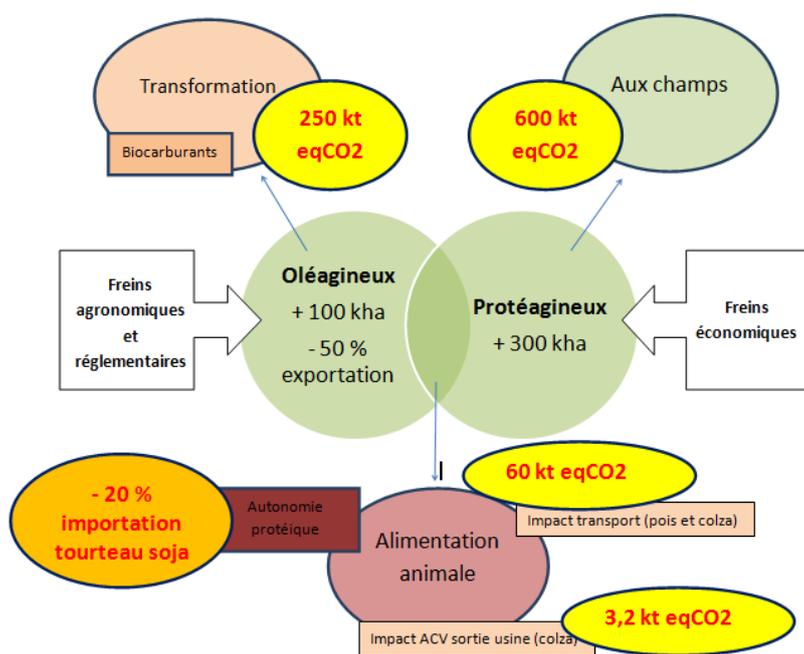


Figure 21 : Résultat final de l'étude de maximisation des économies d'émissions GES par la maximisation de leur débouché en alimentation animale (Paris, 05/09/2015, Carole Le Jeune)

V- Propositions de leviers à l'horizon 2016 puis 2030 : conséquences en termes d'émissions de gaz à effet de serre

Les intérêts des oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique ont pu être quantifiés. On a pu remarquer que les contraintes agronomiques et réglementaires constituaient des freins à la production supplémentaires d'oléagineux en France. Concernant les légumineuses, le potentiel agronomique est encore loin d'être atteint et des surfaces bien supérieures ont été atteintes dans les années 1990, il s'agit en réalité de freins économiques qui empêchent le développement des légumineuses sur le territoire (fig 22). Nous allons dans cette partie étudier les possibilités de leviers permettant la relance pérenne des légumineuses.

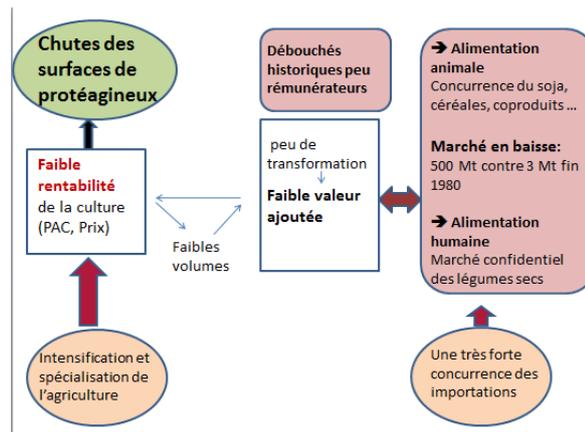


Figure 22 : Verrouillages sociotechniques des protéagineux (Paris, 25/08/2015, Carole Le Jeune)

1. Leviers politiques

a) Leviers politiques actuels

Un nouveau plan protéine végétale 2014-2020 a été lancé lors de la dernière réforme de la PAC. Il poursuit trois objectifs : le développement de la production de protéines végétales et le renforcement de l'autonomie fourragère, la poursuite des efforts en matière de recherche et de formation et le renforcement de la gouvernance de la filière. Ce plan repose notamment sur la mobilisation de l'aide couplée spécifique de 49 M€ pour les cultures riches en protéines, dont 35 M€ pour la production de protéagineux, 6 M€ pour le soja et 8 M€ pour les légumineuses fourragères destinées à la déshydratation. Le montant unitaire de l'aide à la production de protéagineux et de soja (légumineuses à graines) devrait être compris entre 100 et 200 €/ha.

De plus, les 5 % à 7 % de surfaces d'intérêt écologique (SIE) réservées pour satisfaire les conditions requises afin de percevoir les « paiements verts » (30 % de l'enveloppe du premier pilier) peuvent être cultivés en légumineuses. (Ministère de l'agriculture 2014)

Mais ces aides aux légumineuses risquent d'être revues à la baisse pour plusieurs raisons. Tout d'abord, du fait de leur propre efficacité : si elles induisent une hausse des surfaces en légumineuses, l'enveloppe budgétaire étant fixe, le montant unitaire hectare diminuera et la compétitivité de la culture sera affectée. De plus, en 2016, un examen des résultats de la politique de verdissement de 2015 sera effectué par l'UE. Dans une logique de simplification, il existe un risque de suppression de certaines mesures, notamment concernant la palette de possibilités de cultures incluses dans les SIE. En 2017, un nouveau rapport du Parlement Européen engagera un débat sur le financement de l'UE et ses ressources propres qui relanceront les discussions sur le budget alloué à l'agriculture. Enfin en 2020, un nouveau cadre financier pour 2021-2028 sera mis en place. Autant de négociations qui représentent des

risques d'ajustement des aides allouées aux légumineuses et qui peuvent remettre en cause le succès de ce plan avant même d'en connaître l'efficacité.

En somme, nous avons proposé une méthode de maximisation des débouchés des oléoprotéagineux dans le but de relancer la culture de légumineuses (en particulier le pois) qui permet des économies d'émissions de GES considérables tout en maintenant les surfaces d'oléagineux. Celle-ci se base sur la diminution de la dépendance protéique française en augmentant les parts d'oléoprotéagineux français au sein des rations animales. Cette maximisation des débouchés permettrait une augmentation des surfaces de légumineuses mais a des conséquences économiques importantes. **Des engagements politiques sont déjà en place pour permettre de développer la filière protéagineuse mais certains leviers encore non explorés sont possibles.**

b) Levier politique futur : proposition de Mesure Agro Environnementale pour 2016

Depuis la réforme de la PAC de 2014, des Mesures Agro Environnementales « climatiques » (MAEC) ont fait leur apparition dans les mesures « volontaires » proposées aux agriculteurs désireux de mettre en application des pratiques respectueuses de l'environnement et participant à la lutte contre le changement climatique. Ils ont le choix entre la souscription de MAE « systémiques » (à l'échelle de l'exploitation) ou « unitaires » (à l'échelle d'une parcelle au minimum). Une MAE systémique est proposée pour les grandes cultures et donc applicable aux producteurs d'oléoprotéagineux, le but est de modifier l'ensemble du système d'exploitation, en agissant à la fois sur une baisse de l'usage des produits phyto, une diversité de l'assolement, une introduction des légumineuses, une gestion économe de la fertilisation azotée et le développement d'infrastructures agro-écologiques. Mais les producteurs ne semblent pas prêts à s'engager pour une telle diminution de leurs intrants compte tenu de l'indemnisation proposée (entre 92 et 235 €/an). A l'heure actuelle, les chiffres de contractualisation de cette MAE système ne sont pas encore recensés ou rendus publics mais les professionnels du secteur semblent sceptiques. Plusieurs MAE promouvant l'utilisation de légumineuses ont déjà été proposées par la FOP aux pouvoirs publics mais ont toutes été refusées par ces derniers. Ces MAE couplaient l'introduction de légumineuses avec celle de plantes mellifères bénéfiques pour la survie des insectes pollinisateurs. Mais les pouvoirs publics ont estimé que les engagements en termes de diminutions des intrants (phytosanitaires et engrais) n'étaient pas suffisants. Il s'agit d'un point

de désaccord majeur entre les administrateurs de la FOP et les pouvoirs publics bloquant ainsi les possibilités de MAE spécifiques à la culture de légumineuses.

