



# Guide méthodologique pour la conception des ICV intrants de l'élevage de la base de données ECOALIM

*Aurélie Wilfart (INRA UMR SAS),*

*Aurélie Tailleur (Arvalis),*

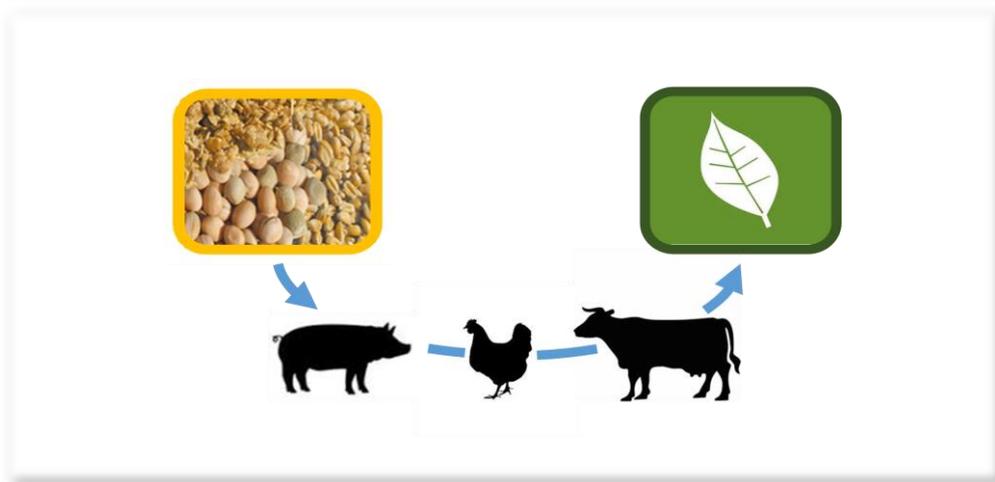
*Sylvie Dauquet (Terre Inovia),*

*co-auteurs : Morgane Magnin, Hanh N'guyen, (INRA UMR SAS), Sarah Willmann (ARVALIS)*



## Livrable complémentaire au projet :

### ECOALIM : AMELIORER LES BILANS ENVIRONNEMENTAUX DES ELEVAGES EN OPTIMISANT LEURS RESSOURCES ALIMENTAIRES



Coordinateur : *Sandrine Espagnol - IFIP*

Partenaires : *Didier Gaudré, IFIP ; Léonie Dusart, ITAVI ; Paul Ponchant, ITAVI ; Aurélie Tailleur, Arvalis ; Sylvie Dauquet, Terres Inovia ; Florence Garcia-Launay, INRA UMR PEGASE ; Bertrand Méda, INRA URA ; Christian Bockstaller, INRA LAE ; Aurélie Wilfart, INRA UMR SAS ; Armelle Gac, Institut de l'Élevage ; Laurent Morin, Feedsim Avenir*

N° de contrat ADEME : 1260C0061

N° convention CASDAR : 12AAP1291

Date d'exécution : 2013-2016



Rapport Prolongements méthodologiques ECOALIM

Janvier 2017

**Citation de ce rapport**

**Wilfart A., Tailleux A., Dauguet S., 2017. Guide méthodologique pour la conception des ICV intrants de l'élevage de la base de données ECOALIM**

## Sommaire

ABREVIATIONS.....	8
A. Enjeux et objectifs du projet ECOALIM .....	9
A.1 Contexte environnemental et enjeux économiques et sociétaux .....	9
A.2 Objectifs techniques d'ECOALIM .....	11
B. Choix méthodologiques.....	11
B.1. Choix des intrants étudiés.....	11
B.2. Unité fonctionnelle, période temporelle, périmètre et règle d'allocation .....	11
B.3. Grandes cultures françaises et étrangères.....	15
B.3.1. Détails des adaptations par rapport à la méthode AGRIBALYSE.....	15
B.3.2. Source de données.....	17
B.4. Produits transformés.....	28
B.4.1. Liste des produits transformés d'origine végétale.....	28
B.4.2 Liste des produits transformés d'origine animale.....	33
B.4.3 Liste des autres produits transformés.....	33
B.5. Indicateurs et méthodes de caractérisation choisis.....	34
Références.....	36
Annexe A : Cas d'études pour les déclinaisons des itinéraires techniques.....	38
Annexe B : Processus de transformation .....	49
Annexe C : Calcul des ICV des produits transformés et industriels.....	58
Annexe H : Calcul des ICV étrangers.....	59
Annexe I : Variabilité des résultats ACV grandes cultures observée sur les différents cas d'étude .	60

## REMERCIEMENTS

### **Aux experts ayant contribué aux développements méthodologiques, à la construction des Inventaires de Cycle de Vie et au contrôle qualité données d'itinéraires techniques :**

Membres du groupe méthodologique

- Sandrine Espagnol (IFIP)
- Armelle Gac (IDELE)
- Florence Garcia Launay (INRA - [UMR PEGASE](#))

Autres experts

- Christian Bockstaller (INRA - UMR Université Lorraine – INRA, Agronomie et Environnement Nancy-Colmar)
- Jean-Pierre Cohan (ARVALIS)
- Hélène Gross (ACTA)
- Virginie Parnaudeau (INRA - UMR Sol Agro et hydrosystèmes Spatialisation)
- Anne Schneider (Terres Inovia)
- Robert Trochard (ARVALIS)

## Liste des figures

Figure 1 : Périmètre des ACV des Intrants alimentaires ECOALIM.....	12
Figure 2 : cas d'étude utilisés pour les inventaires déclinés par itinéraire technique .....	18

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des méthodes de caractérisation « site-dépendant » UA, HI et AE: Synthèse des méthodes de caractérisation « site-dépendant » UA, HI et AE.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 2 : Bases de données d'inventaire d'eau répertoriées pour la période 2008-2014. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 3 : Méthodes d'évaluation d'impact d'utilisation d'eau douce.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 4 : Données à collecter pour l'évaluation de l'impact d'utilisation d'eau douce .	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 5 : Différentes approches envisageables pour chaque piste participant à l'application de l'ACV à la biodiversité (ScoreLCA, 2014) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 6 : Variables influençant les quantités de nitrate lixivié sous la culture et la période de drainage suivant sa récolte .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 7 : Facteurs d'allocations des différents coproduits de la base de données ECOALIM.....	12
Tableau 8 : Allocations au sein d'une succession culturale.....	14
Tableau 9 : Synthèse des choix méthodologiques ACV dans ECOALIM (en rouge : les différences avec AGRIBALYSE).....	15
Tableau 10 : Cultures présentes dans les fermes-types retenues .....	18
Tableau 11: Données constituant les ICV des cultures issus des cas types pour les différents scénarios étudiés.....	20
Tableau 11 : Sources des données d'inventaires pour les cultures françaises .....	23
Tableau 12 : Caractéristiques principales des cultures françaises .....	24
Tableau 13 : Données constituant les inventaires des MP étrangères .....	26
Tableau 14 : Consommations énergétiques considérées pour le séchage des grains.....	28
Tableau 15 : Indicateurs et méthodes de caractérisation choisis pour les valeurs ACV dans la version Excel.....	35
Tableau 1 - Avantages et inconvénients des méthodes détaillées dans la synthèse.	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 1 : Modèles identifiés pour l'analyse comparative des émissions azotées..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 2 : Données nécessaires pour DEAC, SYST'N, INDIGO et AGRIBALYSE (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N <sub>2</sub> O et NH <sub>3</sub> ) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 3 : Système de renseignement des différentes données nécessaires pour l'application de chacun des modèles .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 4 : Caractéristiques des sorties des modèles d'émission par type de flux (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N <sub>2</sub> O et NH <sub>3</sub> ) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 5 : Manipulation des modèles .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 6 : Caractéristiques des types de sol rencontrées dans les fermes types Bourgogne et Bretagne .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

Tableau 7 : Types de sol, stations climatiques et périodes simulées utilisées avec les modèles . **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 8 : Pourcentage de diminution de la lixiviation de nitrate à l'échelle de la rotation lié alors de l'implantation de la CIPAN ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 9 : Pourcentage de diminution de la lixiviation à l'échelle de la rotation lorsqu'implantation de CIPAN et repousses de colza ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 10 : Principes de calcul des émissions N<sub>2</sub>O des modèles SYST'N, INDIGO et AGRIBALYSE\_N<sub>2</sub>O ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 11 : Principes et données requises pour les trois modèles d'émission de NH<sub>3</sub> testés : SYST'N, INDIGO et la méthode AGRIBALYSE ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 12 : Atout des outils d'estimation des émissions d'azote et difficultés rencontrées dans le cadre d'ECOALIM..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 13 : Différents choix identifiés pour ECOALIM ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 4 - Distances entre : le champ et l'organisme stockeur (culture) ou le champ et l'usine (MP transformée), entre l'OS/usine et le port d'exportation et entre le port étranger et le port français. 59

## **ABREVIATIONS**

ACV : analyse de cycle de vie

ETM : éléments traces métalliques

FT : ferme type

ICV : inventaire de cycle de vie

ITK : itinéraire technique cultural

MP : matière première

## A. Enjeux et objectifs du projet ECOALIM

### A.1 Contexte environnemental et enjeux économiques et sociétaux

La FAO (2006) identifie l'élevage comme une activité stratégique à améliorer au regard de l'impact Changement Climatique : les émissions de gaz à effet de serre liées à la production de viande représentent environ 18% du total des émissions mondiales (estimation révisée en 2013 à 14,5%, (Gerber et al, 2013)).

Le cadre réglementaire, avec la Directive IPPC (Integrated Pollution Prévention and Control) du 24 septembre 1996, contraint les élevages à améliorer leur bilan environnemental sur l'ensemble des impacts, et ce de manière intégrée. Les impacts environnementaux doivent être limités tout en évitant les transferts de pollution. Cette directive est applicable depuis le 30 octobre 2007 pour un nombre important d'activités industrielles. En production animale, sont concernés les élevages de porcs de plus de 2000 places de porcs de plus de 30 kg ou 750 emplacements de truies ainsi que les ateliers avicoles de plus de 40000 emplacements.

Enfin, pour clarifier l'information du grand public et promouvoir l'éco-consommation, le Grenelle de l'Environnement a été à l'origine du développement d'un affichage environnemental des produits de consommations (loi n°2009-967 du 3 août 2009). Il concerne plusieurs impacts environnementaux (approche multicritère) générés par un produit tout au long de son cycle de vie, en s'appuyant sur les normes ISO 14040 et ISO 14044. Pour répondre à cet objectif, une plate-forme générale sur l'affichage environnemental encadrée par l'ADEME et l'AFNOR a été initiée. Sa mission est de mettre en place une méthode simplifiée d'évaluation des impacts environnementaux et d'explorer les différentes possibilités pour un format de restitution. Un référentiel de bonnes pratiques (AFNOR BP X 30-323) établit les principes généraux pour que les entreprises qui souhaitent s'engager dans cette démarche puissent le faire sur la base d'un socle commun. La Commission Européenne conduit également des actions en vue de faciliter l'amélioration de l'information relative à la performance environnementale des produits et des organisations. C'est un enjeu social que de permettre aux consommateurs soucieux du bilan écologique de leur alimentation de disposer de produits animaux présentant de meilleurs bilans environnementaux.

**Dans cette dynamique d'amélioration environnementale des élevages, l'alimentation des animaux s'avère être un poste prioritaire à optimiser** (Bouvarel et al., 2010). Elle impacte notablement les différentes étapes de cycle de vie des produits animaux:

- Lors de la production des aliments : de manière directe sur l'exploitation lorsque les aliments sont produits sur l'exploitation, ou en amont (impacts indirects) lorsque l'éleveur achète ses aliments. Les premières ACV de produits animaux indiquent que la production et l'approvisionnement des aliments peuvent contribuer jusqu'à environ 50% de la plupart des impacts environnementaux de kilogramme de viande (Basset-Mens et Van der Werf, 2004 ; Cederberg, 1998 et 2004 ; Rossier, 2001 ; Williams et al., 2006). La production des intrants alimentaires des porcs et des volailles émet autant de gaz à effet de serre que les postes liés à la gestion des animaux et de leurs effluents.
- L'alimentation a également une incidence sur les rejets d'azote et de phosphore par les effluents et les impacts associés. Ces derniers peuvent être sensibles dans des contextes d'excédents structurels comme celui de la Bretagne. A cet égard, de nombreux travaux mettent à disposition des équations de rétention des différents nutriments par les animaux (modèle Bilan Réel Simplifié, Corpen, 2003 et 2006).

**Des éléments de contexte actuels ou récurrents laissent entrevoir des évolutions nécessaires, ou du moins attendues et souhaitées (enjeux sociaux), en matière d'alimentation des animaux d'élevage.**

- Les élevages sont invités à diminuer les importations de soja en provenance du Brésil, accusées de contribuer à la destruction de la forêt primaire amazonienne (puits de carbone à enjeu mondial) ;

elles supportent aussi des distances de transport élevées et contiennent, le cas échéant, des OGM. Des produits issus de cultures métropolitaines (tourteaux de colza et de tournesol), des protéagineux et des acides aminés de synthèse peuvent le plus souvent se substituer au tourteau de soja.

- Dans le contexte d'une forte augmentation attendue de la population mondiale, les productions animales se voient reprocher la mobilisation de surfaces pour la production d'aliments du bétail non directement consommés par l'homme (une part importante de la surface agricole de l'Union Européenne est dévolue à l'alimentation des cheptels). Une amélioration des performances techniques des ateliers animaux est donc à rechercher.
- Les filières animales ont la capacité de valoriser des coproduits de filières industrielles et agroalimentaires (meunerie et amidonnerie). De nouvelles filières se développent et ouvrent des opportunités à de nouveaux gisements de coproduits (drêches d'éthanol, tourteaux de colza ; FranceAgriMer, 2009).
- Les élevages et les fabricants d'aliments peuvent mobiliser des matières premières produites localement, dans une logique de consommation de proximité. C'est souvent le cas des fabricants d'aliments à la ferme qui représentent 10% des élevages en volaille et 25 à 30% des éleveurs en porcs : ils interviennent directement sur le choix des intrants et leurs niveaux d'incorporation dans les aliments des porcs. Selon le cas, ils produisent, ou non, une part des matières premières nécessaires (céréales notamment) sur l'exploitation.
- Les élevages ont réduit leurs rejets en évoluant d'une alimentation dite « standard » à une alimentation par phases permettant de mieux ajuster les apports aux besoins des animaux. Néanmoins, de nouvelles améliorations de l'efficacité d'utilisation des nutriments par les animaux afin de réduire l'excrétion associée (N, P, K, Cu, Zn...) ou les émissions (CH<sub>4</sub>) sont encore possibles comme, par exemple, l'alimentation séquentielle en volaille ou multiphase en porc. L'utilisation de nouvelles matières premières non transformées est aussi envisageable : blé entier en alimentation avicole par exemple, ...

**Ces attentes d'évolutions doivent être évaluées du point de vue de leur efficacité sur l'ensemble des impacts environnementaux et de leur applicabilité.**

**Soulignons que dans ce contexte, le raisonnement de l'alimentation des porcs et des volailles et des aliments composés des bovins se fait dans l'étape de formulation conditionnée à ce jour essentiellement par des critères nutritionnels et de marché.** L'objectif suivi est de produire au moindre coût des rations équilibrées satisfaisant les besoins des animaux. Ces formules doivent en outre permettre de fabriquer des aliments appétants et possédant des caractéristiques qui faciliteront leur fabrication, leur manipulation et leur conservation. A l'échelle des fabricants d'aliments et de concentrés, l'approvisionnement en matières premières se gère majoritairement au niveau national ou mondial. Les situations de marché conditionnent en permanence des choix de matières premières et des règles d'approvisionnement. D'autres contraintes, liées au cahier des charges des filières qualité, peuvent exister comme celle d'imposer un niveau d'incorporation minimal de céréales dans les rations.

**L'alimentation animale représente d'importants enjeux économiques pour les filières, notamment dans un contexte de prix mondialisé où les coûts de production peuvent conditionner la viabilité de filières nationales au regard d'autres pays.** Pour un atelier porcin par exemple, le poste alimentation **représente entre 60 et 70% du coût de revient (Tableau de bord de la Gestion Technico-Economique).** Par ailleurs, le choix de combinaisons de matières premières pour l'alimentation animale a des répercussions économiques également sur les filières végétales. Les enjeux économiques associés à ce poste de production sont donc primordiaux et indissociables de toute recherche d'optimisation sur ce poste.

Dans ce contexte, le projet Eco-Alim vise à aider les élevages dans l'amélioration stratégique, attendue et bientôt tracée, de leur bilan environnemental sur un poste prioritaire qu'est l'alimentation des animaux et plus précisément sur les aliments composés. En effet, **les aliments composés (fabriqués**

**ou achetés par les éleveurs) constituent l'essentiel de la ration alimentaire des monogastriques et peuvent entrer dans les rations des bovins** en complément de l'herbe pâturée et des fourrages conservés. La part des aliments composés ou concentrés est très dépendante du système de production et de la stratégie de l'éleveur. L'optimisation de l'alimentation des bovins revient à raisonner l'ensemble du système de production. Toutefois cela ne doit pas amener à négliger les effets modérés que peuvent permettre les actions via les concentrés.

## A.2 Objectifs techniques d'ECOALIM

Les objectifs techniques du projet sont :

- D'établir des données des impacts environnementaux (Changement climatique, Consommation d'énergie, Occupation de surface, Eutrophisation, Acidification, Consommation de phosphore non renouvelable) des matières premières alimentaires des porcs, des bovins et des volailles qui soient les plus complètes possibles, homogènes, pertinentes pour la formulation et diffusables,
- D'identifier, sous différents niveaux de contraintes environnementales, nutritionnelles, géographiques et économiques, les voies d'optimisation des aliments composés des animaux avec une évaluation de l'efficacité environnementale des produits obtenus (le kg de porc, de volaille, ...) en sortie d'élevages et les conséquences socio-économiques,
- De formaliser des outils de conseil et de les diffuser auprès des acteurs de l'alimentation animale, de manière à leur permettre la prise en compte de l'environnement dans le raisonnement de l'alimentation animale.

## B. Choix méthodologiques

### B.1. Choix des intrants étudiés

Les références produites dans le cadre d'ECOALIM avaient pour vocation à renseigner des intrants des élevages) non couverts par AGRIBALYSE (culture non couverte ou produite à l'étranger, produits transformés), de couvrir les étapes de la sortie de la ferme jusqu'aux organismes stockeurs et d'apporter des informations sur la variabilité des résultats sur certaines cultures. En effet, AGRIBALYSE a produit des références moyennes pour les grandes cultures à l'échelle France. Or, pour juger de l'intérêt environnemental d'une matière première dans une formulation par rapport aux autres, il paraît nécessaire de disposer de références moyennes mais également d'informations sur la variabilité des résultats en fonction du contexte de production et de pratiques culturales.

### B.2. Unité fonctionnelle, période temporelle, périmètre et règle d'allocation

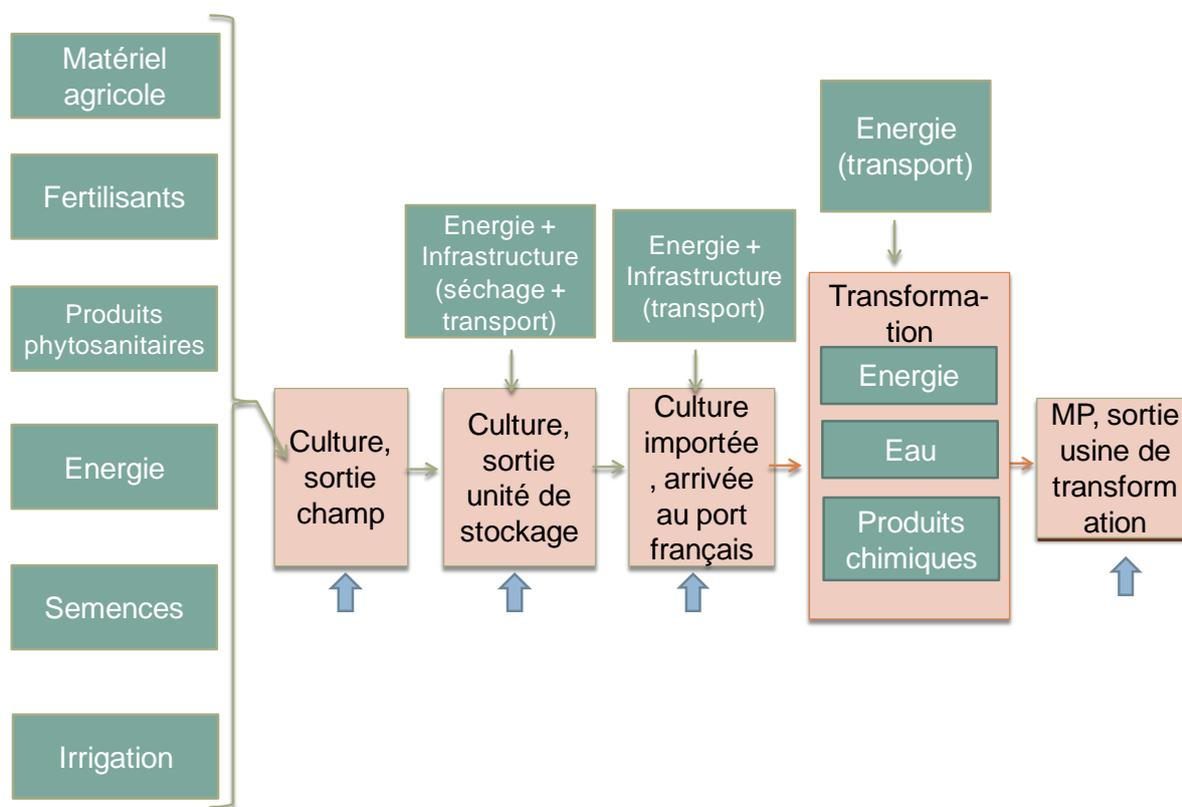
L'unité fonctionnelle retenue pour la réalisation des ACV des matières premières (MP) ECOALIM est le kilogramme de produit.

La période temporelle considérée est 2008-2012 lorsque les données étaient disponibles.

Le périmètre de réalisation des ACV est présenté dans la figure 1.

Dans ECOALIM, nous avons retenu 4 périmètres différents pour prendre en compte les diversités d'approvisionnement des fabricants d'aliments :

- Sortie champ pour les cultures produites et utilisées par les fabricants d'aliments à la ferme.
- Sortie unité de stockage, lieu d'approvisionnement notamment des céréales utilisées par les fabricants d'aliments
- Sortie usine de transformation pour les matières premières subissant une transformation (cas des tourteaux)
- Arrivée au port français pour les matières premières importées.



**Figure 1 : Périmètre des ACV des Intrants alimentaires ECOALIM**

L'allocation entre coproduits utilisée est économique, par calcul d'une moyenne olympique des prix des coproduits sur la période 2008-2012 (lorsque cela était possible).

Le tableau 7 récapitule les facteurs d'allocation et l'origine des données mobilisées pour les obtenir.

**Tableau 1 : Facteurs d'allocations des différents coproduits de la base de données ECOALIM**

Coproduit	Facteur d'allocation	Prix moyen (€/t)	Source
Paille	0%		Valeur estimée négligeable
Farine de blé	95,90%	824	USDA, 2014
Remoulage	0,76%	146	La Dépêche Le Petit Meunier
Son	2,08%	116	La Dépêche Le Petit Meunier
Farine basse	1,25%	168	La Dépêche Le Petit Meunier
Ethanol Blé Fr	76,64 %	723	OCDE, prix à la production dans l'UE à 27
Drêches Blé FR	23,36%	222	La Dépêche Le Petit Meunier
Ethanol Maïs FR	78,68 %	728,8	OCDE, prix à la production dans l'UE à 27
Drêches Maïs FR	21.32 %	243	La dépêche commerciale
Ethanol Maïs USA	80,65%	689 *	Agricultural Marketing Resource Center " Ehtanol, corn, and DDGS prices at Production Facility by State

Drêches Maïs USA	19,35%	158 *	Agricultural Marketing Resource Center " Ehtanol, corn, and DDGS prices at Production Facility by State
Amidon de blé	54,4%	250	Van Zeist et al, 2012
Gluten de blé	29%	780	Van Zeist et al, 2012
Gluten feed de blé	5%	160	Van Zeist et al, 2012
Son de blé issu d'amidon	8,2	120	Van Zeist et al, 2012
Amidon de maïs	75,75 %	309,8	USDA, 2014
Corn gluten feed	8,78 %	96	USDA, 2014
Corn gluten meal	8,32 %	390	USDA, 2014
Huile de maïs	7,15%	851	USDA, 2014
Huile de soja	38,5%	781	Oil World Annual 2012
Tourteau de soja	61,5%	295	Oil World Annual 2012
Huile de tournesol Décorticage fort FR	77,5%	830	La Dépêche Le Petit Meunier, moyenne olympique 2012-2014
Tourteau de tournesol Décorticage fort FR	22,5%	273	La Dépêche Le Petit Meunier, moyenne olympique 2012-2014
Huile de tournesol Décorticage faible FR	81,5%	871	La Dépêche Le Petit Meunier, moyenne olympique 2008-2012
Tourteau de tournesol Décorticage faible FR	18,5%	186	La Dépêche Le Petit Meunier, moyenne olympique 2008-2012
Graines de tournesol fortement décortiquées (15% de coques extraites) FR	97%	464	La Dépêche Le Petit Meunier, calculé à partir moyenne olympique 2012-2014 des graines entières à 407€/t
Coques de tournesol, obtenues par fort décorticage FR	3%	80	Dires d'expert sur contexte 2012-2014
Graines de tournesol faiblement décortiquées (7% de coques extraites) FR	98.6%	431	La Dépêche Le Petit Meunier, calculé à partir moyenne olympique 2012-2014 des graines entières à 407€/t
Coques de tournesol, obtenues par faible décorticage FR	1.4%	80	Dires d'expert sur contexte 2012-2014
Huile de tournesol Ukraine	83.4	1093*	Oil World Annual 2012 (2008-2012)
Tourteau de tournesol Ukraine	16.6	237*	Oil World Annual 2012 (2008-2012)
Sucre de betterave	73,1%	410	USDA 2014
Mélasses de betterave	6,6%	279	USDA 2014
Pulpes de betterave (déshydratée)	20,3%	132	USDA 2014
Vinasse	14,8%	1.4	EcolInvent Rapport n°17 Bioenergy
Ethanol hydraté (Betterave)	85,2%	120	EcolInvent Rapport n°17 Bioenergy
Sucre de canne	95,2%	251	Annual Report, Pakistan Sugar Mills Association 2013
Mélasses de canne	4,8%	65	Annual Report, Pakistan Sugar Mills Association 2013
Huile de palme	93,3%	633	Malaysian palm oil board 2014
Palmiste	6,7%	391	Malaysian palm oil board 2014
Lactosérum doux liquide	2,82%	20	Pierre Schuck, INRA communication personnelle
Fromage	97,18%	4370	Observatoire des prix, FranceAgriMer
Tourteau de lin	42,2%	421*	Oil World Annual 2012
Huile de lin	57,8%	1283*	Oil World Annual 2012

Viande Bovine	93,95 %	4500	Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande" Célène 2012
SPA C3 - Graisses Bovin	1,8 %	300	Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande" Célène 2012
SPA C3 – os Bovin	0,04%	10	Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande" Célène 2012
Masques & peaux Bovin	4,21 %	1500	Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande" Célène 2012
Suif	100 %	315	Etude technico-économique de l'utilisation non alimentaire des corps gras et des sous-produits animaux, ADIV 2006
Pat Bœuf	0%	-	Etude technico-économique de l'utilisation non alimentaire des corps gras et des sous-produits animaux, ADIV 2006
Viande Porcine	99,45 %	2100	Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande" Célène 2012
SPA C3 - Graisses	0,49%	200	Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande" Célène 2012
SPA C3 – os Porc	0,06	10	Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande" Célène 2012
Saindoux	100%	330	Etude technico-économique de l'utilisation non alimentaire des corps gras et des sous-produits animaux, ADIV 2006
PAT -Porc	0%	-	Etude technico-économique de l'utilisation non alimentaire des corps gras et des sous-produits animaux, ADIV 2006

\*les prix sont indiqués en \$/t

Les allocations entre les cultures d'une succession culturale sont données dans le Tableau 2.

**Tableau 2 : Allocations au sein d'une succession culturale**

Élément	Règle d'allocation	Choix différent d'AGRIBALYSE
Travail du sol	Pas d'allocation	Non
Traitements Phytosanitaires	Pas d'allocation	Non
Apports de phosphore et de potassium	Si les apports sont inférieurs aux exportations sur l'ensemble de la rotation : on fait alors l'hypothèse que cela correspond aux situations où le sol est riche en P2O5 et que l'exigence des cultures est déjà pourvue. On ne prend alors pas en compte la notion d'exigence des cultures et alloue les apports au prorata des exportations (comme pour AGRIBALYSE).	Oui (cf B114)

	Si les apports sont supérieurs aux exportations : on réalloue l'excédent des apports en fonction des exportations de chacune des cultures multipliées par un facteur d'exigence des cultures, estimé sur la base des coefficients proposés par les grilles COMIFER pour estimer les apports des cultures.	
Pertes de phosphore	Pas d'allocation	Non
Apports d'azote organique	Allocation de l'azote disponible pour chacune des cultures de la rotation. La fraction non disponible est réallouée également à toutes les cultures de la rotation	Non
Apports d'azote minéral	Pas d'allocation	Non
Nitrate	Pertes allouées également entre toutes les cultures de la rotation	Oui (cf B114)
Azote des résidus de culture	Pas d'allocation	Non (cf B114)

### B.3. Grandes cultures françaises et étrangères

#### B.3.1. Détails des adaptations par rapport à la méthode AGRIBALYSE

Le Tableau 3 résume, par question méthodologique traitée, les décisions associées et la comparaison avec les choix méthodologiques d'AGRIBALYSE. Les choix méthodologiques qui diffèrent d'AGRIBALYSE sont développés dans les paragraphes à suivre.