Une enquête réalisée pour la Commission Européenne sur le bilan 2008 du plan de développement rural national a établi qu'en grandes cultures, les motifs d'engagement dans les MAE concernaient principalement la préservation de l'environnement, la consolidation du revenu, et l'adaptation des pratiques. Le premier critère de choix de la MAE est la préexistence des pratiques de production au sein de l'exploitation. Les agriculteurs choisissent de plus les mesures les moins contraignantes, l'efficacité environnementale étant le troisième des critères de choix. (CNASEA 2008) *cf annexe XX pour les détails des résultats de l'étude.*

A titre exploratoire, suite à différentes rencontres auprès de professionnels de la filière grande culture, nous avons souhaité réfléchir à un autre type de MAE spécifique aux légumineuses en se basant sur l'intérêt de « l'effet précédent » de ces dernières. L'objectif est de proposer une mesure réaliste qui se rendrait abordable et attractive auprès des producteurs mais aussi offrant de réelles promesses aux pouvoirs publics en termes de diminution des intrants.

Proposition de MAE : MAE « unitaire » : « Légumineuses et atténuation des émissions de gaz à effet de serre ».

Pratique : Année N : Introduction de légumineuses sur un nombre de parcelle choisi.

Année N+1 : Introduction de céréales à paille (blé) ou de culture oléagineuses avec limitation de la fertilisation à 50 kg N / ha maximum sur ces mêmes parcelles

Années N+2, N+3, N+4 : suite de rotation sans monoculture. (ex : colza/orge/blé)

Intérêt environnemental : Diminution de la consommation de fertilisants et atténuation des émissions de GES à hauteur de 2 t eq CO₂ / ha de légumineuses introduites.

L'idée consistera à étendre cette mesure à une MAE systémique à moyen terme après la réussite hypothétique du projet. Une démocratisation de l'intérêt de l'effet précédent du pois mais aussi des cultures de légumineuses en général pourrait ainsi être engagée.

Estimons désormais la rémunération nécessaire à la souscription de cette MAE légumineuses et atténuation des émissions GES. Pour ceci, nous allons comparer les

rendements obtenus de blé et de colza après épandage de 170 kg N / ha avec ceux obtenus après 50 kg N / ha. A partir de différentes bases de prix, nous allons estimer la perte de marge perçue par l'exploitant souscrivant à cette MAE.

D'après la courbe de réponse du rendement du blé en fonction de la dose d'engrais azotée épandue, on peut voir qu'à 50 kg N / ha, on atteint sans précédent pois un rendement moyen de 75 q / ha contre 90 q / ha à 170 kg N / ha épandu. Diviser par trois la dose d'azote épandu engendre une chute de près de la moitié du rendement brut du blé. L'étude a aussi estimé les courbes de rendements nets pour des prix de la tonne de blé et de l'azote différents. Les courbes de rendement net correspondent au rendement brut auquel on a retranché « l'équivalent en quintaux » du coût de l'engrais apporté. Celles-ci varient donc en fonction du rapport prix du blé/prix de l'engrais azoté. (Cf Fig 23) C'est à partir de ces données que l'on en déduit l'écart de gain perçu pour l'agriculteur entre 170 kg N épandu par hectare et à 50 Kg N /ha, qui est :



Figure 23 : Courbe de réponse du blé à l'azote en fonction de contextes technico-économiques (Comifer 2013)

L'Unip a réalisé une étude très approfondie sur l'impact de l'effet précédent du pois sur la culture de colza. Ils ont obtenus les courbes de réponses à l'azote du colza avec précédent paille et avec précédent pois. La figure 24 ci-dessous décrit les marges brutes dégagées par les producteurs en fonction des cultures précédentes moins les charges d'engrais azotés sous deux contextes de prix différents. On observe que le pois permet un lissage de la courbe de réponse et qu'une diminution de la dose d'azote entraîne des pertes de marge brute sur azote moindres. (Benoît Carrouée et al. 2012)

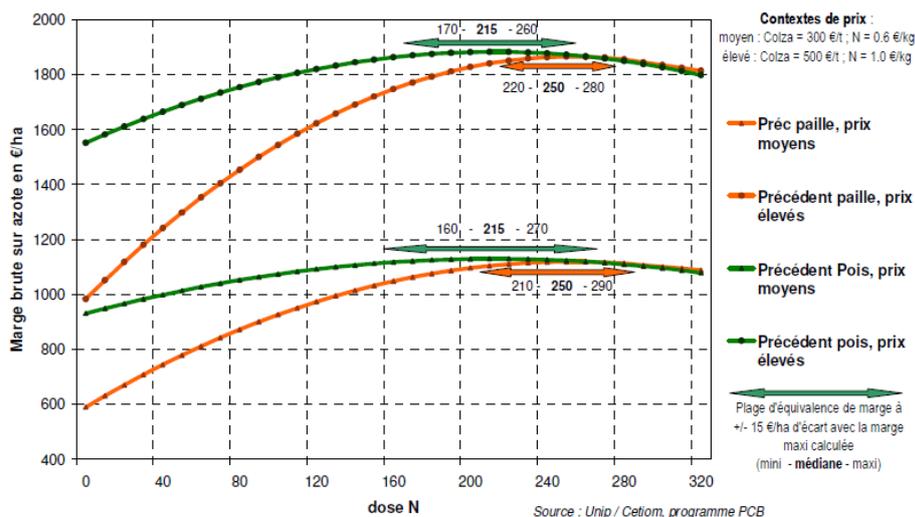


Figure 24 : Courbe de réponse à l'azote de la marge brute azotée (produit brut moins charges d'engrais azotés) du colza en fonction du précédent (pois ou céréales à paille) pour deux contextes de prix, dans l'exemple de l'essai conduit à Mons (80) en 2010. (Benoit Carrouée et al. 2012)

On en déduit finalement les coûts de la mesure proposée sur les cultures de blé et de colza. A noter que le coût pour le blé est surestimé car il ne prend pas en compte l'effet précédent du pois sur le rendement du blé suivant.

Tableau 8: Montants des indemnités de la MAE (Carole Le Jeune)

coûts économiques de la MAE	blé	colza
Base de prix bas (€/ha)	120	
Base de prix moyenne (€/ha)	75	50
Base de prix élevée (€/ha)	220	200
Moyenne des coûts (€/ha)	140	125

***Blé** : Base de prix bas : blé 120 €/t et azote 0,5 €/kg
Base de prix moyenne : blé 150 €/t et azote 1 €/kg
Base de prix élevée : blé 220 €/t et azote 1 €/kg

D'après le tableau 8, on peut affirmer que le passage à un épandage d'engrais à 50 kg N entraîne une perte de 140 euros en moyenne par hectare de blé et de 125 euros par hectare de colza (suivant un pois). En ajoutant le coût microéconomique de l'introduction de pois en remplacement au blé (250 €/ha cf conséquences microéconomiques) : la MAE étant sur 5 ans, on peut proposer une indemnité de l'ordre **de 80 € / ha de blé de pois introduit / an** et de **75 € / ha de colza de pois / an**. Le blé et le colza mis en culture après le pois dans le cadre de cette mesure présentent une empreinte carbone améliorée en termes de valorisation et d'identification des parcelles. Certaines filières pourraient être intéressées par cette valeur supplémentaire des cultures suivantes. Cette MAE pourra ainsi être renforcée par la construction d'une filière de qualité pour les produits issus de ces cultures « low CO2 ». Dans

le cas du colza, les parcelles issues de cette MAE pourront entrer dans la démarche de progrès engagée par le groupe avril par exemple. La filière colza pourrait en effet trouver un intérêt à communiquer autour d'un colza peu émetteur en GES et moins gourmand en intrants. De plus les rendements du colza ont commencé à diminuer dans certaines situations et certains experts évoquent le risque d'un basculement des surfaces de colza vers des monocultures de blé. L'objectif principal de cette mesure proposée est de servir de levier pour la mise en culture de légumineuses supplémentaires et de le pérenniser et le rendre plus attractif avec une proposition de valorisation du débouché par une filière de qualité type « low carbone ». De plus, depuis le lancement des MAEC, aucune MAE n'est réellement basée sur les économies d'émissions de gaz à effet de serre et donc directement liée au changement climatique, d'où l'intérêt de cette nouvelle proposition.

En France il y a plus de 310 000 exploitations agricoles produisant des grandes cultures sur près de 15 millions d'hectares. Un rapport du ministère de l'agriculture réalisant le bilan du plan rural de développement a comptabilisé la contractualisation moyenne des MAE type grandes cultures à rotation diversifiée en 2006. Ce type de MAE pourrait se rapprocher de la catégorie de la mesure proposée dans cette étude. Bien que les critères soient différents de ceux de 2006, nous utiliseront ces chiffres afin de comptabiliser approximativement un objectif moyen de contractualisation de notre mesure. En moyenne il y a eu 30 % de contractualisation de MAE en 2006, dont 9 % d'entre elles concernaient des exploitations grandes cultures à rotations diversifiées. 8 000 exploitations pourraient contractualiser notre MAE légumineuses et GES. (CNASEA 2008) On fait l'hypothèse que celles-ci le feront sur une moyenne de 10 ha. Ce qui nous donne un potentiel d'augmentation de mise en culture de légumineuses de 80 000 ha pour la première année. (*Cf annexe XX pour détails*) **Un potentiel d'économie d'émission de gaz à effet de serre de 32 kt eq CO₂ / an** (potentiel d'économie d'émission GES divisée par 5 pour une rotation sur 5 ans.)

Notons que les données utilisées pour établir les aides financières de la MAE proposées ne sont pas représentatives de la totalité des rendements français. Nous n'avons pas pu avoir accès à des données régionales afin d'adapter les aides aux conditions et aux rendements régionaux. Il serait intéressant d'étudier des courbes de réponses en milieu intermédiaire tel que la Beauce, sur une région crayeuse telle que la Champagne et sur un sol profond et où l'épandage de lisier est important comme en Bretagne.

Autres leviers possibles :

L'initiative du Crédit carbone IN VIVO : InVivo AgroSolutions a engagé en 2011 un projet pilote pour valoriser les services environnementaux associés aux légumineuses. Ils proposent de convertir des hectares de légumineuses en crédits carbone. Onze coopératives et 316 agriculteurs ont répondu positivement à cet essai, pour une surface totale de 5 000 ha en 2011-2012. La FOP a aussi demandé un bonus fiscal. Les exploitants mettant en culture des légumineuses pourraient bénéficier d'un crédit d'impôt spécifique, comme dans le cas de l'agriculture biologique. Cette proposition supposerait un cahier des charges bien défini et un accord des pouvoirs publics.

2. Levier scientifique : amélioration du rendement horizon 2030

La recherche scientifique fait partie des solutions majeures pour une relance pérenne de cultures en difficultés. Le critère principal de choix de culture chez les agriculteurs étant microéconomique, la stabilité et l'importance des rendements sont essentielles. Une étude commandité par Avril estime un objectif de rendement futur de 50 q / ha pour le pois d'hiver après 2025 sous couvert de recherches scientifiques continues. Ce rendement engendrerait un potentiel de surface de 400 à 500 kha en France, par gain de compétitivité. A partir de ce scénario d'amélioration scientifique du rendement, on en conclue un potentiel de diminution des émissions de gaz à effet de serre de **1 Mt eq CO2 par an.**

3. Leviers à l'échelle de la filière

La pérennisation de la relance des protéagineux nécessite la construction d'une filière solide. Des aides politiques sont bien évidemment nécessaires pour lancer l'impulsion de cette relance mais en parallèle des initiatives doivent se mettre en place à toutes les échelles. Redonner confiance aux producteurs ainsi qu'aux industriels paraît être un levier essentiel et ceci pourrait être possible en proposant une contractualisation entre ces deux acteurs autour de la production de légumineuses. L'industrie a des attentes particulières concernant la sécurité d'approvisionnement et les producteurs cherchent des débouchés fiables pour leurs productions. Si en parallèle la recherche scientifique avance et permet une amélioration variétale, une meilleure résistance aux maladies et une meilleure régularité des productions, une contractualisation pourrait permettre de renforcer cette filière en difficulté.

Un autre levier reviendrait à approfondir la question du débouché alimentation humaine des protéagineux. Certaines associations tels que *Réseau Action Climat - France* et *Solagro* commencent à s'intéresser à ce débouché encore confidentiel mais qui pourrait s'étendre sous

couvert d'une amélioration de la communication autour des produits issus de cette filière (affichage environnemental, nutritionnel, produits plus tournés vers le plaisir et la santé) et de la fabrication de produits plus faciles à cuisiner. (Denhartigh and Metayer 2015)

Une autre initiative concerne la filière soja en particulier. Le groupe Avril projette de participer à l'ouverture de trois sites industriels spécialisés dans la trituration de soja français. Le groupe cherche à produire du tourteau de soja français non OGM de qualité et tracé afin de fournir en aliments les élevages du territoire et ainsi réduire la dépendance de la France en protéine végétale tout en y étendant les surfaces de légumineuses.

La démarche de progrès : Initiée en 2007 par le groupe Avril, la démarche de progrès a pour objectif d'améliorer les bilans environnementaux de la filière biodiesel, du champ à la pompe. Pour l'amont agricole, le Cétiom accompagne les producteurs de colza et mobilise les principaux organismes de collecte. Suite aux diagnostics réalisés sur chaque bassin de collecte et au suivi des émissions GES, des plans d'actions sont mis en œuvre chez les agriculteurs. Près de 20 000 parcelles ont fait l'objet d'un suivi en 2013. Cette initiative permet d'anticiper l'obligation de l'Union Européenne d'une économie d'émissions GES de 50 % permise par les biocarburants de 1^{ère} génération par rapport aux carburants fossiles en 2017.

Conclusion

La présente étude nous a permis de confirmer l'intérêt des oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique. Les particularités de ces deux cultures permettent en effet d'atténuer les émissions de GES à différentes échelles. Les légumineuses (protéagineux et soja) permettent au champ une économie d'émissions de 2 t eq CO₂ / ha par rapport à une rotation sans légumineuses. Les oléagineux engendrent quant à eux des économies par l'intermédiaire de leurs débouchés industriels. Un hectare d'oléagineux permet en effet de produire du biodiesel qui remplacera une partie des carburants fossiles (économie de 2,4 t eq CO₂ / ha colza biodiesel) ainsi que la production de tourteaux substituables à du tourteau de soja importé.

Les oléoprotéagineux présentent un second intérêt majeur, ils permettent de combler en partie le déficit en protéines du pays. Une maximisation des parts d'oléoprotéagineux au sein des rations alimentaires animales est possible sans porter atteinte aux performances zootechniques des animaux et permettrait une diminution de 25 % des importations françaises

de tourteau de soja actuelles. Ce potentiel de diminution de la dépendance protéique française est finalement réduit par des freins à la production d'oléoprotéagineux. En effet, des freins agronomiques et réglementaires empêchent une remise en culture trop importante d'oléagineux, ce qui induit un potentiel de réduction des importations de tourteau de soja de 20 % uniquement. Le second frein à cette diminution de la dépendance protéique est lié aux performances économiques de la culture de protéagineux. Atteindre ce pourcentage permettant une économie substantielle des émissions de GES françaises nécessiterait finalement un soutien politique pour accompagner la relance des légumineuses. Ce soutien, qui existe déjà pourrait être renforcé par des politiques orientées changement climatique et se basant sur les intérêts des légumineuses dans l'atténuation des émissions de GES. Consciente de ces possibilités et de ces contraintes, la FOP soutient une logique de maintien des surfaces d'oléagineux et de relance des légumineuses.

La solution politique ou scientifique n'est pas unique ni suffisante pour permettre à la filière de se relancer de façon pérenne. Les différentes initiatives présentées précédemment sont autant de leviers diverses à explorer tout en gardant en tête l'atout majoritaire de ces cultures qui est la diminution des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole. Ce point qui est hautement d'actualité doit toujours être mis en avant comme le bénéfice premier de la relance des légumineuses.

Cette étude a été menée à l'échelle du territoire français, de nombreuses hypothèses et approximations ont donc été faites afin d'obtenir certaines quantifications d'émissions GES et de conséquences économiques. De plus les données utilisées pour les bilans GES sont en constante évolutions du fait de débats d'experts et sont amenées à être actualisées fréquemment. On peut ajouter que cette étude c'est focalisée sur la culture de pois et de colza, compte tenu de l'importance de données bibliographiques les concernant. Il serait intéressant d'étudier plus en détail les possibilités de maximisation des débouchés notamment en alimentation animale en incluant la féverole, le lupin et le tournesol, ainsi que d'approfondir les possibilités de lancement de la filière soja France qui est déjà en cours en 2015.