Tableau 3 : Synthèse des choix méthodologiques ACV dans ECOALIM (en rouge : les différences avec AGRIBALYSE)

Points méthodologiques travaillés dans ECOALIM		Conclusion ECOALIM	Comparaison à AGRIBALYSE
Modèles de calcul de flux	Nitrate	→ <b>Modèle AGRIBALYSE</b>	Même modèle retenu in fine mais <b>analyse de faisabilité de la prise en compte d'un modèle plus précis : sensibilité accrue aux pratiques et conditions pédoclimatiques.</b>
	Phosphore	→ <b>RUSLE + SALCAP paramétré AGRIBALYSE</b>	Même modèle qu'AGRIBALYSE + <b>mobilisation d'experts pour</b>

			contrôler la crédibilité des résultats.
	Ammoniac	→ EMEP CORINAIR 2013	Même méthode mais version plus récente (2013 vs 2009)
	Protoxyde d'azote	→ IPCC 2006 tier 1 + IPCC tier 2 (équation NOGAS)	Modalité de calcul 1 idem AGRIBALYSE  Modalité de calcul 2 : nouvelle. Cette modalité de calcul Tier 2 est en cours de validation mais la mobilisation de la version intermédiaire de l'équation donnera une idée de la sensibilité sur les résultats.
Règle d'allocation à l'échelle succession culturale	Apports Phosphore	→ Allocation en fonction des exportations P des cultures de la succession avec prise en compte d'un coefficient d'exigence en P des cultures de la rotation	La méthode est différente d'AGRIBALYSE qui ne prend en compte que les exportations en P des cultures.
	Lessivage N	→ Répartition entre les cultures de la rotation	La méthode est différente d'AGRIBALYSE qui attribue à une culture le lessivage ayant lieu sous la culture et pendant l'interculture suivante.
	Résidus de cultures	→ Pas d'allocation	Idem AGRIBALYSE
Allocation entre atelier végétal et atelier animal		→ Atelier animal : jusqu'au stockage/traitement compris  → Atelier végétal : transport et épandage des effluents	Idem AGRIBALYSE
Prise en compte des impacts locaux		→ Réalisation d'ACV de MP pour différents ITK en passant par la mobilisation de cas type	Réalisation d'ACV de MP pour différents ITK (dans AGRIBALYSE, principalement MP moyenne nationale)

			+ synthèse sur la prise en compte des impacts locaux en ACV avec des pistes mobilisables dans quelques années.
Impact consommation d'eau		→ Pas de prise en compte de cet indicateur faute de méthodologie applicable dans le cadre du projet ECOALIM mais identification des données nécessaires pour à terme pouvoir le renseigner.	Synthèse sur la faisabilité de prendre en compte cet indicateur dans le cadre du projet ECOALIM (voir Annexes)
Impact biodiversité		→ Pas de prise en compte de l'impact biodiversité dans le cadre du projet ECOALIM	Synthèse sur la faisabilité de prendre en compte cet impact dans le cadre du projet ECOALIM (voir Annexes)
Autres choix concernant la réalisation des ICV des MP	ITK des semences	→ Réajustement des ITK des semences AGRIBALYSE	Nouvelle règle d'extrapolation conduisant à des ITK de MP différents
	Inventaire produits phytosanitaires et ETM	→ Renseignement de ces données dans ITK même s'il restera de fortes incertitudes.	Non mobilisation de ces données dans les indicateurs d'impacts contrairement à AGRIBALYSE

### B.3.2. Source de données

#### B.3.2.1 Construction des ICV des matières premières françaises

##### B.6.2.1.1 Cas du blé tendre, colza, maïs grain, orge et tournesol

Les objectifs des travaux sur ces cultures étaient les suivants :

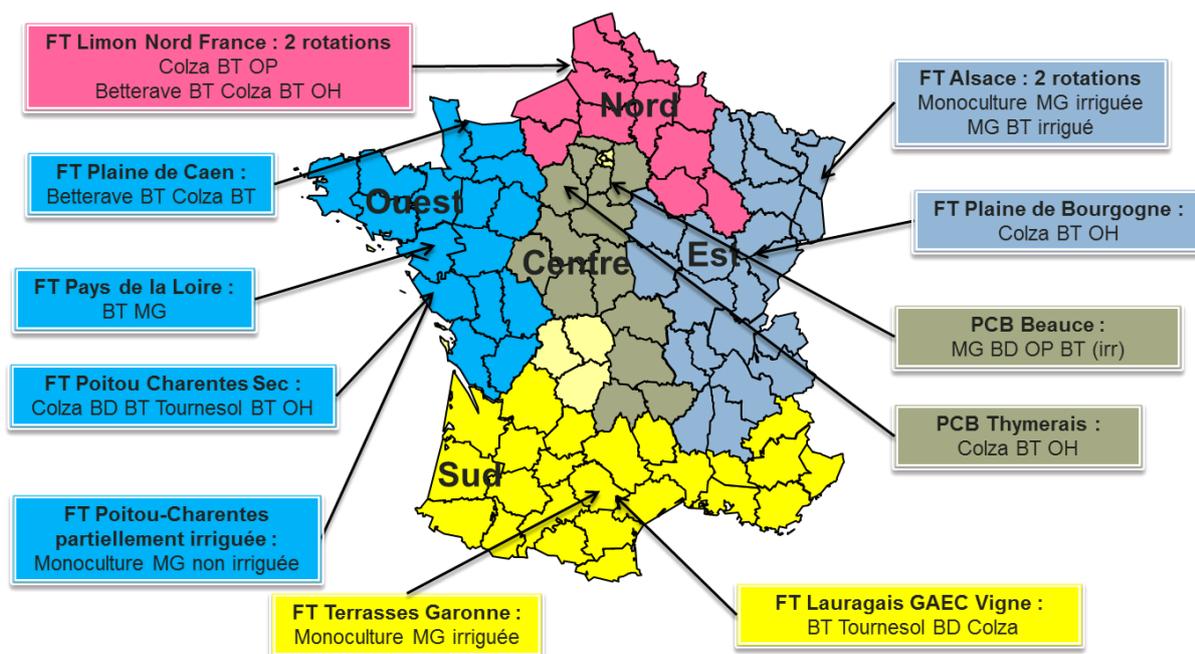
- Produire des références intégrant la variabilité des résultats en fonction des contextes de production et des techniques culturales,
- Quantifier les réductions possibles, en particulier vis-à-vis des indicateurs réchauffement climatique et eutrophisation,
- Ré-adapter les inventaires moyen France d'AGRIBALYSE afin d'intégrer les adaptations méthodologiques retenues dans le cadre d'ECOALIM

#### a) Les inventaires déclinés par itinéraires techniques

Pour répondre aux deux premiers objectifs, le travail a été conduit sur la base de cas-types représentatifs de différents systèmes de production et cohérents par rapport à la période temporelle de 2008-2012. Ceux-ci permettaient d'estimer la variabilité que l'on peut attendre en fonction de

contextes et objectifs de production différents et également de travailler à l'intégration de leviers d'action à l'échelle de la rotation, et non à l'échelle de la culture. En revanche, ceux-ci s'appuient sur de bonnes pratiques agricoles et ne permettent donc pas de refléter l'ensemble de la variabilité que l'on pourrait observer sur des systèmes réels.

Les cas-types utilisés sont issus de la fermothèque d'ARVALIS-Institut du végétal et du projet CASDAR Amélioration des performances économiques et environnementales de systèmes de culture avec pois, colza et blé (PCB). Ils ont été choisis afin de couvrir des situations représentatives des rotations les plus fréquentes à l'échelle de grande région et afin de couvrir les principales régions de production. Les fermes type ARVALIS sont conçues à partir de l'expertise des ingénieurs régionaux et ingénieurs service, éventuellement sur la base de fermes réelles, en vue de représenter un système de production considéré comme courant dans une région donnée. Ils sont construits sur la base de systèmes relativement performants (rendements supérieurs de 10% aux rendements moyens régionaux, ces cas-types ne représentent donc pas des pratiques moyennes mais des systèmes réalistes et cohérents vis-à-vis d'un contexte pédoclimatique et d'objectifs donnés). Les cas d'étude du projet PCB ont été définis sur la base de données statistiques et des dires d'expert afin de correspondre à des performances et itinéraires techniques les plus représentatifs possibles de la moyenne statistique de la région.



**Figure 2 : cas d'étude utilisés pour les inventaires déclinés par itinéraire technique**

Pour chaque ferme-type, trois scénarios sont construits en plus du scénario initial de la ferme-type (pas leviers agronomiques), en adaptant les itinéraires techniques de chaque culture selon les fiches présentées en annexe :

- scénario avec couverture du sol pendant l'interculture
- scénario avec introduction de légumineuse dans la rotation
- scénario avec fertilisation organique

Tableau 4 : Cultures présentes dans les fermes-types retenues

Région	Région administratives	Nom ferme type	Rotation	BT	C	MG	OH ou OP	To
Est	Alsace	FT ALSACE	MG			X		
	Alsace	FT ALSACE	MG ; BT	X		X		
	Bourgogne	FT Plaine de Bourgogne	Colza; BT; OH	X	X		X	
Sud	Midi-Pyrénées	FT Lauragais GAEC Vigne	BT ; To; BD ; Colza	X	X			X
	Midi-Pyrénées	FT Terrasses-Garonne	MG			X		
Centre	Centre	PCB Thymerais	Colza; BT; OH	X	X		X	
	Centre	PCB Beauce	MG; BD; OP; BT	X		X	X	
Nord	Picardie	FT Limon Nord France	Colza; BT; OP	X	X		X	
	Picardie	FT Limon Nord France	Colza ; BT ; Betterave ; BT ; OH	XX	X		X	
Ouest	Basse-Normandie	FT Plaine de Caen	Betterave ; BT; Colza; BT	XX	X			
	Poitou-Charentes	FT PC Sec	Colza; BD ; BT; To ; BT ; OH	XX	X		X	X
	Poitou-Charentes	FT PC partiellement irriguée	MG			X		
	Pays de la Loire	FT Pays de la Loire	MG; BT	X		X		
<b>Total</b>				<b>13</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

MG : maïs grain ; BT : blé tendre ; BD : blé dur ; OH : orge d'hiver ; OP : orge de printemps, To : tournesol

Tableau 5: Données constituant les ICV des cultures issus des cas types pour les différents scénarios étudiés

Culture	scénario	N minéral (min-max)	N <sup>a</sup> effluent	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (minéral + effluent) (min-max)	K <sub>2</sub> O (minéral effluent) *	Semences*	Pesticide (matière active)*	Carburant (min-max)	Machines agricoles*	Irrigation (min-max)	% humidité à la récolte	Rendement (MS) (min-max)
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	m <sup>3</sup> /ha	%	kg/ha
<b>Blé tendre, issu de 11 cas d'étude</b>	<b>base</b>	<b>180 (140-211)</b>	<b>0</b>	<b>54+0 (25,5-80,4)+0</b>	<b>42+0</b>	<b>127</b>	<b>2.4</b>	<b>71,6 (53-99)</b>	<b>6,3</b>	<b>33 (0-450)</b>	<b>15</b>	<b>6975 (5100-8500)</b>
Blé tendre, issu de 11 cas d'étude	CI	180 (140-211)	0	54+0 (25,5-80,4)+0	42+0	127	2.4	71.2 (53-99)	6.4	33 (0-450)	15	6975 (5100-8500)
Blé tendre, issu de 11 cas d'étude	FO	180 (140-211)	42 (10-123)	8+40 (0-27)+(26-64)	23+16	127	2.4	73.7 (53-99)	6.6	33 (0-450)	15	6975 (5100-8500)
Blé tendre, issu de 11 cas d'étude	Leg	164 (140-211)	0	53+0 (29-76)+0	38+0	127	2.4	71.3 (53-99)	6.3	33 (0-450)	15	7132 (5100-8840)
<b>Maïs grain, issu de 6 cas d'étude</b>	<b>base</b>	<b>184 (120-218)</b>	<b>0</b>	<b>57+0 (35-70)+0</b>	<b>57+0</b>	<b>24.9</b>	<b>2.1</b>	<b>85,1 (76-108)</b>	<b>7,4</b>	<b>1228 (0-2100)</b>	<b>28</b>	<b>7807 (5328-9000)</b>
Maïs grain, issu de 6 cas d'étude	CI	164 (77-218)	0	57+0 (35-70)+0	57+0	24.9	2.1	104 (94-129)	9.6	1228 (0-2100)	28	7807 (5328-9000)
Maïs grain, issu de 6 cas d'étude	FO	151 (72-218)	67 (10-128)	0+49 0+(32-75)	0+104	24.9	2.1	95.2 (80-117)	10.6	1228 (0-2100)	28	7807 (5328-9000)
Maïs grain, issu de 6 cas d'étude	Leg	155 (57-218)	0	55+0 (26-70)+0	47+0	24.9	2.1	88.2 (76-108)	8.3	1228 (0-2100)	28	7807 (5328-9000)
<b>Orge, issu de 6 cas d'étude</b>	<b>base</b>	<b>150 (104-170)</b>	<b>0</b>	<b>56+0 (36-79)+0</b>	<b>40+0</b>	<b>120</b>	<b>2.1</b>	<b>67,4 (53-90)</b>	<b>6,4</b>	<b>37 (0-800)</b>	<b>15</b>	<b>6544 (4930-8075)</b>
Orge, issu de 6 cas d'étude	CI	150 (104-170)	0	56+0 (36-79)+0	40+0	120	2.1	67,4 (53-90)	6,4	37 (0-800)	15	6544 (4930-8075)
Orge, issu de 6 cas d'étude	FO	126 (109-160)	74 (10-135)	10+41 (0-28)+(21-72)	34+73	120	2.1	71.1 (53-94)	6.7	37 (0-800)	15	6544 (4930-8075)
Orge, issu de 6 cas d'étude	Leg	150 (104-170)	0	56+0 (36-79)+0	40+0	120	2.1	67,4 (53-90)	6,4	37 (0-800)	15	6544 (4930-8075)
<b>Colza, issu de 7 cas d'étude</b>	<b>base</b>	<b>173</b>	<b>0</b>	<b>60+0</b>	<b>37+0</b>	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>	<b>75,1</b>	<b>6,9</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>3468</b>

		(154-226)		(23-92)+0				(66-92)				(2584-4095)
Colza, issu de 7 cas d'étude	CI	173 (154-226)	0	60+0 (23-92)+0	37+0	2,2	2,3	75,1 (66-92)	6,9	0	9	3468 (2584-4095)
Colza, issu de 7 cas d'étude	FO	119 (87-196)	86 (45-134)	11+42 (0-29)+(25-57)	25+183	2,2	2,3	88,6 (83-112)	9,9	0	9	3468 (2584-4095)
Colza, issu de 7 cas d'étude	Leg	173 (154-226)	0	58+0 (32+82)+0	36+0	2,2	2,3	75,1 (66-92)	6,9	0	9	3468 (2584-4095)
<b>Tournesol, issu de 2 cas d'étude</b>	<b>base</b>	<b>49 (35-60)</b>	<b>0</b>	<b>25+0 (22-30)+0</b>	<b>27+0</b>	<b>4.1</b>	<b>0.8</b>	<b>69,8 (65-79)</b>	<b>6,1</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>2422 (2275-2530)</b>
Tournesol, issu de 2 cas d'étude	CI	32 (21-40)	0	25+0 (22-30)+0	27+0	4.1+20 (CI)	1.4	105,1	8,7	0	9	2422 (2275-2530)
Tournesol, issu de 2 cas d'étude	FO	0	67 (62-77)	0+33 0+(27-43)	0+141	4,1	0,8	83	9,1	0	9	2422 (2275-2530)
Tournesol, issu de 2 cas d'étude	Leg	49 (35-60)	0	30+0 (29-30)+0	26+0	4,1	0,8	69,8 (65-79)	6,1	0	9	2422 (2275-2530)

\*la variabilité a été ici détaillées uniquement pour les données d'entrée les plus contributrices aux indicateurs ACV retenus dans le cadre d'ECOALIM

Il s'agissait en particulier de réduire les impacts réchauffement climatique et eutrophisation marine.