Bibliographie

- Arvalis, and CETIOM. 2011. "Le Tourteau de Colza : Sûr Économique et Facile À Utiliser." *Spécial Élevage*, Arvalis CETIOM infos, , September, 6.
- Arvalis, Institut du Végétal. 2015. "Agriculture et Climat : Comment Prévoir L'imprévisible," Cahier Partenaire, , no. 8 (juillet): 4.
- BERLIER, Charlotte. 2010. "MISSION DEVELOPPEMENT DURABLE DE L'ALIMENTATION ANIMALE - Impact Environnemental Des Aliments Composés Pour Animaux - Etude Du Critère 'Gaz À Effet de Serre.'" SNIA - COOP DE FRANCE.
- Billon, Aurélie, Emmanuelle Neyroumande, and Cyrille Deshayes. 2009. "Pour Une Alimentation Animale En Europe Moins Dépendante Du Soja D'importation - Cas de La France -." ENESAD.
- Caraes, Didier, and Viviane Pons. 2013. "Conjoncture - Economie Mondiale Des Engrais : Le Centre de Gravité S'est Déplacé Vers Les Pays Émergents." *Chambre D'agriculture France Direction Des Agricultures et Des Territoires*, no. 1024 (juin juillet).
- Carrouée, Benoît, K Crépon, and Corinne Peyronnet. 2003. "Les Protéagineux : Intérêt Dans Les Systèmes de Production Fourragers Français et Européens." *Fourrages* (2003) 174, 163-182.
- Carrouée, Benoit, Anne Schneider, Francis Flénet, MH Jeuffroy, and T Nemecek. 2012. "Introduction Du Pois Protéagineux Dans Des Rotations À Base de Céréales À Paille et Colza : Impacts Sur Les Performances Économiques et Environnementales." *Innovation Agronomiques* 25 (2012), 125-142.
- Cartoux, Benoît. 2010. "Alimentation Des Bovins Viande - Distribuer Des Pois Ou Des Féveroles." chambre d'agriculture de l'orne.
- CASTEL, Florence, and Bernard Pous. 1998. "Alimentation Animale : La Réforme de La PAC a Favorisé Le Recours Aux Céréales et Aux Tourteaux." AGRESTE.
- Cavaillès, Emilie. 2009. "La Relance Des Légumineuses Dans Le Cadre D'un Plan Protéine : Quels Bénéfices Environnementaux ? -." Commissariat général au développement durable - Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable.
- CEREOPA. 1992. "Tableau de Bord Pois."
- . 2014. "Prospective Aliments - Résultats France Entière Campagne 2013-14."
- Charlier, Aude, François Charrier, and MH Farhès. 2013. "Freins et Leviers À La Diversification Des Cultures - Etude Au Niveau Des Exploitations Agricoles et Des Filières. Synthèse Du Rapport D'étude." INRA.
- CNASEA. 2008. "Evaluation Ex Post Du Plan de Développement Rural National- Marché CNASEA n°22-07 Soutien À L'agroenvironnement - Synthèse de L'évaluation." CNASEA.
- Comifer. 2013. "Calcul de La Fertilisation Azotée Guide Méthodologique Pour L'établissement Des Prescriptions Locales Édition 2013 G R O U P E A Z O T E Cultures Annuelles et Prairie."
- Coordination technique : – Service Bioressources, and Direction Production et Energies Durables (DEPD) - ADEME. 2010. "Analyses de Cycle de Vie Appliquées Aux Biocarburants de Première Génération Consommés En France - Rapport Final." ADEME.
- De Cara, Stéphane, Arnaud Goussebaïle, Régis Grateau, Fabrice Levert, Justin Quemener, and Bruno Vermont. 2012. "Revue Critique Des Études Évaluant L'effet Des Changements D'affectation Des Sols Sur Les Bilans Environnementaux Des Biocarburants." ADEME - INRA.
- Denhartigh, Cyrielle, and Nicolas Metayer. 2015. "Diagnostic Des Filières de Légumineuses À Destination de L'alimentation Humaine En France - Intérêt Environnemental et Perspectives de Développement." Réseau Action Climant - France.
- Parlement Européen, Conseil de l'Union Européenne. 2009. *DIRECTIVE 2009/28/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL Du 23 Avril 2009 Relative À La Promotion de L'utilisation de L'énergie Produite À Partir de Sources Renouvelables et Modifiant Puis Abrogeant Les Directives 2001/77/CE et 2003/30/CE*. 2009.

- Parlement Européen. 2015. *Directive Sur La Qualité Du Carburant et Directive Sur Les Énergies Renouvelables*. 2015. P8_TA-PROV(2015)0100.
- FOP, and AGRESTE. 2015. "Evolution Des Surfaces et Des Productions D'oléoprotéagineux de 1985 À 2015."
- FOP, and Nathalie Gosselet. 2015. "Matières Riches En Protéines : Un Déficit Européen En Réduction Mais Toujours Conséquent." FOP.
- FOP, Nathalie Gosselet, and Camille Lecomte. 2015. "Evolution Des Recettes En Oléagineux, Protéagineux et Céréales, Observatoire Coûts de Production FOP- CER."
- France Agrimer. 2015. "Bilans Oléoprotéagineux 2014-2015."
- Frison, Benoît. 2014. "Rapport Final Centre de Référence et d'Expérimentation Février 2013- Février 2014."
- Grosset, Catherine, and Anne Boltin. 2014. "Le Bilan Énergétique de La France En 2013 : Une Hausse de La Consommation Qui En Masque La Baisse Continue." *Observation et Statistiques - Energies*, Le point sur, , no. 192 (juillet): 4.
- Henrion, Antoine. 2012. "Comment Relancer La Production et L'utilisation de Protéines Végétales Françaises À Partir de Protéagineux et de Soja." Diapositive presented at the Colloque légumineuses à graines, Paris, November 21.
- Jeuffroy, MH, and Laure Bamière. 2008. "Accroître La Part de Légumineuses En Grande Culture et Dans Les Prairies Temporaires Pour Réduire Les Émissions de N2O." INRA.
- Madigner, Marie Laurence, Guillaume Benoît, and Claude Roy. 2015. "Les Contributions Possibles de L'agriculture et de La Forêt À La Lutte Contre Le Changement Climatique -." Collection « Études et Document » Du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration Du Développement Durable (SEEIDD) Du Commissariat Général Au Développement Durable (CGDD). CGAAER.
- Marouby, Hervé. 2015. "La Consommation de Soja Pour Les Porcs En France et L'origine « Brésil » (Note IFIP D'après Oil World, Agreste, FranceAgriMer)."
- Ministère de l'agriculture. 2014. *Plan Protéines Végétales Pour La France 2014-2020*.
- Peyronnet, Corinne. 2008. "Résumés Des Ateliers AGRORESSOURCES 2008 et Synthèses Des Approfondissements." CETIOM.
- Poullette, Brigitte. 2014. "Les Matières Premières Dans Les Aliments Composés Pour Animaux de Ferme En 2012. Retour Des Tourteaux de Tournesol, Repli Continu Des Tourteaux de Soja." *AGRESTE PRIMEUR*, no. 317 (October).
- PRESSEDA, Frédéric, and Olivier LAPIERRE. 2003. "Reconquête de L'autonomie Protéique : Quelles Stratégies Pour Les Productions Porcines ?" 2003. Journées Recherche Porcine, 35, 83-88. CEREOPA.
- PROLEA. 2012. "De La Production À La Consommation France - Europe - Monde - Statistiques Des Oléagineux & Protéagineux 2012-2013."
- Robert, Michel. 2002. "La Séquestration Du Carbone Dans Le Sol Pour Une Meilleure Gestion Des Terres." Rome: FAO.
- Schneider, Anne, and Christian Huyghe. 2015. *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*. Quae. Synthèses.
- Solanet, Guillaume, Laurent Levard, and Christian Castellanet. 2011. "L'impact Des Importations Européennes de Soja Sur Le Développement Des Pays Producteurs Du Sud." CAMPAGNE ALIMENTAIRE.
- UNIP, and JP Lacampagne. 2014. "Production et Importation de Matières Riches En Protéines En France."

Sitographie :

- Site UNIP : Qualité et utilisation des protéagineux en élevage de porcs <http://www.unip.fr/qualite-et-utilisation/utilisation-en-elevage/porcs.html>

Consulté de 31 /08 / 2015

- Site Azote Info : Impact environnemental de l'industrie des engrais :
<http://www.azote.info/environnement-et-azote/les-bilans-environnementaux.html>

Consulté le 31 / 08 / 2015

- Site revenu agricole (mars 2014) : Prix d'achat observés des engrais azotés :
<http://www.revenuagricole.fr/derniers-memos-revenu-agricole/97-agera/agera-memos/1363-prix-d-achat-observe-des-engrais-azotes>

Consulté le 31 / 08 / 2015

Annexe I

Méthode d'inventaire ACV Agri-BALYSE

L'inventaire englobe :

- a) les processus agricoles: les travaux de sol, le semis, la fertilisation, l'irrigation, la protection des plantes et la récolte
- b) les machines et les hangars ou la surface de stationnement
- c) les intrants: la semence, les engrais (organiques et minéraux), les matières actives phytosanitaires, l'eau, les combustibles, ainsi que les transports de ces biens à la ferme
- d) les émissions directes de combustion et d'abrasion des pneus et les émissions directes au champ (volatilisation, lessivage, lixiviation, etc.)