Chaque culture de chaque cas d'étude et pour chaque scénario a fait l'objet d'un ICV et du calcul des indicateurs ACV retenus. Des inventaires moyens par culture et par levier d'action ont ensuite été produits en moyennant les différents inventaires et en les pondérant selon le volume de production des 5 régions de production pour chacune des cultures et les surfaces représentées par chacune des rotations étudiées, selon un traitement de l'enquête pratiques culturales. La variabilité des résultats ACV grandes cultures observés sur l'ensemble des cas d'étude en fonction du scénario est présenté en ANNEXE I.

#### b) les inventaires moyens France

Les sources et données d'entrée sont celles utilisées pour AGRIBALYSE (cf Tableau 6 et Tableau 7).

##### B.6.2.1.2. Cas du sorgho et de l'avoine

L'ICV sorgho grain a été établi à partir des statistiques Agreste 2008-2012 pour le rendement et de dires d'expert, afin de représenter les deux principales régions de production (Centre-Ouest et Sud-Ouest). L'ICV sorgho fourrager a été construit à dires d'expert.

L'ICV avoine moyen a été établi à partir des statistiques Agreste 2008-2012 pour le rendement et de dires d'expert, afin de représenter les deux premières régions de production (Bretagne et Centre).

**Tableau 6 : Sources des données d'inventaires pour les cultures françaises**

Culture	Source de l'inventaire	Rendement	Fertilisation organique	Autres intrants (fertilisation minérale, semences, maïs...)
Blé tendre, colza, maïs grain, orge et tournesol – déclinaisons par ITK	ECOALIM	Fermothèque ARVALIS, 2008-2012	Fermothèque ARVALIS, 2008-2012	Fermothèque ARVALIS, 2008-2012 + dires d'expert pour adaptation des inventaires (cf fiches)
Colza moyen	AGRIBALYSE	Agreste <sup>a</sup> 2006-2010	Enquête Agreste 2006 <sup>b</sup>	Enquêtes Terres Inovia 2008-2010 and dires d'expert
Pois moyen	AGRIBALYSE	Statistical data <sup>c</sup> from UNIP <sup>d</sup> -ARVALIS <sup>e</sup> 2005-2009	Enquête Agreste 2006 <sup>b</sup> + expertise	Enquête Agreste 2006 <sup>b</sup> et dires d'expert
Féverole moyen	AGRIBALYSE	Statistical data <sup>c</sup> from UNIP <sup>d</sup> -ARVALIS <sup>e</sup> 2005-2009	Dires d'expert	Dires d'expert
Lin moyen	ECOALIM	Agreste <sup>a</sup> 2008-2012	Enquête Agreste 2006 <sup>b</sup> and Dires d'expert	Enquêtes Terres Inovia 2013 and dires d'expert
Soja moyen	ECOALIM	Enquêtes Terres Inovia 2012	Enquête Agreste 2006 <sup>b</sup> and Dires d'expert	Enquêtes Terres Inovia 2012 and dires d'expert
Blé tendre moyen	AGRIBALYSE	Agreste <sup>a</sup> 2005-2009	Enquête Agreste 2006 <sup>b</sup>	Dires d'expert , fermothèque ARVALIS
Maïs moyen	AGRIBALYSE	Agreste <sup>a</sup> 2005-2009	Enquête Agreste 2006 <sup>b</sup>	Dires d'expert , fermothèque ARVALIS
Orge moyen	AGRIBALYSE	Agreste <sup>a</sup> 2005-2009	Enquête Agreste 2006 <sup>b</sup>	Dires d'expert , fermothèque ARVALIS
Sorgho moyen	ECOALIM	Agreste <sup>a</sup> 2008-2012	Dires d'expert 2008-2012	Dires d'expert , fermothèque ARVALIS
Avoine moyen	ECOALIM	Agreste 2008-2012	Dires d'expert , 2008-2012	Dires d'expert , fermothèque ARVALIS
Triticale moyen	AGRIBALYSE	Agreste <sup>a</sup> 2005-2009	Dires d'expert 2005-2009	Dires d'expert 2005-2009, fermothèque ARVALIS

**Tableau 7 : Caractéristiques principales des cultures françaises**

Culture	N minéral	N <sup>a</sup> effluent	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (minéral effluent) +	K <sub>2</sub> O (minéral effluent) +	Semences	Pesticide (matière active)	Carburant	Machines agricoles	Irrigation	% humidité à la récolte	Rendement (MS)
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	m <sup>3</sup> /ha	%	kg/ha
Blé tendre FR	163	11	25+7	42+12	137	1.87	77	6.7	15	15	7100
Maïs grain FR	176	37	45+25	40+54	28	2.03	83	8	645	28	10672
Orge FR	135	15	33+4	33+14	128	2.5	72	7	9	15	6722
Sorgho fourragerFR	15	45	18+13	18+65	9	2.3	135	12.2	120	100	10700
Sorgho grain FR	60	0	48+10	27+0	9	2.3	80	7.2	120	15	5800
Avoine FR	110	30	30+7	28+0	97	1.7	63	6	0	15	4900
Triticale FR	120	11	23+41	11+23	120	1.24	62	6	0	15	5200
Pois FR	0	9	22.04+6.96	18.73+9.65	219	4.16	92.54	8.56	50	15	3910
Féverole FR	0	8	46+20	31+30	20.6	3.05	81	7.9	0	15	4309.5
Colza FR	161,6	17	38+10	28+0	2.5	1.98	78.3	8.2	0	9	2951
Tournesol FR	40.5	11	25+7	25+0	4.3	1.67	77.4	7.7	24	9	2169
Soja FR	1.5	9	24+9	28+0.3	91.2	1.39	62	6	750	14	2683
Lin FR	84	6	33+2	24+20.7	35	0.25	81.5	7.3	0	10	1823

### *B.3.2.2. Construction des ICV des matières premières étrangères*

Dans la mesure du possible, les inventaires des matières premières étrangères ont été constitués à partir des statistiques nationales et de publications récentes (Tableau 8).

En ce qui concerne les opérations culturales, les processus agricoles ont été adaptés à partir des processus français. En effet, aucune donnée spécifique n'a pu être collectée pour ce type d'intrant. A partir des processus agricoles français, les machines concernées ont été remplacées par des machines disponibles dans Ecoinvent v3 en format RoW, en s'assurant que la machine de l'inventaire Ecoinvent v3 soit en cohérence avec celle de l'inventaire français. Les hypothèses concernant la différence entre le type de machines d'un pays à l'autre (tracteurs de plus grande taille aux Etats-Unis, matériel plus ancien en Ukraine) n'ayant pas pu être validées par des chiffres publiés, il a été supposé que la consommation en carburant des machines pour l'étranger était la même que celle pour la France. De plus, l'hypothèse selon laquelle le temps nécessaire aux différentes opérations culturales est le même quel que soit le pays concerné a été retenue.

Aucun inventaire spécifique n'a été construit pour les semences des cultures étrangères ; les semences utilisées pour les cultures françaises ont été utilisées. En ce qui concerne les fertilisants, si les quantités ont pu être calculées grâce à des données nationales, leur nature en revanche est souvent peu précisée. Ainsi, il a été choisi d'utiliser des fertilisants azotés, phosphorés et potassiques moyens. En ce qui concerne l'irrigation, les processus Ecoinvent v3 relatifs à l'irrigation, incluant des hypothèses de consommation énergétique, ont été utilisés. Il faut noter que les apports des cultures précédentes en N, P et K, du fait de la difficulté à connaître les rotations types à l'étranger, n'ont pas été pris en compte.

Enfin, afin de calculer les surfaces liées au changement d'affectation des terres, l'outil développé par le cabinet Blonk Consultants a été utilisé (Direct Land Use Change Assessment Tool, Version 2014.1, Blonk Consultants, Gouda, 2013).

Dans le cas des matières premières végétales étrangères pour lesquelles les données recueillies n'ont pas permis de construire des itinéraires techniques pertinents (Palmiers à Huile), les inventaires utilisés ont été repris de bases de données existantes. Pour ces ICV, aucune adaptation n'a été réalisée.

Tableau 8 : Données constituant les inventaires des MP étrangères

Culture	N minéral	N effluent	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Minéral +effluent)	K <sub>2</sub> O (Minéral +effluent)	CaO	semences	Pesticide (matière active)	Diesel	Machines agricoles	Irrigation	% humidité à la récolte	Rendement (MS)	Source de données
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	m <sup>3</sup> /ha	%	kg/ha	
Graine de soja BR	5.5	1.3	80 +0.5	80+0.5	518	53	1.7	76.0	18.0	0	18	2708	Prudencio da Silva et al. 2010
Graine de soja US	18.5	0	52+0	88+0	0	72.5	5.4	53.4	4.9	5	14	2411	Statistiques agricoles USDA 2014
Blé UK	188	0	17+0	23+0	0	200	8.6	62.6	5.6	0	15	6715	Röder et al 2014 Statistiques agricoles UK 2014
Sorgho US	81.6	0	31+0	24+0	0	1.3	4.0	79.8	7.3	838	14	3354	Statistiques agricoles USDA 2014
Maïs US	156	0	66+0	93+0	0	20.3	4.1	80.4	7.5	871	28	6732	Statistiques agricoles USDA 2014
Canne à sucre PK	125	29	130+19	0+24	0	-	8.25	98.2	-	11616	70	15090	Agricultural Statistics of Pakistan, 2013,

28.8 0 15+0 15+0 0 3.84 2.04 75.1 7.1 0 22 1432

Government of Pakistan ; WWF - Pakistan. 2006 ; Nazir et al. 2013. Agriculture of Ukraine, statistical yearbook, 2012 Cetiom 2010.

Tournesol UA

---

### B.3.2.3. Etapes post-récolte

En ce qui concerne les ICV végétaux français, les processus post-récolte de ventilation, séchage et stockage des grains sont issus de dires d'expert ARVALIS, et de documentation technique de constructeurs de silos, sur la base de deux silos type. Les transports entre l'exploitation et les différents silos correspondent à des données obtenues à une étude interne conduite dans une région donnée. L'étape post-récolte entre le champ et la porte de l'organisme stockeur correspond donc plus à un scénario type qu'à un scénario moyen France.

Les hypothèses retenues :

- transport : 9km en tracteur entre le champ et le premier silo de collecte ; 35 km en camion entre silo de collecte et silo de séchage-stockage
- stockage temporaire : prise en compte du bâtiment (occupation sol et béton pour bâtiment de 60m de long, 18m de large et capacité de 6000t/an, durée de vie de 30 ans), consommation de diesel (0.261 kg/t) et électricité (0.37 kWh/t)
- -stockage longue durée avec ventilation : prise en compte du bâtiment (occupation sol et béton pour bâtiment de 110m de long, 32m de large et capacité de 24000t/an, durée de vie de 30 ans), et électricité pour ventilation et manutention (1.88 kWh/t)
- Séchage : adapté par culture selon le nombre de « points d'humidité » à extraire pour les cultures concernées par le séchage (maïs, colza, tournesol, soja)

Tableau 9 : Consommations énergétiques considérées pour le séchage des grains

	Electricité (kWh/l)	Gaz naturel	Eau moyenne nationale évaporée (l/t sec)	% collecte séchée
Maïs	0.0521	4.35	181	100%
Colza	0.0723	5.1	34	9%
Tournesol	0.0584	4.12	34	30%
Soja	0.0592	4.18	35	30%

## B.4. Produits transformés

### B.4.1. Liste des produits transformés d'origine végétale

Famille de MP destinées aux animaux d'élevage	Matière première	Sources des données pour le processus de transformation
Amidon, racines et tubercules	Concentré protéique de luzerne, France, sortie usine transformation	Coop de France, communication personnelle
Coproduits du blé	Drêches de distillerie de blé, France, sortie usine transformation	Ademe, 2010
Coproduits du blé	Farine basse de blé tendre, France, sortie usine transformation	Adapté de Würdinger 2003 et Ecoinvent 3

<b>Coproduits du blé</b>	Gluten feed de blé, amidon 25% sur brut, France, sortie usine transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Coproduits du blé</b>	Gluten feed de blé, amidon 28% sur brut, France, sortie usine transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Coproduits du blé</b>	Remoulage blanc de blé tendre, France, sortie usine de transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Coproduits du blé</b>	Remoulage demi-blanc de blé tendre, France, sortie usine de transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Coproduits du blé</b>	Son de blé tendre, France, sortie usine transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Coproduits du maïs</b>	Corn gluten feed, France, sortie usine transformation	Adapté de Würdinger 2003 et Ecoinvent 3
<b>Coproduits du maïs</b>	Drêches et solubles de distillerie de maïs, France, sortie usine transformation	Ademe, 2010
<b>Coproduits du maïs</b>	Drêches et solubles de distillerie de maïs, USA, rendu port (Brest)	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Coproduits du maïs</b>	Gluten 60, France, sortie usine transformation	Adapté de Würdinger 2003 et Ecoinvent 3
<b>Coproduits du maïs</b>	Tourteau de germes de maïs deshuilé, France, sortie usine transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Coproduits du maïs</b>	Tourteau de germes de maïs expeller, France, sortie usine transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Corps gras</b>	Huile de colza, France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de colza, France, colza associé, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de colza, France, levier couverture interculture, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de colza, France, levier fertilisation organique, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de colza, France, levier introduction de légumineuse, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de palme, Malaisie, associée à la déforestation, triturée Malaisie, sortie usine trituration	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Corps gras</b>	Huile de palme, Malaisie, associée à la déforestation, triturée Malaisie, rendue port (Sète)	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Corps gras</b>	Huile de palme, Malaisie, déforestation moyenne, triturée Malaisie, sortie usine trituration	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Corps gras</b>	Huile de palme, Malaisie, déforestation moyenne, triturée Malaisie, rendue port (Sète)	Adapté de Ecoinvent 3

<b>Corps gras</b>	Huile de palme, Malaisie, non associée à la déforestation, triturée Malaisie, sortie usine trituration	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Corps gras</b>	Huile de palme, Malaisie, non associée à la déforestation, rendue port (Sète)	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, associée à la déforestation, triturée Brésil, rendue port (Brest)	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, associée à la déforestation, triturée Brésil, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, associée à la déforestation, triturée France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, déforestation moyenne, triturée Brésil, rendue port (Brest)	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, déforestation moyenne, triturée Brésil, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, déforestation moyenne, triturée France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, non associée à la déforestation, triturée au Brésil, rendue port (Brest)	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, non associée à la déforestation, triturée Brésil, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de soja, Brésil, non associée à la déforestation, trituré France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de tournesol, France, faible décorticage (type 32%MAT tourteau), sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent et Terres Inovia dire d'expert
<b>Corps gras</b>	Huile de tournesol, France, fort décorticage (type 36% MAT tourteau), sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent et Terres Inovia dire d'expert
<b>Corps gras</b>	Huile de tournesol, France, sans décorticage, levier couverture interculture, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de tournesol, France, sans décorticage, levier fertilisation organique, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de tournesol, France, sans décorticage, levier introduction de légumineuse, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Corps gras</b>	Huile de tournesol, France, sans décorticage, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Fourrages deshydratés</b>	Ensilage maïs plante entière, France, sortie champ	Arvalis, communication personnelle