L'inventaire couvre la période 'de la récolte à la récolte suivante'. Les engrais K,P et Norganique ont été répartis afin de tenir compte de la rotation.

Périmètre/exclusion : L'inventaire ne prend pas en compte les processus ayant lieu après la récolte tels que le séchage, tri ou stockage, même si ceux-ci ont lieu sur la ferme.

Annexe II

Emissions GES en kg CO2 eq / kg de grains produits et par ha (P17) Résultats AGRIBALYSE

Tableau 9 : Emissions GES des cultures

Culture	Emissions GES kg CO2 eq / kg grain produit	Rendement * Kg/ha	Emission GES t CO2 eq/ ha
Colza	90,04 E-02	3243	2, 919
Tournesol	52,61 E-02	2410	1,268
Féverole	17,46 E-02	5070	0,8522
Pois d'hiver	21,46 E-02	3810	0,8176
Pois de printemps	19,75 E-02	4600	0,9085
Blé tendre, conventionnel	41,9E-02	7100	2,98

*Données rendements moyens sur 5 dernières campagnes. (France Agrimer 2015)

Annexe III

Détails effet précédents du pois (p 18)

Voici les résultats de l'étude issue des enquêtes parcellaires de petites régions agricoles de l'Aisne, Aube et Eure-et-Loir (données CER 1991- 2008) :

	Ecart mini*	Ecart moyen	Ecart maxi*
Blé de paille	- 3.9	- 6.5	-8,6
Blé de colza		0 (témoin)	
Blé de pois	+ 2.1	+ 1,9	2,6

(* Mini – maxi observés entre les moyennes pluriannuelles des différentes régions étudiées)

Figure 25: Ecarts de rendement observés du blé selon le précédent (Ballot 2009), ici exprimé par rapport au rendement moyen en blé de colza en q/ha. (Carrouée et al. 2012)

Annexe IV

Calculs impacts GES du biodiesel de colza

Calculs : On utilise les rendements des 5 dernières campagnes : moyenne Colza = 3.39 t / ha (France Agrimer 2015)

(1 L d'huile = 0.920 kg)

Allocation massique : 1 tonne de graine de colza donne 560 kg de tourteau et 440 kg d'huile

1 hectare de colza donne 3,39 t de graine de colza = 1.49 t d'huile et 1.90 t de tourteau

1 ha colza => 1 620 L d'huile de colza environ **1 600 L de biodiesel / ha de colza cultivé**

Le diester émet $3,73 \cdot 10^{-2}$ kg eq CO₂ / MJ (ADEME 2010)

Or, le pouvoir calorifique interne du biodiesel PCI = 33,1 MJ / L (annexe ADEME 2010)

1 hectare de Colza est donc susceptible de produire $1\ 600 \cdot 33,1 = 52\ 960$ MJ soit

1 hectare de Colza émet pour sa production de biocarburant (1 600 L) 1 975 kg eq CO₂

Le PCI du gazole = 38,080 MJ / L.

1600 L de gazole fossile crée 60 928 MJ.

Une consommation équivalente de carburant fossile engendre une émission de 5 568 kg eq CO₂

1 hectare de Colza permet l'économie de 3,6 t eq CO₂ d'émission de gaz à effet de serre.

On estime que 2/3 de l'huile produite est utilisé pour le débouché biodiesel : $2/3 \cdot 3,6 = 2,4$ t eq CO₂ d'économisés.

Annexe V

Débouché biodiesel : Calcul de l'effet GES du CASI biodiesel Français.

Au sein du rapport coordonné par Stéphane De Cara pour l'ADEME et l'INRA, l'équipe a effectué une méta-analyse de tous les chiffres de la littérature concernant les CASI induits par un mégajoule supplémentaire demandé par la production de biocarburants. Après un entretien avec Monsieur Stéphane De Cara, nous avons établis deux hypothèses afin d'estimer l'ordre de grandeur des émissions supplémentaires de GES engendrées par les CAS indirects liés à la production de biodiesel. (De Cara et al. 2012)

Hypothèse basse : Si on ajoute l'impact de changement d'affectation des sols, on aboutit à 37g eq CO₂ / MJ d'émissions supplémentaires (1,9 t CO₂ eq / ha colza). Ce qui nous donne en tout une **économie possible de 0.5 t eq CO₂ / ha colza**. *source Calculs Stéphane De Cara

Hypothèse haute : Si on ajoute l'impact de changement d'affectation des sols, on aboutit à 56g eq CO₂ / MJ d'émissions supplémentaires (2,9 t CO₂ eq / eq). Ce qui nous donne en tout une **émission engendrée de 0.5 t eq CO₂ / ha colza**. *source Calculs Stéphane De Cara

Annexe VI

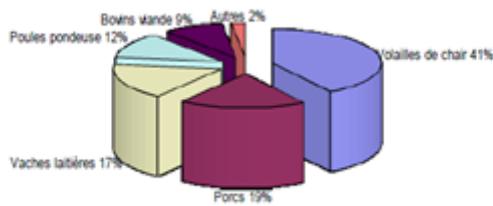
Alimentation animale :

Figure 26 : Adéquation nutritionnelle de chaque alternative au soja par type d'animaux (Billon, Neyroumande, and Deshayes 2009)

Alternatives	Bovins	Volailles	Porcins
Tourteau de colza	+++	-	++
Tourteau de tournesol	++	+	-
Pois protéagineux	++	++	+++
Féverole	+++	++	++
Lupin blanc	+++	+	+
Luzerne déshydratée	+++	+	+
Légumineuses fourragères	++	-	-

+++ : Très adapté
 ++ : Adapté
 + : Peut avoir un intérêt
 - : Ne convient pas

Figure 27 : Répartition de l'utilisation du soja par type de production animale en France (Solonet, Levard, and Castellanet 2011)



Annexe VII

Incorporation de pois au sein des rations porcines en 1992 (CEREOPA 1992)

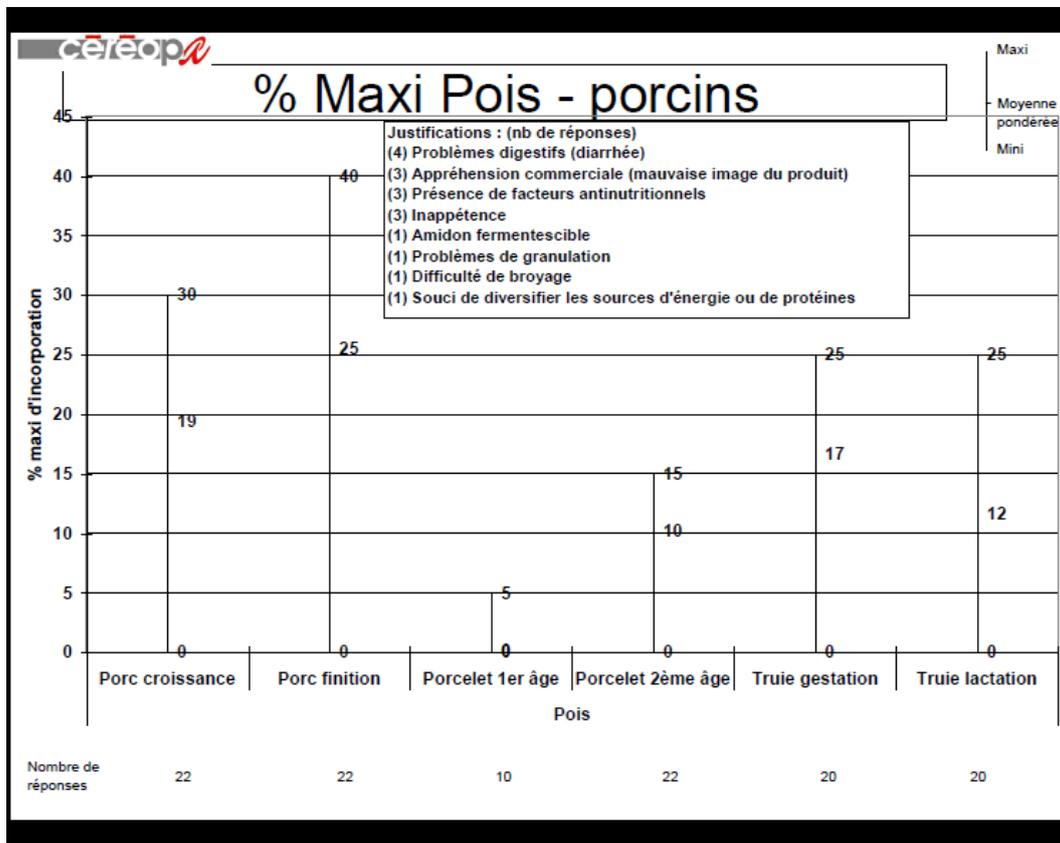


Figure 28 : Incorporation de pois au sein des rations porcine en 1992 (CEREOPA 1992)

Annexe VIII

Complémentarité de l'association pois-colza en acides aminés :

Les protéagineux et le tourteau de colza ont des profils en acides aminés complémentaires pour remplacer le tourteau de soja. En effet, le pois est riche en lysine mais plus pauvre en acides aminés soufrés (méthionine + cystéine). A l'inverse, le tourteau de colza est pauvre en lysine par rapport au tourteau de soja, mais possède une teneur élevée en acides aminés soufrés. Ainsi, le tourteau de colza et le pois sont des sources de protéines complémentaires qui peuvent se substituer au tourteau de soja.