<b>Fourrages deshydratés</b>	Ensilage sorgho, France, sortie champ	Arvalis, communication personnelle
<b>Fourrages deshydratés</b>	Luzerne déshydratée, France, entrée usine aliment	Coop de France, communication personnelle
<b>Graines protéagineuses et oléagineuses</b>	Féverole décortiquée, France, sortie usine transformation	Terres Inovia, dire d'expert
<b>Graines protéagineuses et oléagineuses</b>	Graines de soja extrudées, Brésil, extrusion en France, sortie usine transformation	Terres Inovia, dire d'expert
<b>Graines protéagineuses et oléagineuses</b>	Graines de soja toastées, Brésil, toastage en France, sortie usine transformation	Terres Inovia, dire d'expert
<b>Graines protéagineuses et oléagineuses</b>	Graines de soja extrudées, France, sortie usine transformation	Terres Inovia, dire d'expert
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de colza, France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de colza, France, colza couvert associé, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de colza, France, levier couverture interculture, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de colza, France, levier fertilisation organique, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de colza, France, levier introduction de légumineuse, sortie usine transformation	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de palmiste, Malaisie, associé à la déforestation, trituré Malaisie, sortie usine trituration	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de palmiste, Malaisie, associé à la déforestation, trituré Malaisie, rendu port (Sète)	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de palmiste, Malaisie, déforestation moyenne, trituré Malaisie, sortie usine trituration	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de palmiste, Malaisie, déforestation moyenne, trituré Malaisie, rendu port (Sète)	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de palmiste, Malaisie, non associé à la déforestation, trituré Malaisie, sortie usine trituration	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de palmiste, Malaisie, non associé à la déforestation, trituré Malaisie, rendu port (Sète)	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de tournesol, France, (levier couverture interculture), sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de tournesol, France, (levier fertilisation organique), sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de tournesol, France, (levier introduction de légumineuse), sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent

<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, USA, trituré France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, associé à la déforestation, trituré France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, associé à la déforestation, trituré au Brésil, rendu port (Brest)	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, associé à la déforestation, trituré au Brésil, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, déforestation moyenne, trituré au Brésil, rendu port (Brest)	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, déforestation moyenne, trituré Brésil, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, déforestation moyenne, trituré France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, non associé à la déforestation, trituré au Brésil, rendu port (Brest)	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, non associé à la déforestation, trituré Brésil, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau soja, Brésil, non associé à la déforestation, trituré France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau tournesol, Mer Noire, rendu port (Sète)	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent et Terres Inovia dire d'expert
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau tournesol décortiqué, France, (36% MAT type Bassens), sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent et Terres Inovia dire d'expert
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau tournesol non décortiqué, France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent et Terres Inovia dire d'expert
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau tournesol partiellement décortiqué, France, sortie usine trituration	Adapté rapport Bioenergy N°17, Ecoinvent et Terres Inovia dire d'expert
<b>Tourteaux d'oléagineux</b>	Tourteau de lin expeller, France, sortie usine trituration	Terres Inovia dire d'expert
<b>Autres coproduits végétale d'origine</b>	Mélasse de betterave, France, sortie usine transformation	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Autres coproduits végétale d'origine</b>	Mélasse de canne, Pakistan, rendue Port (Sète)	Renouf et al, 2011.
<b>Autres coproduits végétale d'origine</b>	Pulpe de betterave surpressée, France, sortie usine transformation	Weinberg et Kaltschmitt (2013), Comité national des coproduits, communication personnelle
<b>Autres coproduits végétale d'origine</b>	Pulpe de betterave déshydratée, France, sortie usine transformation	Weinberg et Kaltschmitt (2013), Comité national des coproduits, communication personnelle

<b>Autres coproduits d'origine végétale</b>	Vinasse de betterave, France, sortie usine transformation	Adapté de Ecoinvent 3
---	---	-----------------------

Le détail de chaque processus de transformation est indiqué dans l'annexe G

#### B.4.2 Liste des produits transformés d'origine animale

<b>Famille de MP destinées aux animaux d'élevage</b>	<b>Matière première</b>	<b>Sources des données</b>
<b>Autres coproduits d'origine animale</b>	PAT Farine de viande porc, France, sortie usine transformation	SIFCO communication personnelle, Idele, 2013
<b>Autres coproduits d'origine animale</b>	PAT Farine de viande volaille, France, sortie usine transformation	SIFCO communication personnelle, Idele, 2013
<b>Corps gras</b>	Saindoux, France, sortie usine transformation	Idele, 2013
<b>Corps gras</b>	Suif, France, sortie usine transformation	Idele, 2013
<b>Produits laitiers</b>	Lactosérum doux écrémé déshydraté, France, sortie usine transformation	Idele, 2013

Le détail de chaque processus de transformation est indiqué dans l'annexe G

#### B.4.3 Liste des autres produits transformés

Le détail de chaque processus de transformation est indiqué dans l'annexe G

<b>Famille de MP destinées aux animaux d'élevage</b>	<b>Matière première</b>	<b>Sources des données</b>
<b>Acides aminés industriels</b>	DL-méthionine, Europe, sortie usine fabrication	Boissy, 2009
<b>Acides aminés industriels</b>	L-lysine HCL, France, sortie usine fabrication	Ajinomoto, communication personnelle
<b>Acides aminés industriels</b>	L-thréonine, France, sortie usine fabrication	Ajinomoto, communication personnelle
<b>Acides aminés industriels</b>	L-valine France, sortie usine fabrication	Ajinomoto, communication personnelle
<b>Coproduits IAA</b>	Coproduits biscuiterie, France, sortie usine transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Coproduits IAA</b>	Coproduits pain, France, sortie usine transformation	Adapté d'Agrifootprint
<b>Sources d'apport minéral</b>	Bicarbonate de sodium, Europe, sortie usine fabrication	Giannoulakis et al, 2014
<b>Sources d'apport minéral</b>	Carbonate de calcium <63µm, Europe, sortie usine fabrication	IMA Europe, communication personnelle
<b>Sources d'apport minéral</b>	Carbonate de calcium >63µm, Europe, sortie usine fabrication	IMA Europe, communication personnelle
<b>Sources d'apport minéral</b>	Oxyde de magnésium, France, sortie usine fabrication	Adapté de Ecoinvent 3

<b>Sources d'apport minéral</b>	Oxyde de zinc, France, sortie usine fabrication	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Sources d'apport minéral</b>	Phosphate bicalcique, France, sortie usine fabrication	Adapté de Ecoinvent 3 et Boissy et al 2009
<b>Sources d'apport minéral</b>	Phosphate mono calcique, France, sortie usine fabrication	Adapté de Ecoinvent 3 et Boissy et al, 2009
<b>Sources d'apport minéral</b>	Sel, France, sortie usine fabrication	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Sources d'apport minéral</b>	Sulfate de cuivre, France, sortie usine fabrication	Adapté de Ecoinvent 3
<b>Vitamine</b>	Vitamine E, A ou D ou mix, France, sortie usine fabrication	Adapté de Ecoinvent 3

## B.5. Indicateurs et méthodes de caractérisation choisis

Les partenaires ECOALIM ont choisi deux modes de présentation des résultats du projet.

- Un premier mode sous format Excel destinés aux acteurs de la nutrition animale, notamment les formulateurs. Il s'agit dans ce cas de résultats ACV et pour lesquels un choix de méthodes de caractérisation a été fait (Tableau 10). Cette base de données Excel est disponible en téléchargement sur le site du RMT Elevage et Environnement ([http://www.rmtelevagesenvironnement.org/bd\\_ecoalim.htm](http://www.rmtelevagesenvironnement.org/bd_ecoalim.htm)).
- Un deuxième mode sous format ICV, intégré à la base de données AGRIBALYSE<sup>®</sup> v1.3. Le jeu de données ECOALIM se distingue des inventaires AGRIBALYSE par la présence du terme « animal feed » dans la nomenclature.

Exemple : "Soybean meal, animal feed, at french mill/US U"

**Tableau 10 : Indicateurs et méthodes de caractérisation choisis pour les valeurs ACV dans la version Excel**

<b>Changement climatique</b>	<b>Avec changement affectation des sols</b>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	kg CO <sub>2</sub> eq	IPCC (PRG 100a)
	<b>Sans changement affectation des sols</b>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, sans CO <sub>2</sub> lié à la transformation des terres	kg CO <sub>2</sub> eq	IPCC (PRG 100a)
<b>Demande en énergie</b>	<b>Energies fossiles, non renouvelables</b>	Energie fossile et non renouvelable	MJ	Cumulative Energy Demand (CED) 1.8 non renewable fossil + nuclear
	<b>Energie totale</b>	Energie totale consommée	MJ	Cumulative Energy Demand (CED total 1.8)
<b>Occupation des sols</b>		Utilisation des terres	m <sup>2</sup> .a	Agrégation non pondérée
<b>Consommation de phosphore</b>		Phosphore	kg P	Facteurs de caractérisation des flux de phosphore : 1kg de P/kg, somme des quantités de phosphore nécessaire
<b>Acidification</b>	<b>Acidification ILCD</b>	NH <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , SO, SO <sub>3</sub>	molc H <sup>+</sup> eq	Accumulated Exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)
	<b>Acidification CML</b>	NH <sub>3</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , SO, SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kg SO <sub>2</sub> eq	RAINS-LCA (Huijbregts et al., 2001)
<b>Eutrophisation</b>	<b>Eut. terrestre ILCD</b>	Dépôts en azote équivalents dans la biomasse	molc N eq	Accumulated Exceedance (Seppälä et al. 2006, Posch et al, 2008)
	<b>Eut. eau douce ILCD</b>	Dépôts en phosphore équivalents dans l'eau douce	kg P eq	Modèle EUTREND (Struijs et al. 2009b) tel que implémenté dans la méthode ReCiPe
	<b>Eut. marine ILCD</b>	Dépôts en azote équivalents dans l'eau marine	kg N eq	
	<b>Eutrophisation CML</b>	Dépôts en azote/phosphore équivalents dans la biomasse	kg PO <sub>4</sub> eq	Basé sur la stœchiométrie (Guinée et al, 2001)

## Références

ADEME, 2010. ACV des biocarburants de première génération en France.

Boniface, Trocme, 1988. Enseignements fournis par des essais de longue durée sur la fumure phosphate et potassique. « 2 – Essais sur la fumure phosphatée ». Phosphore et potassium dans les relations sol-plante : conséquences sur la fertilisation. INRA, pp 279-402.

COMIFER, 2009. Grille de calcul PKMg. Available on :

<http://www.comifer.asso.fr/images/publications/livres/tablesexportgrillescomifer2009.pdf>

Giannoulakis S. Volkart K. Bauer C. 2014. Life cycle and cost assessment of mineral carbonation for carbon capture and storage in European power generation. International Journal of Greenhouse Gas Control. 21: 140-157.

Institut de l'élevage, 2013. Analyse de cycle de vie du veau de boucherie : comparaison de l'efficacité environnementale de deux stratégies d'alimentation. Rapport de stage de Bénédicte de la Sayette.

Renouf, M.A., Pagan, R.J., Wegener, M.K. 2011. Life cycle assessment of Australian sugarcane products with a focus on cane processing. Int. Journal Of Life Cycle assessment. 16:125-137.

Röder M., Thornley P., Campbell G., Bows-Larkin A., 2014, Emissions associated with meeting the future global wheat demand: A case study of UK production under climate change constraints. Environmental science & policy 39, p13-24

# ANNEXES

Annexe A : Cas d'études pour les déclinaisons des itinéraires techniques

Annexe B : Processus de transformation

Annexe C : calcul des ICV étrangers

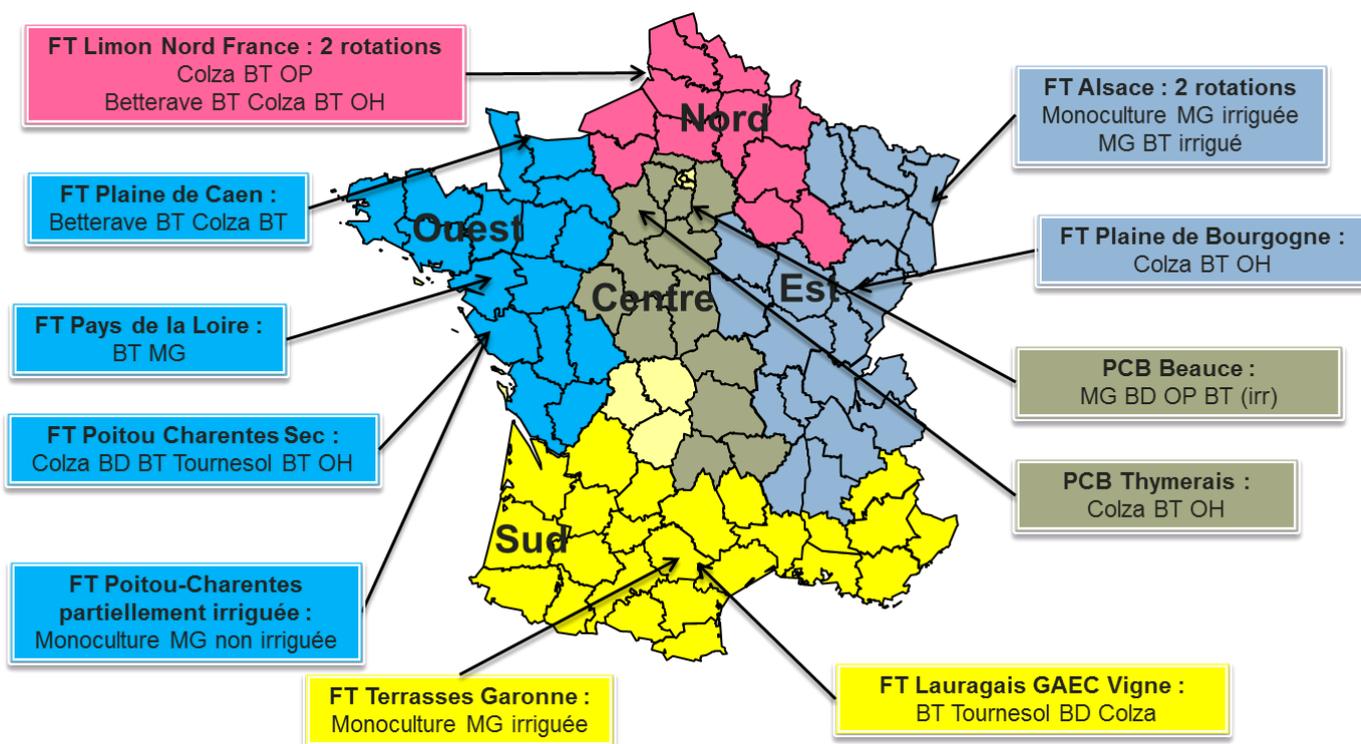
## Annexe A : Cas d'études pour les déclinaisons des itinéraires techniques

La base de données ECOALIM en termes de matières premières pour l'alimentation animale contient des cultures dont les ITK intègrent des leviers d'actions agronomiques.

Les impacts de trois principaux leviers d'actions ont été étudiés sur les grandes cultures françaises :

- Couvrir systématiquement du sol lors de toutes les intercultures de la rotation
- Introduire une culture légumineuse dans la rotation
- Favoriser au maximum les engrais organiques pour la fertilisation des cultures de la rotation.

La méthodologie s'appuie sur des cas types, choisies dans la fermothèque Arvalis afin d'obtenir une représentativité française.



Pour chaque ferme-type, trois scénarios sont construits en plus du scénario initial de la ferme-type (pas leviers agronomiques), en adaptant les ITK de chaque culture selon les fiches présentées plus bas dans cette annexe :

- scénario avec couverture du sol pendant l'interculture (fiche n°1)
- scénario avec introduction de légumineuse dans la rotation (fiche n°2)
- scénario avec fertilisation organique (fiche n°3)

Un quatrième levier d'action a été étudié uniquement pour la culture du colza : le « colza associé », qui est une culture de colza associée à un couvert de légumineuses gélives. La description de ce levier agronomique « colza associé » est présentée dans la fiche n°4. Ce levier d'action n'est pas mis en œuvre dans les fermes-types car ses effets portent seulement sur la culture de colza, et non pas sur l'ensemble des cultures de la rotation.

## Fiche n°1 : Hypothèses du levier couverture systématique du sol pendant les périodes d'interculture de la rotation

Les cultures intermédiaires (CI) sont des cultures non récoltées, implantées entre deux cultures principales de la rotation, afin de ne pas laisser le sol nu pendant cette période (on parle aussi de CIPAN, culture intermédiaire piège à nitrates). On plante généralement des crucifères et/ou des légumineuses. Les crucifères permettent de piéger le nitrate du sol et évitent ainsi sa fuite vers les eaux souterraines, et la minéralisation des résidus permet un enrichissement en azote du sol, donc un apport azoté à la culture suivante. Cependant ce bénéfice d'apport d'azote suite à la minéralisation des résidus de culture est plus important dans le cas des légumineuses, qui constituent une plus grande source d'azote pour la culture suivante car les résidus de culture laissés sur la parcelle sont très riches en azote et leur minéralisation enrichit le sol. On parle d'« engrais vert ». De plus, tant pour les légumineuses que pour les crucifères, elles permettent de maintenir la qualité des sols en limitant l'érosion, le développement des adventices, ainsi que l'invasion par certains ravageurs. Insérer une ou plusieurs cultures intermédiaires dans une rotation permet donc de diminuer les émissions de nitrate, et éventuellement la dose d'engrais azoté apporté à la culture suivante dans le cas d'une culture intermédiaire légumineuse. Cette pratique joue donc un rôle dans les impacts environnementaux des cultures s'inscrivant dans cette rotation.

Des tests ont été réalisés sur chacune des fermes types, en insérant avant les cultures de printemps un mélange de crucifères et de légumineuse, qui permet de cumuler un effet piège à nitrate d'une part, et un effet engrais vert d'autre part.

Dans le cas du maïs, la date de récolte autour de la mi-octobre ne permet pas un calendrier propice à l'implantation de cultures intermédiaires après cette culture, mais afin de limiter l'érosion et la fuite de nitrate, il est possible de conserver les pailles de maïs sur place après récolte, de les broyer puis de les enfouir. Cette pratique a un effet semblable à une culture intermédiaire de crucifères. Dans nos cas d'étude, la culture de maïs avec levier CI sera donc suivie d'une interculture avec cette pratique sur les pailles de maïs, équivalente à une culture intermédiaire de crucifères.

Enfin, après une culture de colza, les repousses sont importantes, et leur conservation sur la parcelle est équivalente à une culture intermédiaire de crucifère. Dans nos cas d'étude, la culture de colza avec levier CI sera donc suivie d'une interculture avec repousses de colza.

Dans le cadre de la directive nitrate de 2009, l'implantation de couvert hivernal est obligatoire dans certaines zones dites « vulnérables ». Par conséquent, certaines fermes types étudiées dans le cadre d'ECOALIM intègrent déjà des couverts intermédiaires dans le scénario de base. Cependant, ce sont uniquement des crucifères qui sont intégrées, or dans le projet ECOALIM nous testons le mélange de crucifère et de légumineuse. Des scénarios de base sans CIPAN ont alors été reconstitués. Afin de réadapter les doses d'azote des différents scénarios, nous avons utilisé les références suivantes issues de sources ARVALIS<sup>1 2 3</sup>:

---

<sup>1</sup> Brochure ARVALIS-CETIM-ITB « Cultures intermédiaires : impacts et conduite », 2011.

<sup>2</sup> Cohan JP et Labreuche J, 2015. Couverts intermédiaires, les légumineuses confirment leur avantage. Perspectives Agricoles n°420, p.30-34.

<sup>3</sup> Cohan JP et Labreuche J, 2013. Couverts intermédiaires, l'azote des légumineuses valorisables par le maïs suivant. Perspectives Agricoles n°398, p.44-47.

### Effet fertilisant d'un mélange crucifère + légumineuse en interculture

	Date de destruction	
	avant janvier	après janvier
MS produite (kg MS/ha)	1500	3000
Quantité de N contenu dans la plante (%MS)	3,40%	2,85%
Quantité de N contenu dans la plante (kg N /ha)	51	85,5
<b>Effet fertilisant (kg N/ha)</b>	<b>20</b>	<b>70</b>

### Effet fertilisant des crucifères en interculture

	Date de destruction	
	avant janvier	après janvier
MS produite (kg MS/ha)	1500	3000
Quantité N du couvert (%MS)	3,20%	2,70%
Quantité N du couvert (kg N /ha)	48	81
<b>Effet fertilisant (kg N/ha)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

L'adaptation de la fertilisation azotée de la culture suivant l'implantation du mélange crucifère/légumineuse dépend donc de la présence ou non de crucifères en culture intermédiaire dans le scénario de base, ainsi que de la date de destruction :

Adaptation de la fertilisation azotée de la culture suivante	Présence de CI avec crucifères dans le scénario de base	
	Oui	Non
Date de destruction avant janvier	-0 kg N/ha	-20 kg N/ha
Date de destruction après janvier	-20 kg N/ha	-70 kg N/ha

**Eléments techniques propres à l'implantation d'une culture intermédiaire, qui sont ajoutés dans l'inventaire de cycle de vie de la culture suivante, pour un couvert légumineuses + crucifères :**

Préparation du sol :

- Semoir à céréales combiné après déchaumage
- Semoir à céréales combiné sur chaumes

Densité de semis : 20 kg/ha, soit 10 kg/ha de crucifères (semences de colza) et 10 kg/ha de légumineuses (semences de pois).

Date de destruction : basée sur la date de labour de la ferme-type (de mi-décembre à février)

Mode de destruction : glyphosate ou travail du sol (à définir selon la ferme-type)

Ces éléments d'inventaire sont donc attribués à la culture suivante, pour chaque culture de printemps présente dans les rotations étudiées dans les fermes-types (tournesol, maïs, orge de printemps, betterave).

Lorsqu'il y a déjà une crucifère mise en place avant la culture de printemps sur la ferme-type, deux types de scénarios sont à construire avec la démarche suivante :

Construction du scénario crucifères + légumineuses :

- En fonction de la date de destruction de la crucifère, adaptation de l'effet fertilisant total sur la culture suivante
- Modification de la fertilisation azotée si effet fertilisant différent (uniquement pour des CIPAN détruites après décembre)
- Pas de changement dans les hypothèses d'implantation et de destruction de la CIPAN

Construction du scénario sans couvert intermédiaire :

- Suppression d'un ou deux passages de travail du sol + passage du semoir + éventuellement le passage de glyphosate si destruction chimique

Calcul de la nouvelle dose d'azote à apporter sur la culture. Par exemple, une CIPAN détruite au 15 décembre est considérée comme apportant 20 unités d'azote à la culture suivante. Dans le scénario sans CIPAN, la quantité d'azote est donc augmentée de 20 unités sur la culture de printemps suivante.

### **Impact de la culture intermédiaire sur la lixiviation de nitrate :**

Une réduction de la lixiviation de nitrate est permise par l'introduction de culture intermédiaire.

Le calcul de la lixiviation de nitrate est fait selon la méthode développée pour AGRIBALYSE à partir de la grille de risques lixiviation NO<sub>3</sub>- COMIFER. Cette méthode se base sur le calcul d'une note de risque sol croisée avec une note de risque culture, ce dernier intégrant la présence de culture intermédiaire juste après la culture étudiée. Le calcul est fait pour chaque culture de la rotation. La règle d'allocation à l'échelle de la succession culturale de la lixiviation de nitrate fait que cette introduction apportera un bénéfice à l'ensemble des cultures de la rotation. L'effet du levier CI permet donc selon les cas de réduire de 10 à 45 kg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> par hectare.

## Fiche n°2 : Hypothèses du levier introduction de légumineuse dans la rotation

Les Légumineuses sont des plantes de la famille des Fabacées qui, contrairement aux autres familles de plantes, présentent la capacité de fixer l'azote atmosphérique grâce à une symbiose avec des bactéries du sol : la plante fournit de l'énergie issue de la photosynthèse à la bactérie, et la bactérie fournit un apport nutritif azoté à la plante hôte. Ces cultures légumineuses ont donc l'avantage de ne pas avoir besoin d'apport d'engrais minéral azoté, ce qui contribue à réduire donc leur impact environnemental (en particulier consommation d'énergie et émission de gaz à effet de serre) par rapport à des cultures n'ayant pas cette capacité de fixation symbiotique de l'azote de l'air.

Par ailleurs, les résidus de cultures des légumineuses sont riches en azote. Laissés sur place, ils contribuent donc à la nutrition azotée de la culture suivante, ce qui permet de réduire les apports d'engrais minéraux synthétiques de la culture suivante. On parle d' « engrais vert ».

Les légumineuses introduites dans les rotations étudiées dans ECOALIM sont le pois, le soja, ou la luzerne. Des données expérimentales issues de la travaux précédent<sup>4</sup>, ainsi que des avis d'experts ont permis de modifier les pratiques culturales pour adapter le scénario afin de conserver une cohérence dans la rotation. Les changements concernent le rendement de la culture mise en place après la légumineuse et l'ajustement de la fertilisation azotée.

N° du cas	Succession de cultures dans la rotation de base	Succession de cultures avec insertion de légumineuse	Augmentation de rendement de la culture suivant la légumineuse	Ajustement de la fertilisation N de la culture suivant la légumineuse
1	... - Céréale – Blé - ...	Céréale - <b>Pois</b> - Blé	+8 q/ha	-20 kg
2	... - Colza – Blé - ...	Colza - <b>Pois</b> - Blé	+2 q/ha	-20 kg
3	... - Maïs Grain - Maïs Grain - ...	Maïs Grain - <b>Soja</b> - Maïs Grain	0 q/ha	-40 kg
4	... - Blé - Maïs Grain - ...	Blé - <b>Soja ou Luzerne</b> - Maïs Grain	0 q/ha	-40 kg

**Tableau 1 : Modification des pratiques culturales suite à l'insertion d'une légumineuse dans la rotation**

S'il existe des données spécifiques de la légumineuse pour la ferme type, elles sont utilisées. Dans le cas contraire, ce sont des données statistiques qui sont utilisées : pois moyen France (ICV ECOALIM), soja moyen Est France et soja moyen Sud France (enquête soja 2012, CETIOM). La fertilisation PK se raisonne à l'échelle de la culture, il est donc difficile d'utiliser directement les quantités moyennes appliquées. Il a été choisi d'apporter à la culture légumineuse les doses de PK que celle-ci exporte. Ainsi, cela ne modifie pas les apports PK réalloués aux autres cultures.

Les impacts environnementaux de la culture légumineuse elle-même ne sont pas étudiés pour ces scénarios de fermes-types avec leviers agronomiques. L'effet est attendu sur les autres cultures de la rotation, en particulier la culture suivante, qui est soit un blé, soit un maïs. Ce levier n'a donc pas d'effet sur des cultures telles que colza, orge ou tournesol.

Les données moyennes sont les suivantes :

<sup>4</sup> Rapport final du projet CASDAR n°7175 « Amélioration des performances économiques et environnementales de systèmes de culture avec pois, colza et blé », avril 2012.

Soja		Pois	
Date de semis			
EST	10-mai	France	15-févr
SUD			
Date de récolte			
EST	22-sept	France	22-juil
SUD	05-oct		
Quantité de Nmin (kg N)			
EST	30,7 (5,80% concerné)	France	0
SUD	23 (5,20% concerné)		
Quantité de P (kg P2O5)			
Est irrigué	32	France (réallocation)	31
Est sec			
Sud irrigué	28		
Sud sec	17		
Quantité de K (kg K2O)			
Est irrigué	52	France (réallocation)	45
Est sec			
Sud irrigué	45		
Sud sec	28		
Rendement (kg/ha)			
EST irrigué	3770	France	4600
EST sec	3120		
SUD irrigué	3270		
SUD sec	2010		

**Tableau 2 : Données soja et pois, moyennes France**

Région	Nom Ferme type	Rotation	Introduction Légumineuse	Cas par rapport au tableau 1	ITK Légumineuse
<b>Est</b>	Alsace	MG irrigué	MG <b>Soja</b> MG	3	Soja Est irrigué
<b>Est</b>	Alsace	MG, BT irrigué	MG BT <b>Soja</b>	4	Soja Est irrigué
<b>Est</b>	Plaine de Bourgogne	Colza, BT, OH	Colza <b>Pois</b> BT OH	2	Pois France
<b>Nord</b>	Limon Nord France	Colza BT Betterave BT OH	Colza <b>Pois</b> BT Bett BT OH	2	Spécifique FT
<b>Nord</b>	Limon Nord France	Colza, BT, OP	Colza <b>Pois</b> BT OP	2	Spécifique FT
<b>Ouest</b>	Pays de Loire	MG BT	MG BT <b>Luzerne</b>	4	Spécifique FT
<b>Ouest</b>	PC partiellement irriguée	MG non irrigué	MG <b>Soja</b> MG	3	Soja Sud non irrigué
<b>Ouest</b>	PC Sec	Colza, BD, BT, Tournesol, BT, OH	Colza BD <b>Pois</b> BT Tournesol OH	1	Pois France
<b>Ouest</b>	Plaine de Caen	Betterave, BT, colza, BT	Betterave, BT, colza, BT, <b>Pois</b> , BT	1	Spécifique FT
<b>Sud</b>	Lauragais GAEC Vigne	Bt Tournesol BD Colza	BT Tournesol BT Colza <b>Pois</b>	2	Pois France
<b>Sud</b>	Terrasses-Garonne	MG irrigué	MG <b>Soja</b> MG	3	Soja Sud irrigué
<b>Centre</b>	Thymerais – Casdar PCB	Colza, BT, OH	Colza <b>Pois</b> BT OH	2	Spécifique FT
<b>Centre</b>	Beauce – Casdar PCB	MG, BD, OBP, BT (irr)	MG BD OP <b>Pois</b> BT	1	Spécifique FT

**Tableau 3 : Scénarios insertion légumineuse dans les fermes types (FT) ECOALIM**

## Fiche n°3 : Hypothèses du levier fertilisation organique

Le recours aux apports organiques induisent différents effets dans les ACV. Sont prises en compte dans les analyses les émissions suivantes :

- Consommation d'énergie primaire et émissions indirectes lors de leur production : selon la règle proposée dans GES'TIM et retenue dans AGRIBALYSE, les étapes de production et transformation sont attribuées à l'élevage. Les émissions liées au transport et à l'épandage sont attribuées aux cultures.
- Emissions directes prises en compte : N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, P, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ETM.

Rq : le stockage de carbone dans les sols n'est pas pris en compte.

Identifier comme un levier de réduction des consommations d'énergie primaire et émissions de gaz à effet de serre, la substitution d'une part de la fertilisation azotée minérale par de l'azote organique peut se traduire par les effets suivants :

- Réduction des émissions de GES et consommation d'énergie primaire liées à la production d'intrants,
- En fonction principalement des doses apportées, augmentation des émissions de N<sub>2</sub>O
- En fonction des formes, des doses et des techniques d'épandage, augmentation des émissions de NH<sub>3</sub>,
- En fonction des formes et doses, réduction des apports de phosphore non renouvelables
- En fonction des formes et période d'épandage, augmentation des pertes de nitrate.
- Augmentation des émissions d'ETM

### 1) Démarche

Sur chacun des cas d'étude, la démarche a été la suivante :

- Identification des 2 principales formes apportées dans les régions de chacun des cas d'étude, sur la base de l'enquête SPP Pratiques culturales 2006,
- Définition d'hypothèses de transport.
- Identification sur chacune des 2 formes (ou moins si une forme s'avérait fortement majoritaire dans une région) les cultures réceptrices, les dates et doses d'apport,
- Identification de la technique d'épandage la plus adaptée, selon la forme, la date d'apport et la culture réceptrice et avec un objectif de réduction des émissions de NH<sub>3</sub>.