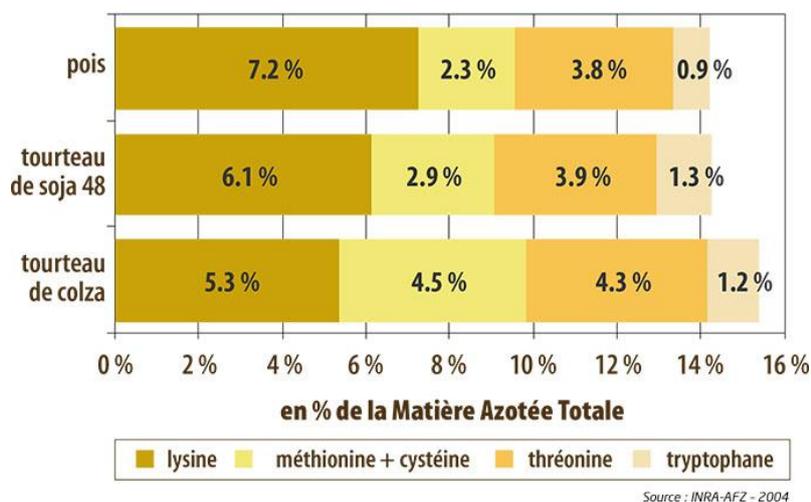


Figure 29 : composition en acides aminés des tourteaux et du pois

Source : UNIP 2015. <http://www.unip.fr/qualite-et-utilisation/utilisation-en-elevage/porcs.html>

Consulté le 30/08/2015

Annexe IX

Calcul économies engendrées par la diminution d'importation en gaz naturel :

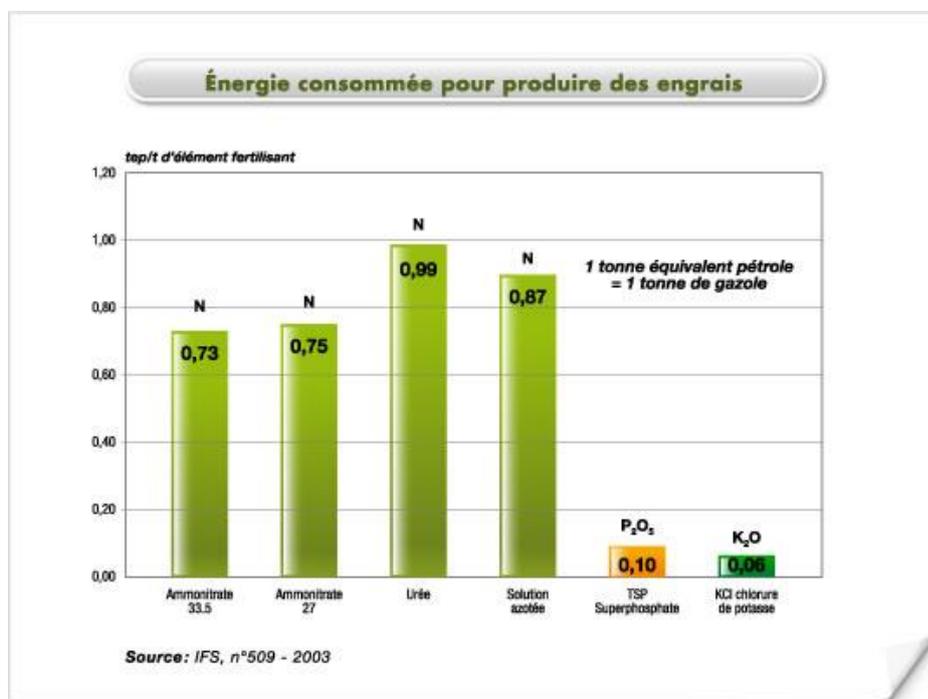
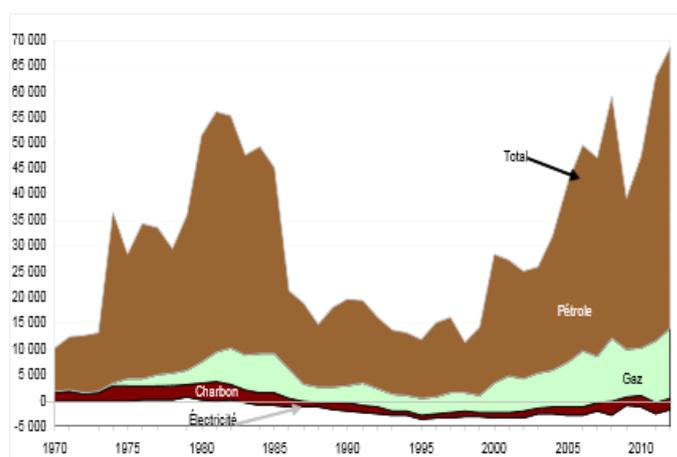


Figure 30 : Energie consommée pour produire des engrais

Source : <http://www.azote.info/environnement-et-azote/les-bilans-environnementaux.html> (31/08)

**La facture énergétique déclinée par type d'énergie
(en millions d'euros 2012)**



Source : données des Douanes, calculs SOeS

Figure 31 : facture énergétique déclinée par type d'énergie (Grosset and Boltin 2014)

Ajout de protéagineux (ha)	300000
fabrication engrais (tep/t) *fig 2	0,87
économie engrais par légumineuses (t d’N)	51000
économie de tep (tep)	44370
importation 2015 Gaz naturel France (tep) (Grosset and Boltin 2014)	40 000 000
% age économisé sur importation française	0,00110925
Facture gaz naturel (€/ tep) *fig 3	8800000000
Gain économie importation gaz naturel (€)	9761400

Tableau 10 : Calcul du coût induit par la diminution d'importation de gaz naturel en France via l'introduction de 300 000 ha de légumineuses

Annexe X

Marché du Carbone en Europe :

PAYS	ANNEE D'INTRODUCTION	TAUX EN 2014 (€/tCO ₂)
Finlande	1990	18
Suède	1991	40-125
Norvège	1991	20-80
Danemark	1992	5-80
Suisse	2008	50
Irlande	2010	20
France	2014	7 *

Tableau 11 : Prix du carbone en Europe

* 14,50€ en 2015, 22€ en 2016

Source : Chaire Economie du Climat, Université Paris Dauphine

En France, la « contribution climat énergie » ne constitue pas un nouvel impôt mais majore néanmoins l'assiette de taxes existantes : TICPE (taxe intérieure de consommation de produits énergétique), la TICGN (taxe intérieure de consommation sur le gaz naturel) et la TICC (taxe intérieure de consommation sur le charbon). L'augmentation des taux est fixée dans le code des douanes et pour chaque produit de manière à tenir compte de leurs émissions en CO₂.

Lors de la chaire Economie du Climat à l'Université Paris Dauphine, les experts s'accordaient tous à dire qu'il faudrait un marché mondial du carbone avec un prix mondial unique, mais qu'au vu des rapports de force politiques et divers enjeux nationaux, environnementaux, économiques, politiques, cela paraissait pour l'instant utopique.