### 2) Hypothèses sur le transport

L'hypothèse d'un transport en tracteur de 10 km utilisée dans AGRIBALYSE pour les cas d'étude localisés dans une région avec élevage. Pour les autres régions, un transport en camion sur une distance de 50 km a été retenu (sur la base de l'hypothèse qu'au-delà de 50 km, le transport de matière organique peut ne plus être intéressant).

### 3) Règles retenues pour identifier les cultures réceptrices, les dates et doses d'apport

- Choix de la date et de la culture réceptrice

La période d'apport de l'engrais organique a un impact important sur le scénario et les flux environnementaux en résultant.

D'un point de vue agronomique et apport d'éléments nutritifs, une culture valorisera plus ou moins l'azote apporté en fonction de son cycle de croissance et de son stade de développement au moment de l'apport. Par exemple, pour un apport de fumier de bovin sur du colza, si l'apport est effectué à la fin de l'été le coefficient d'équivalence de l'engrais sera de 0,22 (22% de l'azote total apporté pourra être valorisé par la plante), alors qu'en cas d'un apport d'automne ou de printemps de fumier, seuls 12% du N total sera utilisable. Sur une céréale d'hiver, un apport d'engrais liquide sera mieux valorisé au printemps qu'en fin d'été, c'est-à-dire au moment où la culture est en mesure d'utiliser l'azote minérale directement disponible dans des formes liquides.

D'un point de vue environnemental, l'apport d'engrais organique liquide à l'automne a une incidence sur les pertes par lixiviation de nitrate. L'apport à l'automne représente un facteur de risque supplémentaire et se répercutera par une augmentation des émissions de  $\text{NO}_3^-$  pendant l'interculture recevant l'apport et aura également un impact indirect sur les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  (équation GIEC 2006b).

La période d'apport est donc un élément à prendre en compte dans les scénarios engrais organiques en cours de construction.

Dans le cadre de cette étude, les règles suivantes ont été définies :

- Privilégier les apports d'engrais organiques sur les cultures de printemps qui valorisent mieux l'azote organique,
- Pour les cultures de printemps, l'apport peut être préconisé au printemps,
- Pas d'apport d'engrais sous forme liquide (lisiers ou fientes notamment) à l'automne pour ne pas augmenter la lixiviation de nitrate durant l'interculture,
- Possibilité éventuellement de faire des apports de lisier au printemps à l'aide de pendillards sur les cultures d'hiver.
- Prise en compte de la faisabilité

Par ailleurs, chaque scénario sera validé afin de vérifier la plausibilité de l'apport préconisé d'un point de vue réglementaire (contraintes de la directive nitrate).

- Détermination de la dose d'azote

La dose a été déterminée en fonction de la teneur en azote des formes organiques, leur coefficient apparent d'utilisation ainsi que leur teneur en phosphore. Les quantités en phosphore apportées sur la rotation ne devront ainsi pas excéder les quantités exportées.

Rq : on n'a pas considéré d'effet fertilisant des apports d'engrais organiques sur les cultures suivantes. Ceci sont en effet très variables en fonction de l'état initial du sol en termes de teneurs en matière organiques et difficiles à quantifier.

#### 4) Facteurs d'abattement des émissions de NH3 en fonction des techniques d'épandage

Les facteurs d'abattement utilisés sont principalement issus de l'étude prospective ADEME – « Analyse du potentiel de réduction de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030 ». Juillet 2013

Technique d'épandage	Engrais organique	ADEME 2013
Injection	lisier bovin, porcin, volaille	80%
Pendillard sabots traînés	lisier bovin, porcin, volaille	50%
Incorporation par charrue immédiate	lisier bovin, porcin	90%
Incorporation par charrue immédiate	fumier bovin, porcin	90%
Incorporation par charrue immédiate	volailles, lisier et fumier	95%
Incorporation par charrue dans les 4 h	lisier bovin, porcin	60%
Incorporation par charrue dans les 12 h	lisier bovin, porcin	45%

Pour les apports de vinasse, l'hypothèse d'un apport directe au labour permettant de réduire de 60% les émissions a été retenue.

#### 5) Limites d'interprétation

La comparaison entre les scénarios de base et fertilisation organique présente différentes limites :

- Forte variabilité en fonction des formes, composition et doses apportées. Or l'étude réalisée repose sur de nombreuses hypothèses
- Références sur les engrais minéraux azotés ne prennent pas en compte les évolutions des procédés de production réalisés en Europe ces dernières années
- Non prise en compte du stockage de carbone dans les sols.

#### Fiche n°4 : Hypothèses du levier agronomique « colza associé »

Un levier d'action supplémentaire a été étudié uniquement pour la culture du colza : le « colza associé », qui est une culture de colza associée à un couvert de légumineuses gélives. Ce levier d'action n'est pas mis en œuvre dans les fermes-types car ses effets portent principalement sur la culture de colza, et non pas sur l'ensemble des cultures de la rotation.

Les intérêts reconnus d'un colza associé à une légumineuse sont les suivants :

- Augmentation de la production de biomasse et d'azote grâce à l'association de légumineuses gélives au colza d'hiver.
- Meilleur contrôle des adventices, réduction des dégâts d'insectes d'automne (charançon du bourgeon terminal et grosse altise), amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote.
- Rendement équivalent voire supérieur avec des doses d'azote réduites.

Ainsi, la dose d'azote minéral au printemps peut être réduite de 30 unités si le couvert a levé, indépendamment de son niveau de croissance.

Les références bibliographiques sont les suivantes :

- Cadoux, S., Sauzet, G., Valantin-Morison, M., Pontet, C., Champolivier, L., Robert, C., Lieven, J., Flénet, F., Mongenot, O., Fauvin, P., Landé, N., 2015. Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves nitrogen use efficiency. OCL 22(3) D302.
- Ouvrage « Les points techniques de Terres Inovia. Colza associé à un couvert de légumineuses gélives », coordonné par Stéphane Cadoux et Gilles Sauzet. Editions Terres Inovia, juin 2016. Disponible avec le lien suivant (vérifié le 15/12/2016) [http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/kiosque/Terres-Inovia\\_guide\\_colza\\_associe2016.pdf](http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/kiosque/Terres-Inovia_guide_colza_associe2016.pdf)

Aussi, dans la construction de l'ICV « Colza associé » diffère des autres ICV avec levier agronomique, puisqu'il n'est pas issu de l'agrégation de l'application de ce levier dans les fermes-types. Cet ICV ("Rapeseed, associated crop, 9% moisture, national average, animal feed, at farm gate/FR U") est construit à partir de l'ICV colza moyen France ("Rapeseed, conventional, 9% moisture, national average, animal feed, at farm gate, production/FR U", source de données AGRIBALYSE), auquel ont été apportées des modifications selon les références acquises par les travaux de Terres Inovia :

- Ajout de semences de féverole : 50kg
- Réduction de l'apport de la dose d'azote apportée par les engrais minéraux : -30kg N/ha
- Réduction des traitements herbicides : -33% des doses de matières actives, et 1 passage de tracteur avec pulvérisateur en moins.

## **Annexe B : Processus de transformation**

Fiche 1 : Extraction de la canne à sucre

Fiche 2 : Production de drèches

Fiche 3 : Trituration double pression

Fiche 4 : Trituration pression à chaud

# Process : Extraction du sucre de la canne à sucre

## Déclinaison : Process Pakistanais

<i>Meunerie</i>	<i>Amidonnerie</i>	<i>Distillerie</i>	<i>Transformation des graines oléagineuses</i>	<b>Industrie du sucre</b>	<i>Transformation des produits animaux</i>	<i>Extraction minière</i>	<i>Produits de synthèse</i>
-----------------	--------------------	--------------------	--	---------------------------	--	---------------------------	-----------------------------

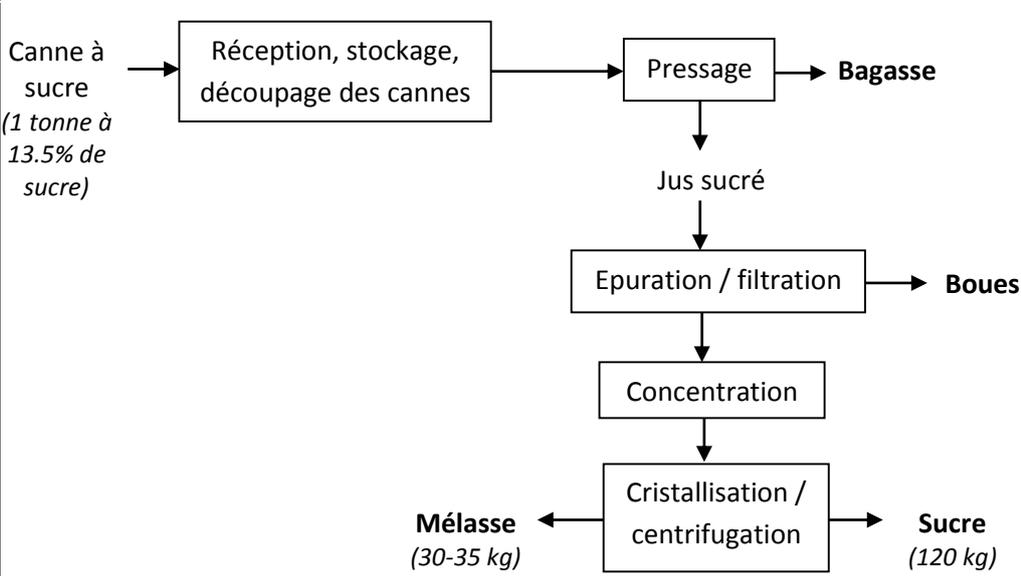
Présentation du cas type

Ce process concerne la canne à sucre. La canne à sucre est principalement cultivée pour le sucre. L'extraction du sucre à partir de la canne à sucre produit également de la mélasse de canne utilisée ensuite en alimentation animale.

Modalités de construction

Les données de flux liés au processus d'extraction du sucre à partir de la canne à sucre sont issues du rapport produit par Blonk Consultants et l'université de Wageningen en 2012 : LCI data for the calculation tool FeedPrint for greenhouse gas emissions of feed production and utilization : Sugar industry.

Etapes de production et périmètre d'étude



Source : Comité National des Coproduits

Période d'étude
Localisation
Représentativité
Incidences éventuelles du processus de production de la MP sur les caractéristiques nutritionnelles moyennes
Niveau de prix de la MP

Période de collection des données : 2007 -2011

Les données sont issues d'une étude australienne et d'une étude pakistanaise.

Inconnue

La composition de la mélasse de canne peut varier selon les pays d'origine, la nature des produits de base et des procédés de fabrication (*Comité National des Coproduits, Fiche n°8 – Coproduits de la betterave, mélasse de betterave et de canne*).

Concurrence / MP classique

**Version : V1 (16/05/14)**

**Rédacteurs de la fiche : INRA UMR SAS**

# Process : Distillation du maïs et production des drêches

## Déclinaison : Process commun

<i>Meunerie</i>	<i>Amidonnerie</i>	<b>Distillerie</b>	<i>Transformation des grains oléagineux</i>	<i>Industrie du sucre</i>	<i>Transformation des produits animaux</i>	<i>Extraction minière</i>	<i>Produits de synthèse</i>
-----------------	--------------------	--------------------	---	---------------------------	--	---------------------------	-----------------------------

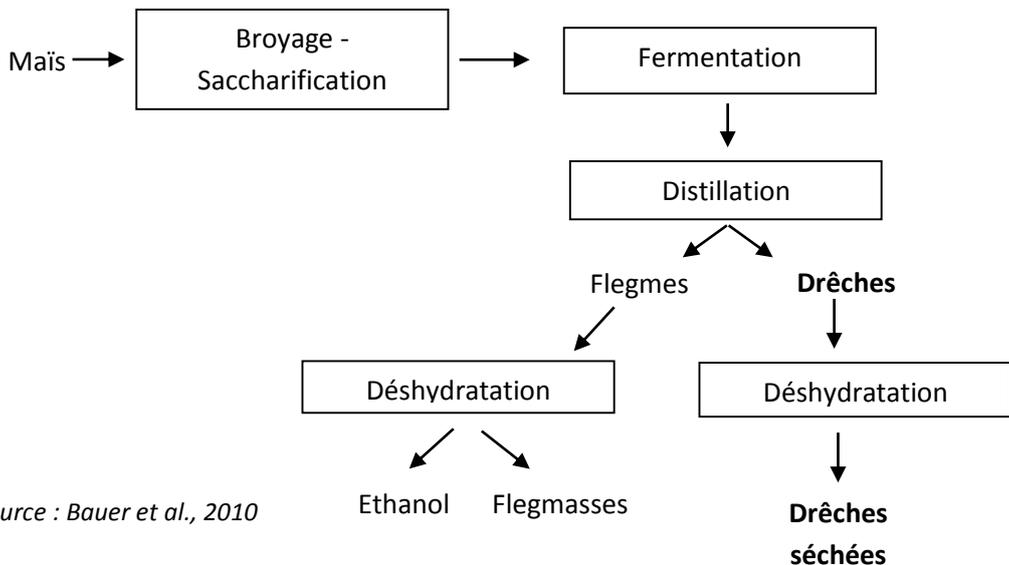
Présentation du cas type

Ce process concerne le maïs. La distillation permet d'extraire l'éthanol des grains de maïs. Le process se compose de plusieurs étapes : broyage, saccharification, fermentation et distillation. A l'issue du process les produits obtenus sont des flegmes (d'où sera extrait l'éthanol) et des drêches. Ensuite les drêches sont séchées avant d'être commercialisées.

Modalités de construction

Les grains entrant dans le process de transformation sont issues des grains du maïs ECO-ALIM. Les données de flux liés au process sont issues du rapport de l'ADEME : « ACV des biocarburants de première génération en France », 2010.

Etapes de production et périmètre d'étude



Période d'étude
Localisation
Représentativité
Incidences éventuelles du processus de production de la MP sur les caractéristiques nutritionnelles moyennes
Niveau de prix de la MP

Période de collection des données : 2009

L'usine d'ABENGOA située à Lacq a été considérée dans cette étude.

Les données du process sont représentatives du fonctionnement en routine, tel qu'il était au début 2009.

Concurrence / MP classique

**Version : V1  
(07/08/14)**

**Rédacteurs de la fiche : INRA UMR SAS**

# Process : Trituration

## Déclinaison : Double pression sans extraction au solvant

Meunerie	Amidonnerie	Distillerie	<b>Transformation des graines oléagineuses</b>	Industrie du sucre	Transformation des produits animaux	Extraction minière	Produits de synthèse
----------	-------------	-------------	--	--------------------	-------------------------------------	--------------------	----------------------

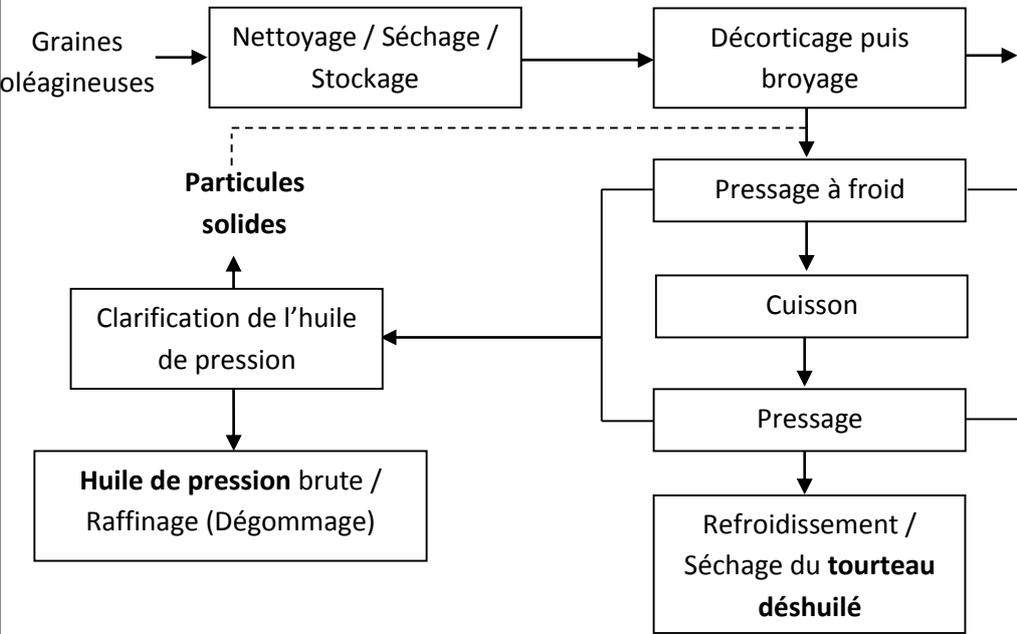
Présentation du cas type

Ce process concerne les graines oléagineuses. La trituration permet d'extraire l'huile des graines. Deux procédés existent : la trituration avec pression à chaud puis extraction au solvant et la trituration avec double pression sans extraction au solvant. On considère ici le second type de trituration.

Modalités de construction

Les graines entrant dans le process de transformation sont issues des graines ECO-ALIM. Les données de flux liés au process sont issues du rapport Bioenergy n° 17 (exemple du remoulage de la BdD du RMT Elevage et environnement)

Etapes de production et périmètre d'étude



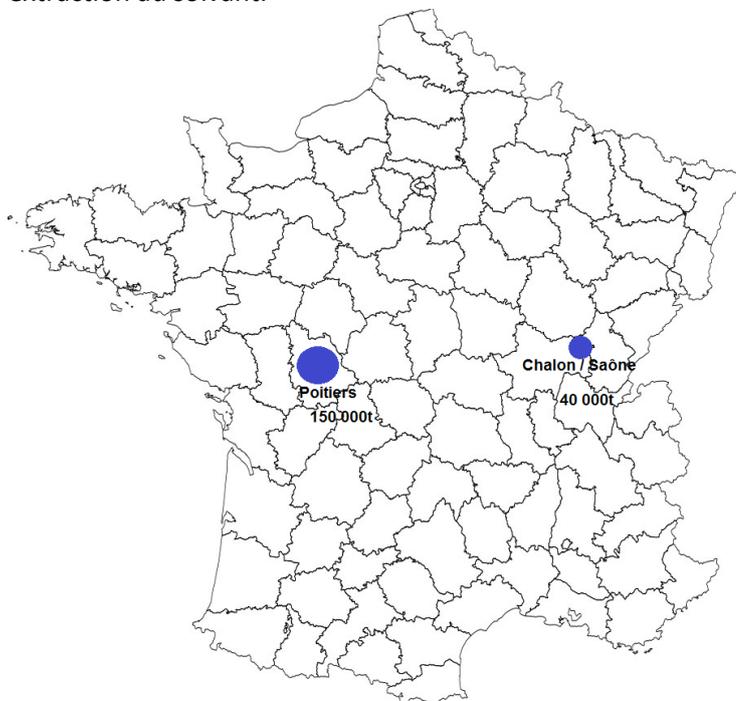
Source : Bauer et al., 2010

Période d'étude

Période de collection des données : 2005-2009

Localisation

La carte suivante indique la localisation des principales usines de trituration françaises utilisant le procédé de trituration avec double pression sans extraction au solvant.



Source : CETIOM

Représentativité

	Trituration avec pression à chaud puis extraction au solvant	Trituration avec double pression sans extraction au solvant
Capacité de transformation nationale (?) (en tonnes de graines triturées / an)	5 millions ( ? )	190 000

Source : CETIOM

Incidences éventuelles du processus de production de la MP sur les caractéristiques nutritionnelles moyennes

Ce procédé va permettre de séparer les graines oléagineuses en deux produits : une huile végétale brute (non raffinée) contenant principalement des triglycérides (à +- 95%) et d'autres composés (phospholipides, acides gras libres, ...) ; un tourteau ne contenant quasiment plus d'huile, contenant surtout des protéines et fibres.

La teneur en huile des tourteaux résultant des deux procédés de trituration n'est pas la même : les tourteaux issus de la trituration avec pression à chaud puis extraction au solvant ont une teneur en huile résiduelle de 1-3% contre 8-9% pour ceux issus de la trituration avec double pression sans extraction au solvant.

Version : V1  
(20/03/14)

Rédacteurs de la fiche : CETIOM, INRA UMR SAS

# Process : Trituration

## Déclinaison : Pression à chaud puis extraction au solvant

Meunerie	Amidonnerie	Distillerie	<b>Transformation des graines oléagineuses</b>	Industrie du sucre	Transformation des produits animaux	Extraction minière	Produits de synthèse
----------	-------------	-------------	--	--------------------	-------------------------------------	--------------------	----------------------

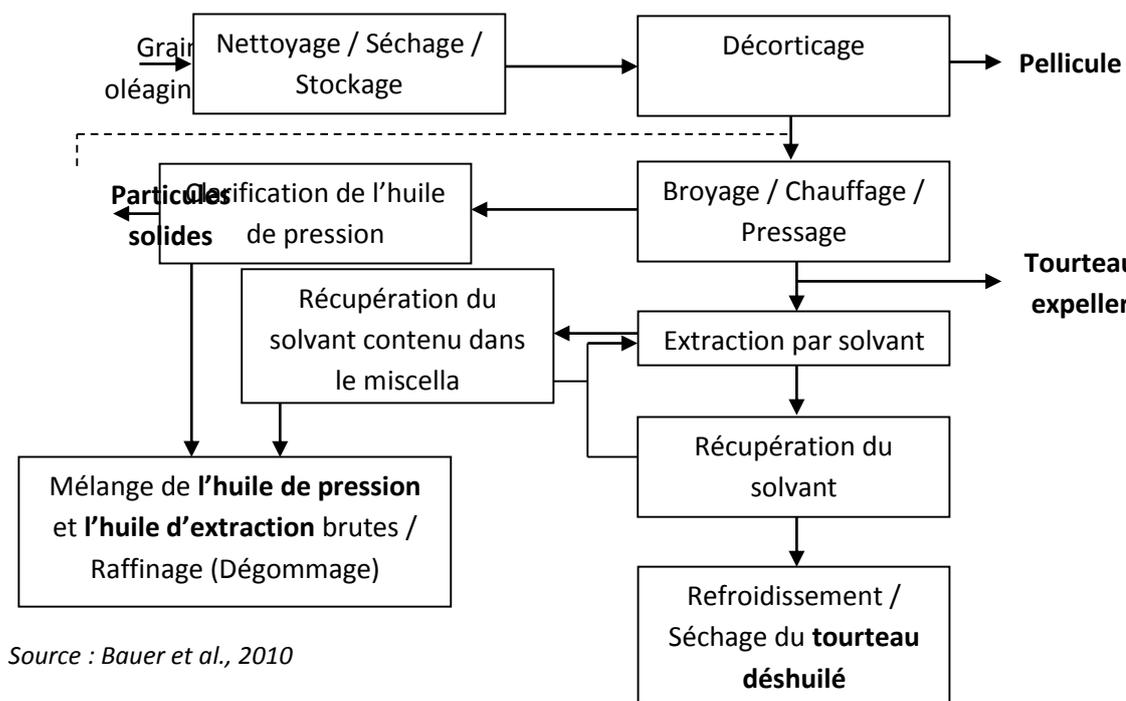
Présentation du cas type

Ce process concerne les graines oléagineuses. La trituration permet d'extraire l'huile des graines. Deux procédés existent : la trituration avec pression à chaud puis extraction au solvant et la trituration avec double pression sans extraction au solvant. On considère ici le premier process.

Modalités de construction

Les graines entrant dans le process de transformation sont issues des graines ECO-ALIM. Les données de flux liés au process sont issues du rapport Bioenergy n° 17 (exemple de l'huile de colza de la BdD du RMT Elevage et environnement)

Etapas de production et périmètre d'étude



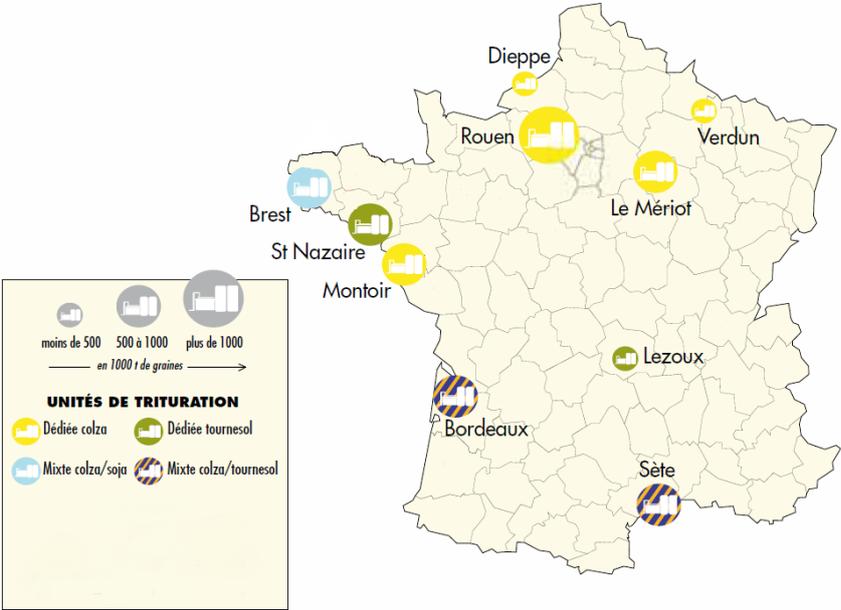
Source : Bauer et al., 2010

Période d'étude

Période de collection des données : 2005-2009

Localisation

La carte suivante indique la localisation des principales usines de trituration françaises utilisant le procédé de trituration avec pression à chaud puis extraction au solvant.



source : Seipol/IFIP

Source : Adapté de ONIDOL, IFIP, CETIOM. 2010.

Représentativité

	Trituration avec pression à chaud puis extraction au solvant	Trituration avec double pression sans extraction au solvant
Capacité de transformation nationale (?) (en tonnes de graines triturées / an)	5 millions ( ? )	190 000

Source : CETIOM

Incidences éventuelles du processus de production de la MP sur les caractéristiques nutritionnelles moyennes

Ce procédé va permettre de séparer les graines oléagineuses en deux produits : une huile végétale brute (non raffinée) contenant principalement des triglycérides (à +- 95%) et d'autres composés (phospholipides, acides gras libres, ...) ; un tourteau ne contenant quasiment plus d'huile, contenant surtout des protéines et fibres. La teneur en huile des tourteaux résultant des deux procédés de trituration n'est pas la même : les tourteaux issus de la trituration avec pression à chaud puis extraction au solvant ont une teneur en huile résiduelle de 1-3% contre 8-9% pour ceux issus de la trituration avec double pression sans extraction au solvant.

Niveau de prix de la MP

Concurrence / MP classique

## Annexe C : Calcul des ICV des produits transformés et industriels

Pour l'ensemble des matières premières transformées traitées dans ECOALIM, la distance entre l'organisme stockeur (cultures) ou la ferme (produits animaux par exemple) et l'usine de transformation considérée est de 50km, parcourus en camion. A noter que pour les cultures étrangères transformées en France (graines de soja du Brésil ou des USA), un transport de 20km entre le port et l'usine de transformation est pris. Néanmoins, lorsque des données spécifiques ont pu être collectées, elles ont été préférées à la distance par défaut. Cela concerne :

- Les drêches de blé : 90km en camion et 125km en bateau entre l'organisme stockeur et l'usine de transformation
- Les drêches de maïs : 100km de camion entre l'organisme stockeur et l'usine de transformation
- Les coproduits de biscuits et de pain : d'après un industriel français commercialisant ce type de produits, la distance moyenne entre le lieu prise en charge des produits et le lieu d'utilisation est de 130km (camion).
- Le tourteau et l'huile de colza français: 120 km de camion, 220 km de transport maritime, 49 km de train et 23 km de transport fluvial (source : ACV appliquées aux biocarburants de première génération, ADEME, 2010)
- Le tourteau et l'huile de tournesol français: 200 km de camion et 141 km de train (source : ACV appliquées aux biocarburants de première génération, ADEME, 2010)

## Annexe H : Calcul des ICV étrangers

Dans le cadre d'ECOALIM, plusieurs cultures étrangères ont traitées : soja du Brésil, fruits de palme de Malaisie, canne à sucre du Pakistan, tournesol d'Ukraine, sorgho, maïs et soja des USA et blé tendre de Grande Bretagne.

Pour les cultures qui ont fait l'objet d'une collecte de données particulière dans le but de construire des inventaires se rapprochant d'une culture moyenne du pays concerné, la majorité des émissions liées aux cultures ont été calculées grâce à un outil de l'INRA. Cet outil utilise les modèles présentés dans le rapport méthodologique d'AGRIBALYSE. Néanmoins les émissions de dioxyde de carbone liées au changement d'affectation des terres ont été calculées avec un l'outil d'AgriFootPrint, les modèles d'AgriBalyse étant calibrés pour la France uniquement. Cela concerne les cultures suivantes : tournesol d'Ukraine, sorgho, maïs et soja des USA et blé tendre de Grande Bretagne.

Du fait du manque de données, pour les cultures de tournesol d'Ukraine, sorgho, maïs et soja des USA, les opérations culturales nécessaires à la culture sont les mêmes que celles des cultures françaises correspondantes. Ainsi pour le sorgho des USA par exemple il a été supposé qu'il y avait besoin d'autant d'heures de travail de chaque machine que pour le sorgho français, chaque machine ayant la même puissance supposée que les machines françaises.

Le tableau suivant présente les distances considérées dans les inventaires des matières premières étrangères traitées dans ECOALIM.

**Tableau 11 - Distances entre : le champ et l'organisme stockeur (culture) ou le champ et l'usine (MP transformée), entre l'OS/usine et le port d'exportation et entre le port étranger et le port français.**

Matière(s) première(s)	Distance champ – organisme stockeur (culture) ou usine (produits transformés) (route)	Transport organisme stockeur ou usine – port		Transport du port étranger au port français (bateau)
		Train	Route	
Tourteaux et huiles de soja BR*	Transport champ au port			9209
		377	866	
Huile de palme et tourteau de palmiste MY	50		100	12000
Blé tendre GB	100		207	196
Sorgho USA	100	2052	314	5810
Drêches de maïs USA	100	1622	450	5810
Graines de soja USA	100	1455	314	5810
Tourteau de tournesol Mer Noire (Ukraine)	394		20	3355
Mélasse de canne PK	936		20	8237

\* Pour les graines de soja cultivées au Brésil mais triturées en France, le même transport est appliqué, avec un ajout de 20km de route entre le port français et l'usine de transformation.

## **Annexe I : Variabilité des résultats ACV grandes cultures observée sur les différents cas d'étude**

Les résultats sont présentés dans le fichier excel ci-dessous (tableaux excel et graphiques).



Résultats variabilité  
ACV cultures ECOALI