Annexe XI

Région	Unité en €
Ile-de-France	0,89
Alsace	0,89
PACA	0,90
Centre	0,91
Haute-Normandie	0,91
Bretagne	0,92
Poitou-Charentes	0,93
Languedoc-Rousillon	0,93
Lorraine	0,94
Champagne-Ardenne	0,95
Aquitaine	0,96
Rhône-Alpes	0,96
Limousin	0,98
Picardie	0,99
Midi-Pyrénées	0,99
Pays-de-la-Loire	1,00
Franche-Comté	1,01
Basse-Normandie	1,04
Bourgogne	1,05

Figure 32 : prix moyen de l'unité d'azote en France en 2014 en fonction des régions

Source : site revenu agricole consulté le 30 / 08 / 2015

<http://www.revenuagricole.fr/derniers-memos-revenu-agricole/97-agera/agera-memos/1363-prix-d-achat-observe-des-engrais-azotes>

Annexe XII

Détails calculs macroéconomie

	Cas n°1	Cas n°2	Cas n°3
Colza non exporté (t)	0	400 000	200 000
Prix colza montoir (€)	400	400	400
cout non exportation colza (€)	0	160 000 000	80 000 000
ajout de surface oléagineux (ha)	300 000	0	105 000
ajout de surface protéagineux (ha)	300 000	300 000	300 000
Perte de surface en Blé (ha)	100 000	100 000	100 000
Total perte blé (ha)	700 000	400 000	505 000
diminution de production blé (t)	4 970 000	2 840 000	3 585 500
Exportation de blé 45 % de la production	0,45	0,45	0,45
volume de blé non exporté (t)	2 236 500	1 278 000	1 613 475
prix tonne blé rendu rouen (janvier 2015) €/t	200	200	200
coût diminution exportation blé (€)	447 300 000	255 600 000	322 695 000
prix tonne tourteaux de soja Montoir (moyenne 2015)	335	335	335
Volume tourteau de soja non importé (t)	860 000	810 000	810 000
Gain économique sur tourteau soja (€)	288 100 000	271 350 000	271 350 000
Prix du Carbone 2016 (€/t)	22	22	22
Economies Emissions GES (t eq CO2)	600 000	600 000	600 000
Gain économie GES (€)	13 200 000	13 200 000	13 200 000
Economie consommation engrais (kg N)	60 900 000	60 900 000	60 900 000
prix azote minéral (€/kg N)	0,9	0,9	0,9
gain non importation engrais (€)	30 693 600	30 693 600	30 693 600
gain économie importation gaz naturels (€)	10 000 000	10 000 000	10 000 000
total coûts (€)	-103 306 400	-88 356 400	-77 451 400

Tableau 12 : détails des coûts macroéconomiques de la maximisation des part d'oléoprotéagineux au sein des rations animales

Annexe XIII

Actualisation des coûts et des bénéfices :

Rappels sur l'actualisation des flux monétaires

$$F_{\text{actualisé}} = \sum_{t=0}^{t=n} (B_t \times (1+a)^{-t} - C_t(1+a)^{-t})$$

Où

- $F_{\text{actualisé}}$ est la somme des coûts et des bénéfices actualisés
- B_t est le bénéfice à l'année t
- C_t est le coût à l'année t
- a est le taux d'actualisation

0	7	8	9	13	14
-8000000	-26678197,7	-19493497,75	-13695872,95	-2254530,478	-1301935,175
-322695000	-107611512,6	-78630678,2	-55244871,51	-9094071,409	-5251599,64
271350000	90489111,83	66119507,67	46454689,06	7647085,567	4416001,371
13200000	36300000	39600000	42900000	56100000	59400000
22	60,5	66	71,5	93,5	99
30693600	10235624,11	7479070,281	5254695,574	864995,7087	499513,4685
10000000	3334774,713	2436687,219	1711984,118	281816,3098	162741,8968
-77451400	-25828297,02	-18872483,64	-13259556,68	-2182706,774	-1260458,775

Tableau 13: Coûts et bénéfices actualisés sur 14 ans

Ligne 1 Années

Ligne 2 actualisation cout non exportation colza (euros)

Ligne 3 actualisation coût diminution exportation blé (euros)

Ligne 4 actualisation Gain économique sur tourteau soja (euros)

Ligne 5 actualisation Gain économie GES (euros)

Ligne 6 Evolution du prix du carbone (euros)

Ligne 7 actualisation gain non importation engrais (euros)

Ligne 8 actualisation total coûts (euros)

n= 0 (2016)	n=7 (2024)	n=8 (2025)	n= 9 (2026)	n= 13 (2030)	n=14 (2031)
-80 000 000	-471 012 625	-484 708 498	-493 960 939	-507 281 573	-508 004 491
-322 695 000	-1 899 917 738	-1 955 162 609	-1 992 484 065	-2 046 215 339	-2 049 131 366
271 350 000	1 597 615 947	1 644 070 637	1 675 453 760	1 720 635 685	1 723 087 734
13 200 000	237 600 000	280 500 000	326 700 000	544 500 000	607 200 000
30 693 600	180 713 413	185 968 109	189 517 993	19 4628 721	194 906 083
10 000 000	58 876 578	60 588 562	61 745 117	63 410 196	63 500 561
-77 451 400	-296 124 423	-268 743 799	-233 028 133	-30 322 309	31 558 520

Tableau 14 : Sommes actualisées des coûts et bénéfices sur 14 ans

Ligne 1 Années

Ligne 2 Somme actualisée cout non exportation colza

Ligne 3 Somme actualisée coût diminution exportation blé (euros)

Ligne 4 Somme actualisée Gain économique sur tourteau soja

Ligne 5 Somme actualisée Gain économie GES (euros)

Ligne 6 Somme actualisée gain non importation engrais (euros)

Ligne 7 Somme actualisée gain économie importation gaz naturels

Ligne 8 Somme actualisée total coûts

Annexe XIX

Impact économique de l'effet précédent :

Figure 33 : effet de l'introduction du pois sur la MSD par rapport à l'absence de pois (Carrouée et al. 2012)

Tableau 7.1. Effet de l'introduction du pois sur la marge semi-directe (MSD) comparativement à des rotations de référence sans pois dans plusieurs régions et contextes économiques : écart de marge avec pois (en €/ha/an) et pourcentage du témoin respectif (entre parenthèses). Source : étude de 2010, Casdar 7-175.

Rotation	Insertion du pois entre 2 blés (1/5 ans)		Insertion du pois devant le colza 1 fois sur 2 (1/7 ans)		Remplacement de l'orge par du pois 1 fois sur 2 (1/6 ans)	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Beauce (avec orge pr., pois hiver et blé dur)	+ 14 (+ 2,9 %)	+ 35 (+ 3,7 %)	- 1	+ 5 (0,5 %)	+ 2	- 9 (1 %)
Thymerais (avec orge br. d'hiver et pois d'hiver) ^a	0	+ 14 (1,5 %)	- 16 (3,3 %)	- 3 (2,4 %)	- 11 (2,4 %)	+ 4 (2,4 %)
Bourgogne (avec orge br. d'hiver et pois d'hiver)	+ 21 (+ 6 %)	+ 32 (4,2 %)	- 2	0	- 3	- 1
Plateau lorrain (avec orge four et pois pr.)	+ 22 (+ 6 %)	+ 44 (+ 5,6 %)	+ 9 (2,3 %)	+ 21 (2,6 %)	+ 12 (3 %)	+ 29 (3,6 %)

^a Thymerais : remplacement de l'orge d'hiver par de l'orge de printemps lorsque le pois est inséré avant le colza.

C1 : contexte de prix « moyens » (moyenne 2005-2009), blé à 126 €/t et pois à 150 €/t.

C2 : contexte de prix « élevés » (prévisions à l'époque pour 2010-2011), blé à 200 €/t et pois à 225 €/t.

MSD = MB – charges variables spécifiques = (Rendement × Prix) + Indemnités* – Intrants – Assurances – Charges de mécanisation variables par année culturale – Travaux par tiers.

* Aide existante à la culture de pois, c'est-à-dire d'un montant total entre 100 et 200 €/ha sur cette période.

Les fonds de chaque case soulignent l'écart par rapport au témoin : gris foncé, écart supérieur à + 5 % ; gris clair, entre + 3 et 5 % ; blanc, entre - 3 % et + 3 % ; en gras et encadré, supérieur à - 3 %.

Annexe XX

Figure 4 – Motifs d'engagement dans les MAE (Source : réponse à l'enquête bénéficiaires)

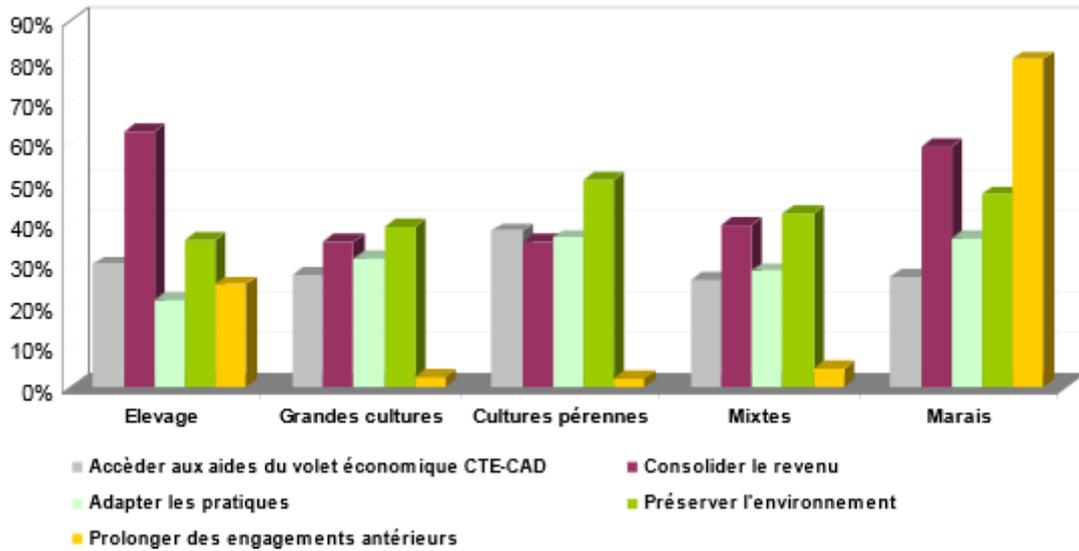


Figure 34 : Motifs d'engagement dans les MAE (CNASEA 2008)

(CNASEA 2008)

Figure 5 Critère de choix des MAE (Source : réponse à l'enquête bénéficiaires)

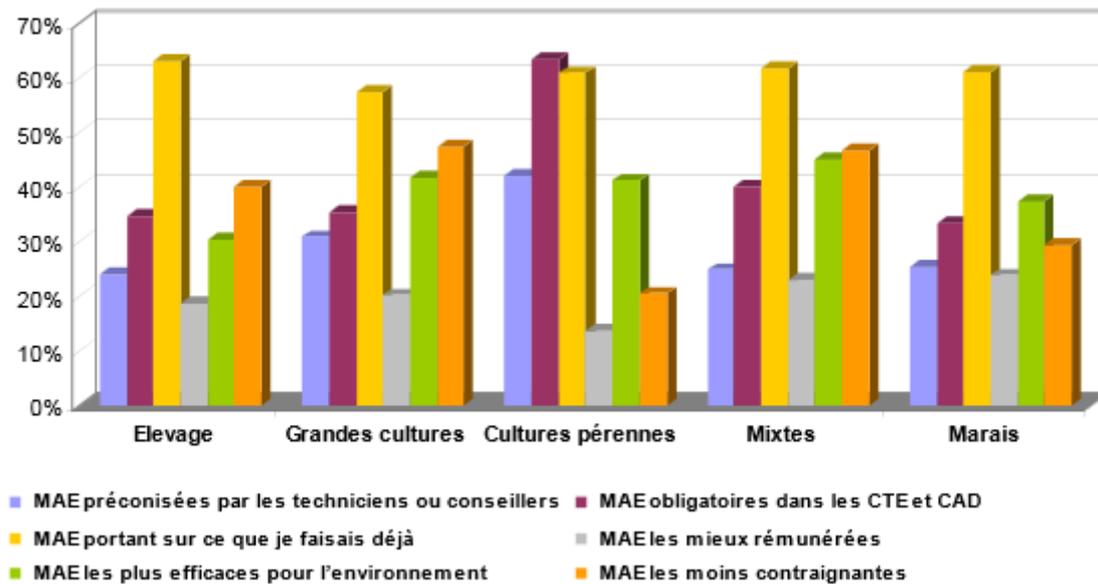


Figure 35 : Critère de choix des MAE (CNASEA 2008)

(CNASEA 2008)

Figure 36 : Réalisation des MAE par agrosystème

Tableau 3 – Réalisations des MAE par agrosystème (Source ODR-CNASEA)

Agrosystèmes	Nombre de bénéficiaires / total exploitations	% SAU avec MAE / SAU totale	% linéaire avec MAE/ linéaire total	Nombre total exploitations	SAU totale (ha)
Elevage dominante herbagère	40%	59%	14%	86 047	3 926 447
Elevage semi-extensif	31%	44%	9%	84 733	3 520 280
Mixte - polyculture élevage	11%	22%	4%	149 027	5 877 499
Cultures Permanentes	5%	21%	0,7%	78 473	979 783
Diversification depuis élevage	11%	21%	8%	63 955	2 525 117
Grandes cultures avec colza en tête d'assolement	12%	20%	7%	24 191	1 846 397
Spécialisation vers les grandes Cultures	13%	19%	4%	34 287	1 922 042
Grandes cultures dominées par le maïs	10%	19%	0,5%	14 922	459 198
Grandes cultures avec rotations diversifiées	9%	16%	3%	92 204	5 693 502
Elevage à base de maïs	8%	14%	8%	35 882	1 104 611

(CNASEA 2008)

	Diplôme : Ingénieur Agronome Spécialité : POMAR Spécialisation / option : Enseignant référent : Catherine Laroche Dupraz
Auteur(s) : Carole Le Jeune Date de naissance* : 17 / 09 / 1991	Organisme d'accueil : Fédération Françaises des Producteurs d'Oléoprotéagineux Adresse : 12 rue de Monceau 75008 PARIS
Nb pages : 50 Annexe(s) : 20	
Année de soutenance : 2015	Maître de stage : Nathalie Gosselet
Titre français : Les oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique Titre anglais : Oilseeds in the fight against climate change	
Résumé (1600 caractères maximum) : L'agriculture est à la fois victime, acteur et solution du changement climatique. Elle est responsable de 20% des émissions GES françaises mais elle pourrait participer à l'atténuation de 20 à 60% des émissions totales. Les particularités des oléoprotéagineux leur confèrent une place de choix dans la lutte agricole du changement climatique. Ils permettent d'atténuer les émissions de GES à différentes échelles. Les légumineuses permettent au champ une économie d'émissions de 2 t eq CO ₂ / ha par rapport à une rotation sans légumineuses. Les oléagineux engendrent des économies par l'intermédiaire de leurs débouchés industriels. Un hectare d'oléagineux permet de produire du biodiesel qui remplacera une partie des carburants fossiles ainsi que la production de tourteaux substituables à du tourteau de soja importé plus émetteur. Les oléoprotéagineux permettent aussi de combler en partie le déficit en protéines du pays. Mais certains freins agronomiques et réglementaires empêchent une remise en culture trop importante des oléagineux, et des freins économiques freinent l'essor des légumineuses : nous en avons déduit un potentiel français de réduction des importations de tourteau de soja de 20 % par l'intermédiaire du développement des oléoprotéagineux en France. Atteindre ce pourcentage permettant une économie substantielle des émissions de GES françaises nécessiterait finalement un soutien politique. Ce soutien, qui existe déjà pourrait être renforcé par des politiques orientées changement climatique et se basant sur les intérêts des oléoprotéagineux dans l'atténuation des émissions de GES.	
Abstract (1600 caractères maximum): The agriculture is a victim, an actor and part of the solution of climate change. It emits 20% of French 'greenhouses emissions but could also mitigate them by 20 to 60 %. Oilseeds' peculiarities give them a prominent place in agriculture's climate change's fight. They can mitigate GHG emissions at different scales. Legumes reduces the emissions by 2 t CO ₂ eq / ha in comparison with the emissions of a free legumes' rotation. Oleaginous generate lowers emissions through their industrial products. Oleaginous can produce biodiesel to replace some of the fossil fuels and the production of oleaginous meal can replace imported soybean meals which produces more GHG. Oilseed can also fill a part of France's protein deficit. But some agronomic and regulatory brakes prevent excessive re-cultivation of oleaginous. Also, economic brakes are holding back the growth of legumes: we concluded a French reduction potential of soybean meal imports by 20% through the development of oilseed crops in France. Reaching such a rate that allows substantial GHG economies, would require a political support. This support, which already exists, could be strengthened by climate change oriented policies, based on the interests of oilseed in mitigating GHG emissions.	
Mots-clés : Oléoprotéagineux, Changement climatique, Gaz à effet de serre, indépendance protéique Key Words: oilseed, climate change, greenhouse gazes, protein deficit	

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires