



HAL
open science

Etude complémentaire à l'analyse rétrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés français et internationaux et les changements d'affectation des sols - Volet 2: Evaluation des effets du développement des biocarburants en France sur les marchés des grandes cultures et sur le changement d'affectation des sols - Rapport intermédiaire: La base de données du modèle MATSIM-LUCA

Agneta Forslund, Fabrice Levert, Cyril Cuvelette, Chantal Le Mouël,
Alexandre Gohin

HAL Id: hal-01208831

<https://hal.science/hal-01208831>

Submitted on 6 Jun 2020

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

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

► **To cite this version:**

Agneta Forslund, Fabrice Levert, Cyril Cuvelette, Chantal Le Mouël, Alexandre Gohin. Etude complémentaire à l'analyse rétrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés français et internationaux et les changements d'affectation des sols - Volet 2: Evaluation des effets du développement des biocarburants en France sur les marchés des grandes cultures et sur le changement d'affectation des sols - Rapport intermédiaire: La base de données du modèle MATSIM-LUCA. [Rapport Technique] Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. 2012, 50 p. hal-01208831



ETUDE COMPLEMENTAIRE A L'ANALYSE RETROSPECTIVE DES INTERACTIONS DU DEVELOPPEMENT DES BIOCARBURANTS EN FRANCE AVEC L'EVOLUTION DES MARCHES FRANCAIS ET MONDIAUX ET LES CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES SOLS

RAPPORT FINAL :

VOLET 2 : EVALUATION DES EFFETS DU DEVELOPPEMENT DES
BIOCARBURANTS EN FRANCE SUR LES MARCHES NATIONAUX ET
INTERNATIONAUX DES GRANDES CULTURES ET SUR LE
CHANGEMENT D'AFFECTATION DES SOLS :

LA BASE DE DONNEES DU MODELE MATSIM-LUCA

Mars 2013
Version finale

Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par l'INRA (contrat 11-01-C0063)

Auteurs : Agneta Forslund (INRA, SAE2), Fabrice Levert (INRA, UMR-SMART), Cyril Cuvelette (INRA, UMR-SMART), Chantal Le Mouël (INRA, UMR-SMART), Alexandre Gohin (INRA, UMR-SMART)

Coordination technique :

Bruno Gagnepain, Service Bioressources, Direction Production et Energies Durables (DEPD) – ADEME (Angers)

L'ADEME en bref :

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la triple tutelle du ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

www.ademe.fr

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Sommaire

1	Généralités sur la base de données.....	7
1.1	Les zones géographiques	7
1.2	Les produits pris en compte	7
1.2.1	Les céréales	8
1.2.2	Les oléagineux.....	8
1.2.3	Les pois protéagineux.....	8
1.2.4	Les cultures sucrières et le sucre	8
1.2.5	Les biocarburants	8
1.2.6	Les coproduits de l'éthanol.....	8
1.3	Les variables considérées	10
1.3.1	Les bilans emplois-ressources	10
1.3.2	Les autres variables.....	11
1.4	Les sources de données utilisées	11
1.5	Aspects techniques	12
2	Détail de construction de la base	13
2.1	Les bilans emplois-ressources des produits agricoles	13
2.1.1	Les bilans emplois-ressources par zone	13
2.1.2	Les bilans emplois-ressources pour la France.....	15
2.1.3	Intégration de la France et construction de la zone reste de l'Europe	16
2.1.4	Equilibrage au niveau mondial	16
2.1.5	Les cas particuliers : palme/palmiste et coton graine/fibre.....	17
2.2	L'intégration des biocarburants dans la base	18
2.2.1	Le bilan des biocarburants	18
2.2.2	Utilisation des matières premières agricoles pour les biocarburants	26
2.2.3	L'intégration des utilisations de matières premières agricoles pour les biocarburants dans la base de données	33
2.2.4	Les coproduits issus de la production des biocarburants.....	33
3	Prix et autres variables macroéconomiques	35
3.1	Les prix mondiaux.....	35
3.2	Les prix régionaux	36
3.2.1	Cas des produits non échangés	36
3.2.2	Cas particulier du coton.....	37
3.2.3	La relation prix mondial-prix régionaux par zone : les politiques régionales de soutien interne et commerciales	37
3.3	Les prix des fermages	38
3.4	Les variables macroéconomiques et autres variables exogènes.....	39
Annexe A.	Liste des abréviations de la base	42
Annexe B.	Détermination des quantités de matières premières utilisées pour la production de biocarburants.44	
Annexe C.	Détermination des prix des fermages des terres agricoles.....	45
Annexe D.	Coefficients techniques dans les secteurs de la trituration	47

Annexe E.	Coefficients techniques dans les secteurs des biocarburants	48
Annexe F.	Coefficients techniques dans les secteurs du sucre	49
Annexe G.	Rendements à l'hectare des cultures	50
Annexe H.	Rendements à la surface en huiles et tourteaux.....	51
Annexe I.	Rendements à la surface en biocarburants et en coproduits de l'éthanol	52
Annexe J.	Rendements à la surface en sucre et en coproduits du sucre (pulpes).....	53
Annexe K.	Prix régionaux des produits en 2009 (USD/T)	54
Annexe L.	Prix des fermages en 2009 (USD/ha)	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les zones géographiques distinguées dans la base de données	7
Tableau 2 : Produits pris en compte et variables associées	9
Tableau 3 : Correspondance entre les attributs PSD et ceux de notre base de données	14
Tableau 4 : Correspondance entre les attributs de bilan de la FAO et ceux de notre base de données	14
Tableau 5 : Correspondance des attributs avec les attributs de bilan Agreste	15
Tableau 6 : Bilan du biodiesel retenu pour la France	19
Tableau 7 : Importations françaises de biodiesel par pays	19
Tableau 8 : Exportations françaises de biodiesel par pays	19
Tableau 9 : Echanges de biodiesel entre la France et l'UE	20
Tableau 10 : Bilan de l'éthanol carburant retenu pour la France	20
Tableau 11 : Importations françaises d'ETBE par pays	21
Tableau 12 : Exportations françaises d'ETBE par pays	21
Tableau 13 : Echanges d'éthanol carburant entre la France et l'UE	22
Tableau 14 : Bilan du biodiesel retenu pour l'UE	23
Tableau 15 : Bilan de l'éthanol carburant retenu pour l'UE	25
Tableau 16 : Huiles utilisées pour la production française de biodiesel	27
Tableau 17 : Production française de biodiesel calculée à partir des huiles végétales utilisées	27
Tableau 18 : Répartition de la production de biodiesel entre différentes huiles végétales en France ..	27
Tableau 19 : Quantités de matières premières agricoles utilisées pour la production française d'éthanol	28
Tableau 20 : Répartition de la production française d'éthanol entre différentes matières premières agricoles	28
Tableau 21 : Répartition de la production européenne de biodiesel entre différentes huiles et graisses	28
Tableau 22 : Répartition retenue de la production européenne de biodiesel entre différentes huiles et graisses	29
Tableau 23 : Répartition de la production européenne d'éthanol entre différentes matières premières agricoles	29
Tableau 24 : Répartition de la production de biodiesel entre différentes matières premières selon les zones (moyenne sur la période 2004-2010)	32
Tableau 25 : Répartition de la production d'éthanol entre différentes matières premières selon les zones (moyenne sur la période 2004-2010)	32
Tableau 26 : Table de référence pour les prix mondiaux de chaque produit	35

Liste des figures

Figure 1 : Bilan du biodiesel retenu pour la France	19
Figure 2 : Bilan de l'éthanol carburant retenu pour la France	21
Figure 3 : Comparaison de différentes sources de données pour le biodiesel dans l'UE	22
Figure 4 : Comparaison de différentes sources de données pour l'éthanol carburant dans l'UE	24

Résumé

L'objectif de ce rapport est de présenter la base de données utilisée pour le modèle MATSIM-LUCA (Market And Trade SIMulation model for Land Use Change Analysis). Ce modèle est un modèle d'équilibre partiel des marchés et des échanges agricoles, couvrant le monde dans son ensemble. Il permet de réaliser des simulations de chocs exogènes résultant de changements de politiques ou de l'environnement socio-économique afin d'en étudier les conséquences sur les équilibres de marchés : prix, production, consommation, échanges et, dans cette étude, plus spécifiquement surfaces cultivées et changements d'affectation des sols. La version actuelle du modèle est centrée sur les marchés des grandes cultures.

Cette étude visant à analyser et évaluer les effets du développement de la production et de la consommation françaises de biocarburants sur les marchés agricoles et en termes de changement d'affectation des sols en France et dans le reste du monde, la France est représentée de manière individuelle (i.e., extraite de la zone Union européenne) tandis qu'une attention particulière est portée à la mise en cohérence des données relatives aux biocarburants avec celles concernant les matières premières agricoles dont ils sont issus.

Ce rapport détaille la construction d'une base de données historiques couvrant la période 2004-2009, le monde dans son ensemble, les grandes cultures et les biocarburants. Partant de données brutes issues de différentes sources, cette base reconstitue les équilibres de marchés tels qu'observés sur la période considérée. Ces équilibres observés seront ensuite utilisés comme équilibres initiaux des simulations qui seront menées, ces dernières aboutissant à de nouveaux équilibres décrivant la situation des marchés « tels qu'ils auraient été si » les conditions n'avaient pas été celles observées mais celles représentées dans le scénario simulé (si la production et/ou la consommation de biocarburants ne s'étaient pas développées au rythme observé en France mais à un rythme supérieur ou inférieur par exemple).

1 Généralités sur la base de données

L'objectif de ce chapitre est de décrire de manière générale les dimensions de la base de données du modèle MATSIM-LUCA avant d'entrer dans le détail de la construction de la base. Les dimensions présentées ci-après sont les zones géographiques, les produits et les variables concernés. Les sources des données ainsi que les aspects techniques liés à la construction de la base sont présentés à la fin du chapitre.

1.1 Les zones géographiques

Dans notre base de données, le monde est désagrégé en 17 zones géographiques. Ces zones correspondent à des pays ou à des regroupements de pays ayant une importance stratégique sur les marchés considérés, que ce soit du côté de la production et/ou de la consommation¹.

Parmi les zones sélectionnées la région « Reste de Monde » (RDM) est la plus hétérogène car elle regroupe aussi bien des pays développés d'Europe (Suisse, Norvège, etc.) que des pays dispersés sur différents continents présentant des degrés de développement très différents (Vietnam, pays d'Amérique du Sud, Caraïbes, etc.).

La région « Reste de l'Union Européenne » (E26) est artificielle et correspond à l'Union européenne à 27 moins la France. Elle regroupe donc les 26 états-membres actuels de l'UE, hors France, sur l'ensemble de la période 2004-2009, y compris la Roumanie et la Bulgarie même si leur adhésion à l'UE ne date officiellement que de 2007.

Tableau 1 : Les zones géographiques distinguées dans la base de données

zones	Pays inclus
FR	France
E26	Union-Européenne à 27 - France
CIS	Russie + Ukraine + pays ex-URSS
CHN	Chine + Taïwan
THA	Thaïlande
EA	Japon + Corée du Sud
SEA	Indonésie + Malaisie + Philippines
SA	Inde + Bangladesh + Pakistan
AUS	Australie
NAF	Algérie + Egypte + Lybie + Maroc + Tunisie
SSA	Afrique sub-saharienne dont Afrique du Sud
USA	Etats-Unis
CAN	Canada
MEX	Mexique
BRA	Brésil
ARG	Argentine
ROW	= MONDE - régions distinguées individuellement

1.2 Les produits pris en compte

Parmi les 39 produits intégrés dans notre base de données, nous distinguons 5 céréales, 7 graines oléagineuses, les pois protéagineux, 8 huiles végétales, 7 tourteaux d'oléagineux, 2 cultures sucrières, le sucre, le biodiesel, l'éthanol, 3 coproduits de la fabrication d'éthanol carburant à partir de céréales (drêches de maïs, de blé et d'autres céréales) et 1 coproduit de la transformation de betterave en sucre ou en éthanol carburant (pulpes de betterave). L'ensemble des produits considérés dans la base ainsi que les variables qui leur sont associées figurent dans le Tableau 2.

¹ Cette désagrégation est fortement inspirée de celle adoptée par le modèle Oleosim, modèle d'équilibre partiel des marchés et des échanges mondiaux de produits de grandes cultures, développé à l'UMR SMART (Dronne, Gautier, Gohin, & Levert, 2003) et utilisé à plusieurs reprises pour l'analyse de l'impact sur les marchés mondiaux du développement des biocarburants dans différentes parties du monde (Dronne, Forslund, Gohin, & Levert, 2009 ; Dronne, Forslund, & Gohin, 2009).

1.2.1 Les céréales

Nous considérons 5 céréales dans le modèle : le blé (incluant blé tendre et blé dur), le maïs, l'orge, le riz et les céréales diverses. Les céréales diverses sont un agrégat de céréales regroupant l'avoine, le millet, le sorgho et le seigle. Les céréales servent à la fois à la consommation humaine, à la consommation animale et à la production d'éthanol carburant.

1.2.2 Les oléagineux

Les graines d'oléagineux sont pour l'essentiel une production intermédiaire : elles subissent une trituration afin de produire des huiles et des tourteaux. Notre base de données couvre les principales graines d'oléagineux : soja, colza, tournesol, coprah, palme et arachide. La palmeraie produit deux huiles, l'huile de palme extraite de la pulpe des fruits et l'huile de palmiste extraite des graines. Un seul tourteau (de palmiste) est ainsi obtenu. Les huiles végétales obtenues par la trituration des graines servent essentiellement à la consommation humaine et les tourteaux à la consommation animale. Les huiles végétales sont également utilisées pour la production de biodiesel.

1.2.3 Les pois protéagineux

Les pois protéagineux sont utilisés en alimentation animale. Ils constituent avec le tourteau de colza et le tourteau de tournesol l'une des principales sources de protéines pour l'alimentation animale, produites domestiquement en France. Leur prise en compte permet de les intégrer dans les assolements français et de considérer explicitement la baisse significative des surfaces dédiées sur la période et libérées pour d'autres usages.

1.2.4 Les cultures sucrières et le sucre

Nous considérons deux cultures sucrières, la betterave et la canne à sucre, qui sont transformées pour devenir du sucre de betterave et du sucre de canne. Ces deux sucres produisent *in-fine* le sucre centrifugé. Tandis que la betterave et la canne peuvent être utilisées à la fois en alimentation humaine et en alimentation animale, le sucre centrifugé est entièrement dédié à la consommation humaine dans notre base. Les deux cultures sont également utilisées dans la fabrication d'éthanol.

1.2.5 Les biocarburants

Parmi les biocarburants, nous distinguons l'éthanol carburant et le biodiesel. Dans le modèle, ces deux carburants sont fabriqués à partir des céréales ou à partir des cultures sucrières considérées pour le premier, à partir des huiles végétales considérées pour le second. Les quantités d'éthanol carburant et de biodiesel fabriquées à partir de matières premières qui ne sont pas intégrées dans notre base (i.e. mélasses ou manioc pour le premier, huiles recyclées ou graisses animales pour le second) sont prises en compte dans les bilans des biocarburants, mais ne se traduisent pas par des utilisations de matières premières.

1.2.6 Les coproduits de l'éthanol

Nous considérons trois types de coproduits liés à l'utilisation des céréales en éthanolerie. Pour chacune des céréales concernées (maïs, blé et autres céréales), l'ensemble des résidus de la transformation en éthanol est réuni sous le terme générique de « drêches » qu'il s'agisse de *distiller's dried grains with solubles* (DDGS) ou de Corn Gluten Feed (CGF) dans le cas du maïs ou encore de drêches de blé ou d'autres céréales. Nous considérons également les pulpes de betteraves, coproduits de la transformation de betterave en sucre ou en éthanol. Les autres coproduits de l'éthanol à partir de canne ou de betterave (mélasse et bagasses) ne sont pas pris en compte dans la version actuelle du modèle et ne sont donc pas considérés dans notre base de données. De même, nous ne considérons pas les coproduits de l'amidonnerie, dont le CGF, pour lesquels des données existent mais ne permettent pas de distinguer les différentes origines (éthanolerie ou amidonnerie), ni la glycérine, coproduit de la production de biodiesel, dont les utilisations industrielles dépassent le cadre d'étude privilégié ici. L'alimentation animale est le débouché unique des coproduits dans notre base.

Tableau 2 : Produits pris en compte et variables associées

prod		AH	YLD	QP	IM	EX	BST	ST	FO	FE	IND	CR	BF	XP
	produits	Surface	Rendement	Production	Importations	Exportations	Stock début	Stock fin	Alim. humaine	Alim. animale	Usages indus.	Trituration	Util. biocarb.	Prix mondial
WT	blé	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
MA	maïs	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x
BA	orge	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
RI	riz	x	x	x	x	x	x	x	x					x
OC	autre céréales	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	(a)
FP	pois protéagineux	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x
RP	graine de colza	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x
SF	graine de tournesol	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x
SB	graine de soja	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x
PAL	graine de palme	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x
GN	graine d'arachide	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x
CN	graine de coprah	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x
CSE	graine de coton	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x
PFB	Régime de palme	x	x	x								x		
RL	huile de colza			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
SFL	huile de tournesol			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
SL	huile de soja			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
PL	huile de palme			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
KL	huile de palmiste			x	x	x	x	x	x	x	x			x
GL	huile d'arachide			x	x	x	x	x	x	x	x			x
CL	huile de coprah			x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
CSL	huile de coton			x	x	x	x	x	x	x	x			x
RM	tourteau de colza			x	x	x	x	x		x	x			x
SFM	tourteau de tournesol			x	x	x	x	x	x	x	x			x
SM	tourteau de soja			x	x	x	x	x	x	x	x			x
KM	tourteau de palmiste			x	x	x	x	x		x	x			x
GM	tourteau d'arachide			x	x	x	x	x	x	x	x			x
CM	tourteau de coprah			x	x	x	x	x	x	x	x			x
CSM	tourteau de coton			x	x	x	x	x		x	x			x
SBE	Betterave à sucre	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	
SCA	Canne à sucre	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	
SU	Sucre centrifugé			x	x	x	x	x	x	x				x
BESU	Sucre de betterave			x										
CASE	Sucre de canne			x										
ET	Ethanol carburant			x	(x)	(x)					x			x
BD	Biodiesel			x	x	x	x	x			x			x
DDGMA	Drêches de maïs			x						x				x
DDGWT	Drêches de blé			x						x				x
DDGOC	Drêches d'autres céréales			x						x				(a)
PULP	Pulpes de betterave			x	x	x				x				x
CT	Fibre de coton			x										x

(x) échanges nets mais détaillés pour la France ; (a) choix d'une céréale représentative

1.3 Les variables considérées

1.3.1 Les bilans emplois-ressources

Pour chaque produit et chaque zone géographique est établi un bilan emplois-ressources qui comprend 7 postes : production (QP), utilisation humaine (FO), utilisation animale (FE), trituration (CR), utilisation pour la production de biocarburants (BF), autres utilisations industrielles (IND), stock de début de campagne (BST), stock de fin de campagne (ST), importations (IM) et exportations (EX). Certains de ces 7 postes peuvent être systématiquement nuls pour certains produits : ce peut-être le cas par exemple de produits qui ne sont jamais utilisés en alimentation humaine et dont la variable FOOD sera donc toujours égale à zéro.

Les postes « **production** », « **stock de début de campagne** », « **stock de fin de campagne** », « **importations** », « **exportations** » concernent tous les produits, à l'exception de l'éthanol et de ses coproduits que l'on suppose non stockés et dont seul le solde commercial (exportations – importations) est renseigné.

L'« **utilisation humaine** » concerne tous les produits à l'exception des biocarburants et des coproduits de la trituration (les tourteaux) et de l'éthanolerie (les drêches et les pulpes) qui sont totalement utilisés en alimentation animale. Les données brutes révèlent toutefois que certaines zones présentent des utilisations de tourteaux en alimentation humaine non nulles. Les faibles tonnages de tourteaux inclus dans ce poste peuvent être assimilés à des farines alimentaires issues des diverses graines oléagineuses. En effet, le poste « utilisation humaine » recense les quantités utilisées en alimentation humaine mais aussi celles utilisées dans diverses industries agroalimentaires (meunerie, maïserie, brasserie, amidonnerie) ainsi que les pertes ou les semences.

L'« **utilisation animale** » concerne tous les produits à l'exception des biocarburants. Une partie des céréales et la quasi-totalité des tourteaux sont utilisés en alimentation animale. L'intégralité des coproduits de l'éthanolerie (drêches de céréales et pulpes de betterave) est utilisée pour nourrir les animaux.

La « **trituration** » concerne les graines oléagineuses transformées en huiles et en tourteaux. Une graine oléagineuse produit un seul type d'huile et un seul type de tourteau. Le cas du complexe palme/palmiste est particulier : du régime de palme sont extraites la pulpe de fruit et la graine de palme. De la pulpe de fruit est extraite l'huile de palme. La graine de palme est triturée et produit de l'huile et du tourteau de palmiste. Pour l'ensemble des graines oléagineuses, les coefficients techniques de transformation des graines en huiles et en tourteaux sont calculés en divisant les quantités produites d'huiles, respectivement de tourteaux, par la quantité correspondante de graines oléagineuses triturées.

L'« **utilisation pour la production de biocarburants** » concerne les céréales et les cultures sucrières pour le bioéthanol et les huiles végétales pour le biodiesel. Pour les deux biocarburants, les quantités de chaque matière première mises en œuvre sont calculées à partir de la production d'éthanol et de biodiesel de chaque zone en appliquant les coefficients de conversion correspondants. Les hypothèses posées et les calculs intermédiaires mis en œuvre pour établir les bilans emplois-ressources des biocarburants et intégrer les quantités de matières premières utilisées pour leur production dans les bilans emplois-ressources des produits considérés dans le modèle sont détaillés dans le chapitre 2 de ce rapport.

Les « **autres utilisations industrielles** » concernent les huiles, les tourteaux, les cultures sucrières et les biocarburants. Pour les huiles, les usages industriels sont les quantités destinées aux industries non-alimentaires (savonneries, pharmacie, peintures, lubrifiants, etc.). Notons que les quantités d'huiles utilisées pour la fabrication de biodiesel ne sont pas comptabilisées dans cette variable mais dans la variable « utilisation pour la production de biocarburants » (BF). Pour les cultures sucrières, sont comptabilisées en tant qu'utilisations industrielles les quantités de sucre de betterave et de sucre de canne transformées en sucre centrifugé. Enfin, pour les biocarburants, les usages industriels correspondent aux quantités destinées au secteur des transports.

1.3.2 Les autres variables

Aux 7 postes des bilans emplois-ressources sont ajoutées les variables « **surface** » (AH) et « **rendement** » (YLD) pour les céréales, les graines oléagineuses, les pois protéagineux et les cultures sucrières. Pour tous ces produits, le rendement est déduit en divisant la production de chaque zone par la surface correspondante.

Le fonctionnement du modèle nécessite également de disposer des prix de chaque produit considéré, au niveau mondial (prix mondiaux : XP). Les prix régionaux (prix à la frontière et/ou prix au producteur et/ou prix au consommateur) de chaque zone sont reliés aux prix mondiaux via les mesures de politiques agricole et commerciale en vigueur dans la zone (cf. chapitre 3 de ce rapport).

Enfin, un ensemble de variables exogènes est également inclus dans notre base. Il s'agit tout d'abord des quantités de viandes (bovine, ovine, porcine, de volailles) produites (MEAT) dans chaque zone. Il s'agit ensuite de la population (POP) et du produit intérieur brut (PIB) de chaque zone et enfin des taux de change (CHANGE), qui permettent d'exprimer les prix internationaux et les prix régionaux en dollars des Etats-Unis ou en monnaies nationales.

1.4 Les sources de données utilisées

Les données utilisées pour établir les bilans emplois-ressources de chaque produit et de chaque zone géographique sont extraites principalement de la base de données PSD (Production Supply and Distribution online), du ministère américain de l'agriculture (USDA). Nous avons choisi cette source car elle offre la meilleure couverture géographique en termes de produits et de période.

Nous avons ensuite complété notre base avec les données des diverses sources de FAOSTAT : la base *Commodity Balances* pour les bilans d'approvisionnement manquants de la betterave sucrière, de la canne à sucre et des pois protéagineux ; la base *ProdStat* pour les surfaces des même produits ainsi que pour le palme et le coprah, la base *PriceStat* pour une partie des prix régionaux à la production, la base *Trade* pour les prix régionaux à la frontière et la base *RessourceStat* land pour les utilisations des terres.

Les bilans emplois-ressources pour la France proviennent des tableaux d'approvisionnement du Ministère en charge de l'agriculture (AGRESTE) disponibles par culture. Ces données sont extrêmement détaillées et complètes et permettent d'isoler les échanges intra et extra communautaires, ainsi que les différents usages industriels (dont les biocarburants) des produits. En revanche, les séries se terminent en 2008 pour les céréales et en 2009 pour les autres produits. Il est donc nécessaire de les compléter avec celles d'Eurostat pour la dernière année afin de couvrir la même période que PSD.

Pour les bilans des biocarburants, l'utilisation de plusieurs sources a été nécessaire, la source principale étant F.O. Licht (divers numéros de la publication World Ethanol & Biofuels Report). Les utilisations de matières premières pour la production de biocarburants sont tirées des publications de l'USDA. Pour la France, nous nous sommes basés sur les données compilées par la société InNuméri, en préalable à cette étude.²

Les prix internationaux proviennent pour la plupart de la revue OilWorld (2011) complétée d'informations provenant de l'USDA. Les prix régionaux proviennent principalement de la base ESP de l'OCDE. Cette base n'étant pas exhaustive, elle est complétée en premier lieu par des prix extraits de la base de données attachée au modèle Aglink/Cosimo de l'OCDE. Les prix régionaux manquants sont extraits de la base *Producer Prices* de la FAO.

Les indicateurs macroéconomiques tels que le PIB, la population et les taux de change sont extraits de la base de données World dataBank de la Banque Mondiale. Les autres variables exogènes telles que les différentes productions de viande proviennent de la base PSD.

² « Analyse rétrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés français et mondiaux (productions agricoles, produits transformés et coproduits) et les changements d'affectation des sols », Rapport final, février 2012.

1.5 Aspects techniques

Dans un souci de traçabilité et de reproductibilité nous avons choisi de travailler sur un programme informatique unique qui dans la mesure du possible traite l'intégralité de la chaîne de la donnée brute, disponible auprès des fournisseurs, à l'intégration dans notre base (extraction, traitement, codage, équilibrage des bilans, etc.).

Nous utilisons le logiciel GAMS ainsi que les différents outils du package Gamstools qui intègrent un puissant format de compression des données, permettant de gérer un volume conséquent d'informations, et qui présentent l'avantage de servir à la fois à l'écriture du modèle et à la réalisation des simulations.³

Deux types de données sont utilisés :

- celles produites par des institutions nationales ou internationales (Eurostat, USDA, FAO, OCDE, etc.) téléchargeables en bloc sur internet : dans ce cas nous avons organisé l'ensemble de la chaîne de traitement dans l'environnement GAMS.⁴
- celles extraites de sources variées et nécessitant un traitement en amont avant d'être intégrées dans la base. Dans ce cas, l'ensemble des données sources et les traitements réalisés sous tableurs sont également soigneusement conservés.

L'environnement de travail permet ensuite de retracer toute les étapes de recodage des données, d'équilibrage des différents bilans et d'épuration de la base de données.

L'important volume de données chargé dans l'outil, bien supérieur aux besoins du modèle, présente en outre l'avantage d'une souplesse d'utilisation pour modifier la couverture géographique, temporelle et produit de notre base de données.

³ Gamstools est un ensemble de développements logiciels autour de GAMS réalisés par des chercheurs du LEI (NL). Ils sont disponibles librement à l'adresse <http://www3.lei.wur.nl/gamstools/>

⁴ L'ensemble des procédures utilisées est repris dans le document « *Procédures d'extraction et d'intégration des données dans le modèle MATSIM-LUCA* » disponible auprès des auteurs.

2 Détail de construction de la base

L'objectif de ce chapitre est de décrire pour chaque type de données les sources utilisées, les règles de codage, les hypothèses posées et les règles d'équilibrage choisies. Nous nous intéressons d'abord à l'établissement des équilibres emplois-ressources pour les différentes zones et les différents produits agricoles. Nous détaillons ensuite le traitement et l'intégration des données concernant les biocarburants et l'utilisation dérivée de matières premières. Enfin nous terminons en passant en revue les autres données nécessaires au fonctionnement du modèle.

2.1 Les bilans emplois-ressources des produits agricoles

Pour chacun des produits et chacune des zones considérés, nous devons reconstituer des bilans équilibrés entre les principaux postes de disponibilités et d'utilisations. L'essentiel des données provenant de bases publiques (disponibles sur internet) collectées par des organismes dont la finalité n'est pas forcément la modélisation, les bilans emplois-ressources par produit et par zone ne sont pas forcément équilibrés. Un certain nombre d'interventions sur ces données statistiques et de règles d'équilibrage des bilans sont par conséquent nécessaires afin de constituer un ensemble cohérent et homogène de données utilisables en modélisation.

Le principe est de reproduire pour chaque produit et chaque zone l'équilibre suivant :

$$QP_i + IM_i + BST_i = QC_i + EX_i + ST_i \quad \text{avec} \quad (1)$$

$$QC_i = FO_i + FE_i + CR_i + IND_i + BF_i \quad (2)$$

Avec pour rappel *QP* la production, *IM* les importations, *BST* les stocks de début, *QC* la consommation, *EX* les exportations, *ST* les stocks de fin, *FO* l'alimentation humaine, *FE* l'alimentation animale, *CR* la trituration, *IND* les utilisations industrielles, *BF* les utilisations pour biocarburants et *i*, l'ensemble des produits agricoles constitué des différentes céréales (*ce*), du riz (*r*), des pois protéagineux (*fp*), des graines oléagineuses (*os*), des huiles oléagineuses (*ol*), des tourteaux oléagineux (*om*), des deux cultures sucrières, canne et betterave (*sup*) et du sucre centrifugé (*su*).

Selon les produits considérés, seuls les postes de consommation pertinents sont représentés (cf. Tableau 2). L'ensemble des utilisations plus marginales regroupant notamment les utilisations de graines pour les semences ou encore les pertes sont regroupées dans la variable la plus importante, *FO* de manière générale, *FE* pour les tourteaux ou *IND* pour les cultures sucrières. Les utilisations de matières premières pour la production de biocarburants sont toujours représentées quand l'information est disponible mais sont intégrées dans un second temps à partir des bilans des biocarburants traités dans la section suivante.

Nous traitons cette section en cinq temps. Dans une première étape nous détaillons la construction des bilans emplois-ressources pour les différentes zones du monde, y compris l'UE. Dans un second temps nous précisons comment sont construits ces bilans emplois-ressources pour la France. Dans un troisième temps nous expliquons comment sont reconstitués les bilans pour la zone Union Européenne sans la France (reste de l'UE : E26). Dans un quatrième temps, nous présentons la procédure utilisée pour équilibrer les bilans emplois-ressources au niveau mondial. Enfin, dans un dernier temps, nous nous intéressons au traitement des cas particuliers que sont le complexe palme/palmiste et le complexe coton graine/fibre.

2.1.1 Les bilans emplois-ressources par zone

Pour la plupart des produits, la donnée de référence est issue de PSD. Le programme informatique établit donc des règles de correspondance entre les produits, respectivement les zones géographiques, identifiés dans PSD et les produits, respectivement les zones géographiques, considérés dans notre modèle. De la même façon, le programme informatique affecte les variables brutes de PSD aux variables que nous avons définies, sur lesquelles repose notre modèle (ces règles de correspondance sont rapportées dans le Tableau 3). Ainsi par étapes successives sont mises en

correspondance les informations du produit concerné, de la zone et de l'attribut entre la base PSD et notre base de données. En dernière étape, la zone « Reste du monde » (ROW) est créée par solde entre la région Monde de PSD (totaux mondiaux) et les zones géographiques considérées dans notre modèle.

Tableau 3 : Correspondance entre les attributs PSD et ceux de notre base de données

Attribut	Attribut_PSD	Label_PSD
AH	004	Area harvested (1000 ha)
QP	028	Production (1000 MT)
IM	057	Imports (1000 MT)
EX	088	Exports (1000 MT)
ST	176	Ending Stocks (1000 MT)
CR	007	Crush (1000 MT)
FE	130+161	Feed Dom. Consumption + Feed Waste Dm. Cn. (1000 MT)
IND	140	Indus. Dom. Consumption (1000 MT)
$FO_{i \neq su, ri}$	149+192	Food Use Dom. Consumption + Food, Seed, industrial Consumption (1000 MT)
$FO_{i=su}$	126	Total disappearance (1000 MT)
$FO_{i=ri}$	125	Dom. Consumption (1000 MT)

La variable de stock initial n'étant jamais disponible, celle-ci est recalculée à partir du stock final de l'année précédente.

Pour le pois et les cultures sucrières, les données de bilan ne sont pas disponibles dans PSD et sont extraites de la base *Commodity Balances* de la FAO. Le tableau 4 présente les règles de correspondance entre les attributs de la base FAO et les nôtres.

Tableau 4 : Correspondance entre les attributs de bilan de la FAO et ceux de notre base de données

Attribut	Attribut_FAO	Label_FAO
AH	nd	nd
QP	51	Production Quantity (tonnes)
IM	61	Import Quantity (tonnes)
EX	91	Export Quantity (tonnes)
FE	101	Feed (tonnes)
$FO_{i \in sup}$	141+111+121+151	Food + Seed + Waste + Other Util (tonnes)
$FO_{i \in fp}$	141+111+121+151+131	Food + Seed + Waste + Other Util + Processed (tonnes)
IND	131	Processed (tonnes)

Les données *Commodity Balances* de la FAO présentent cependant certains inconvénients :

- elles ne couvrent pas les superficies (qui sont alors extraites de la base *ProdStat* de la FAO) ;
- elles ne fournissent que les variations de stocks : nous choisissons donc de mettre à zéro les niveaux de stocks des cultures sucrières, les variations de stocks fournies par les *commodity balances* de la FAO pour ces produits étant intégrées dans leur bilan via l'ajustement correspondant de la variable FO. Si le niveau de FO devient négatif alors il est mis à 0 et c'est le niveau de production (QP) qui est ajusté. Pour le pois, nous affectons une valeur fictive de stock initial pour chaque zone en 2004 que nous choisissons afin de garantir que le stock ne tombe pas en dessous de 0 suite à l'application, chaque année, de la variation de stock fournie dans les données ;
- elles ne sont disponibles que jusqu'en 2007. Pour les cultures sucrières, nous fixons les niveaux des variables pour les années 2008 à 2009 à leur niveau de 2007. Pour le pois, nous poursuivons la tendance observée au cours des années 2004 à 2007.

Les données concernant le sucre centrifugé proviennent également de PSD. Les données sur la production de sucre de betterave et de sucre de canne étaient disponibles dans les versions précédentes de PSD (jusqu'en 2010) mais ne le sont plus au moment de l'écriture de ce rapport. Nous utilisons donc les ratios de répartition entre les deux types de sucre, calculés pour chaque zone à

partir de l'ancienne base en notre possession, pour recalculer les productions de sucre de betterave et de sucre de canne à partir de la production totale de sucre centrifugé. Nous pouvons dès lors déterminer les coefficients de transformation de la betterave et de la canne en sucre en divisant la production de sucre de betterave (respectivement de canne) par les usages industriels correspondants (i.e., hors biocarburants) de betteraves (respectivement de canne).

A partir des données récoltées nous recalculons les rendements et les différents coefficients techniques de transformation :

- les rendements des cultures ;
- les coefficients techniques de transformation des graines oléagineuses en huile et en tourteaux ;
- les coefficients techniques de transformation des cultures sucrières en sucre de betterave et sucre de canne.

2.1.2 Les bilans emplois-ressources pour la France

Les données de bilan pour la France sont reconstituées à partir des bilans d'approvisionnement publiés chaque année par le Ministère en charge de l'agriculture sur le site Agreste. De manière générale, le niveau de détail est supérieur à celui des données provenant d'autres sources supra-nationales et il convient donc de procéder à des agrégations afin d'obtenir le plus petit dénominateur commun.

Tableau 5 : Correspondance des attributs avec les attributs de bilan Agreste

Attribut	Code Agreste	Attribut bilans Agreste
AH		superficie (1000 ha)
QP	12	production utilisable (1000 t)
IM	20	importations (1000 t)
IME26	25	dont intra UE (1000 t)
IMEE26	=20-25	importations – intra UE (1000 t)
BST	100	stocks de début (1000 t)
EX	30	exportations (1000 t)
EXE26	35	dont intra UE (1000 t)
EXEE26	=30-35	exportations – intra UE (1000 t)
ST	40	stocks finaux (1000 t)
FE	55	alimentation animale (1000 t)
$IND_{i \in ol, om}$	60	usages industriels (1000 t)
$IND_{i \in sup}$	=60+65	usages industriels + transformation (1000 t)
$FO_{i \in ce}$	=51+53+60+65+70	semences + pertes + usages industriels + transformation + consommation humaine (1000 t)
$FO_{i \in os}$	=51+53+70	semences + pertes + consommation humaine (1000 t)
$FO_{i \in ol}$	=53+60	pertes + transformation + consommation humaine (1000 t)
$FO_{i = fp}$	=51+53+60+65+70	semences + pertes + usages industriels + transformation + consommation humaine (1000 t)
$FO_{i \in sup}$	=53+70	pertes + consommation humaine (1000 t)
$FO_{i = su}$	=53+65+70	pertes + usages industriels + consommation humaine (1000 t)
$CR_{i \in os}$	65	transformation (1000 t)

Les données d'Agreste sont exprimées en année campagne, du 1^{er} juillet au 30 juin, tandis que les données de PSD et de FAOSTAT sont rapportées en année calendaire. Bien qu'il existe un décalage entre les valeurs des données exprimées en année campagne et celles correspondant à l'année calendaire, nous avons fait le choix d'établir la règle de correspondance suivante pour harmoniser les données françaises à celles des autres zones : les données d'Agreste pour la campagne 1^{er} juillet année t – 30 juin année t+1 sont attribuées à l'année calendaire t. Le biais résultant de cette règle est probablement peu important pour les données de production, la grande majorité des récoltes en France ayant lieu entre le mois de juillet et la fin de l'année, il est certainement plus important pour les autres variables.

En ce qui concerne les échanges, Agreste fait la distinction entre les échanges intra et extra communautaires, que nous avons enregistré sous les attributs IME26, IMEE26, EXE26 et EXEE26

en gardant cependant les attributs classiques d'export et import, communs à toutes les zones géographiques du modèle.

2.1.3 Intégration de la France et construction de la zone reste de l'Europe

La zone E26 (reste de l'UE) couvre l'UE à 27 moins la France. Cette zone est créée en soustrayant pour chaque variable les quantités françaises aux quantités de l'UE-27. Ce traitement conduit néanmoins à quelques incohérences qu'il nous faut corriger. La règle que nous avons suivie est de conserver, dans la mesure du possible, les données françaises intactes et d'ajuster les données du reste de l'UE. Ainsi :

- les données françaises intègrent la canne à sucre produite en outre-mer, cette dernière n'étant pas comptabilisée dans les autres bases. Nous corrigeons donc les données européennes ainsi que les données pour le total monde en conséquence ;
- l'usage industriel de sucre de la France est intégré à la variable FO ;
- les utilisations d'huiles de colza et de tournesol en alimentation animale répertoriées pour la France sont supérieures à celles notifiées dans PSD pour l'UE-27. Nous affectons donc une valeur nulle à la variable FE de la zone E26 et réduisons sa variable FO du solde ;
- les données françaises indiquent un usage de riz pour l'alimentation animale, tandis que cette variable est nulle pour l'UE-27 dans PSD. Nous affectons cette utilisation à la variable FO pour la France afin d'être cohérent avec les données européennes.

Les échanges de la zone E26 sont calculés de la manière suivante :

- si les données d'exportations extra-UE de la France sont supérieures aux exportations totales de l'UE-27, on affecte à ces dernières, le niveau des exportations extra-UE de la France ;
- dans le cas contraire, les exportations totales de la zone E26 sont calculées comme suit : exportations totales de l'UE-27 moins exportations extra-UE de la France plus importations intra-UE de la France.

Les importations de la zone E26 sont traitées de manière similaire.

Enfin, lorsque le calcul des stocks du E26 conduit à des valeurs négatives, ces derniers sont mis à 0 et la variable d'ajustement correspondante est modifiée (cf. infra).

2.1.4 Equilibrage au niveau mondial

Lorsque toutes les données sont rassemblées, que les utilisations pour les biocarburants sont intégrées (cf. section suivante), que les zones France et E26 sont créées, la confrontation de la somme des postes d'emplois à la somme des postes de ressources, par produit et par zone géographique révèle que les équilibres (i.e., l'équation (1)) ne sont pas toujours vérifiés.

L'équilibrage des bilans se fait alors produit par produit pour chaque zone. La variable d'ajustement choisie est la variable FO pour tous les produits exceptés pour les tourteaux pour lesquels la variable choisie est la variable FE, et pour le sucre où il s'agit d'IND. Lorsque le solde du bilan d'un produit dans une zone n'est pas nul, la variable d'ajustement est modifiée pour garantir l'équilibre. Ainsi, chaque zone respecte l'équilibre du bilan pour chaque produit ce qui implique que l'équilibre est aussi garanti pour chaque produit au niveau mondial.

Finalement, nous procédons à une épuration de la base de données après une série de tests nous permettant de détecter des anomalies, tels de très petits acteurs sur certains marchés pouvant générer des coefficients techniques aberrants, ou des productions d'huiles ou de tourteaux positives sans trituration de graines oléagineuses par exemple.

2.1.5 Les cas particuliers : palme/palmiste et coton graine/fibre

2.1.5.1 Le complexe palme/palmiste

Pour une bonne représentation du palme dans le modèle et notamment pour une représentation correcte de l'activité de production agricole des palmeraies, nous introduisons de manière artificielle le régime de fruit de palme dans les données.

Il n'existe pas de statistiques agrégées fournissant des données sur les volumes de production de régime de palme. Les seules données dont nous disposons proviennent de la base PSD qui nous fournit les superficies des palmeraies et la production correspondante de graines de palmiste.

Nous considérons qu'une production d'une tonne de graine de palmiste correspond à 19 tonnes de régime de palme. Ce ratio provient des valeurs moyennes observées pour la Malaisie d'après le Malaysian Palm Oil board (MPOB)⁵ et est confirmé pour l'Afrique par un document de la FAO (FAO, 2002) qui indique que le poids de la graine de palmiste représente entre 5 et 7 % du poids du régime de fruit.

Nous considérons ensuite que tout le palme est trituré à l'intérieur du pays et qu'il n'y a pas d'échanges internationaux de régimes de fruit. La trituration des fruits fournit donc l'huile de palme (non raffinée) et la graine de palmiste pour lesquelles les statistiques sont disponibles. La graine de palmiste peut être échangée et elle fournit l'huile de palmiste, aux propriétés proches de l'huile de coprah et un tourteau valorisé en alimentation animale.

Concernant les prix, nous disposons des prix mondiaux des huiles (palme et palmiste) et du tourteau de palmiste qui font l'objet de cotations au niveau des importations dans le Nord-ouest de l'Europe. Pour la graine de palmiste et le régime de palme nous considérons les prix aux producteurs en Malaisie, fournis par le MPOB.⁶ Le prix du régime de palme étant celui d'une tonne de régime à 1% de teneur en huile, nous multiplions pour chacune des zones ce prix par le ratio de la production d'huile de palme sur la production de régimes de fruit.

Ainsi en 2009, un hectare de palmeraie en Asie du Sud-Est produit 22 tonnes de régimes de palme vendus au prix de 121 \$/T (soit une valeur de la production égale à 2 662 \$/ha). La trituration de ces 22 tonnes fournit 4,4 tonnes d'huile de palme vendue au prix de 807 \$/T et 1,15 tonne de graines de palmiste vendues au prix de 304 \$/T.

2.1.5.2 Le complexe coton graine/fibre

Dans le modèle MATSIM LUCA, le coton est représenté au travers de sa graine qui produit une huile et un tourteau.

Pour modéliser correctement les décisions du producteur de coton, il est toutefois nécessaire de considérer que le produit principal de la culture du coton n'est pas la graine mais la fibre qui constitue l'essentiel du revenu du producteur. Même si la fibre n'est pas prise en compte dans le modèle, nous avons besoin des données concernant la valeur de la production générée par la fibre de coton, afin d'intégrer cette recette dans le profit du producteur de coton.

La recette générée par la fibre de coton est représentée, dans le modèle, par une variable (*fibrent*) qui mesure la valeur générée par la fibre de coton rapportée à une unité de production de graine.

Notre base de données intègre donc les statistiques de production de fibre de coton issues de la base PSD ainsi que le prix américain à la production de la fibre de coton fourni par l'USDA-ERS. Ainsi, en 2009, un hectare de coton aux Etats-Unis produit 0,871 tonne de fibre de coton vendue à 1301 \$/T et 1,24 tonne de graines de coton vendues à 250 \$/T.

⁵ http://econ.mpob.gov.my/economy/annual/stat2010/PDF_STAT_10/AREA/Area1_17.pdf

⁶ http://econ.mpob.gov.my/economy/annual/stat2010/PDF_STAT_10/PRICES/Prices5_1.pdf

2.2 L'intégration des biocarburants dans la base

L'intégration des utilisations des matières premières agricoles pour la production de biocarburants dans notre base passe d'abord par l'établissement des bilans emplois-ressources des biocarburants pour toutes les zones considérées dans notre modèle. Les quantités de chaque matière première mises en œuvre peuvent ensuite être calculées à partir des productions de biocarburants et des coefficients de conversion des différentes matières premières, moyennant des informations ou des hypothèses sur la répartition de la production (de biocarburants) entre ces différentes matières premières dans chaque zone.

2.2.1 Le bilan des biocarburants

Comme pour les autres produits de la base, il s'agit pour les biocarburants de reproduire l'équilibre suivant :

$$QP_i + IM_i + BST_i = QC_i + EX_i + ST_i$$

Avec QP la production, IM les importations, BST les stocks de début, QC la consommation⁷, EX les exportations, ST les stocks finaux et i = biodiesel, éthanol.

Les bilans des biocarburants par zone ou pays considérés dans le modèle sont établis principalement à partir des données F.O. Licht⁸.

Pour le biodiesel, F.O. Licht fournit un bilan mondial complet et détaillé par grand pays ou zone producteurs. Ce bilan comprend la production⁹, la consommation, les stocks de début et de fin d'année ainsi que les exportations et les importations sur la période 2005-2012.

Pour l'éthanol carburant, les bilans par zones sont moins détaillés car ils ne distinguent l'éthanol carburant de l'éthanol « total » (incluant l'éthanol alimentaire, pharmaceutique, etc) que pour la production et la consommation. Ni les données sur les stocks, ni celles sur les échanges d'éthanol carburant ne sont donc disponibles. Nous disposons cependant des données détaillées par grand pays producteur pour la production et la consommation d'éthanol carburant sur toute la période d'étude : 2004-2010¹⁰.

Les données pour les biocarburants en France ont déjà fait l'objet d'une étude spécifique par la société InNuméri¹¹. Nous utilisons ces données pour établir les bilans du biodiesel et de l'éthanol carburant pour la France en les complétant si besoin (pour certaines années notamment) par d'autres sources. La démarche utilisée est détaillée ci-après pour la France et pour l'Union Européenne, le bilan des autres zones du modèle est ensuite présenté plus brièvement.

2.2.1.1 La France

- Le biodiesel

Pour la France, les données utilisées pour le bilan du biodiesel (production, consommation, importations et exportations) sont fournies par InNuméri pour la période 2004-2009¹². Ne disposant pas des échanges détaillés pour 2004, nous avons utilisé le solde commercial net¹³ en considérant des importations nulles pour cette année.

⁷ Le terme consommation de biocarburants correspond ici aux quantités destinées à être utilisées dans le secteur des transports (égales aux usages industriels de biocarburants dans notre base).

⁸ F.O Lichts est une publication de la société *informa Agra* basée au Royaume-Unis qui produit une veille sectorielle des industries agroalimentaires. Notre support d'information est la revue *World Ethanol & Biofuels Report* qui fournit notamment des données sur le secteur des biocarburants ainsi qu'un service *Ask the analyst* qui nous a fourni directement certaines données.

⁹ La production de biodiesel est particulièrement détaillée, notamment par pays européen, alors que les autres postes du bilan regroupent les pays européens dans la zone UE.

¹⁰ Nous avons essayé dans la mesure du possible de reconstituer les bilans des biocarburants aussi pour 2010, même si cette année ne fait pas partie de la période d'étude considérée ici (2004-2009).

¹¹ Rapport final d'InNuméri du 2 janvier 2012.

¹² Cf Tableau 91 « série retenue » page 83 annexe 4.2 du rapport final InNuméri (2012). Pour l'année 2004, nous avons complété par les tableaux 9 (page 22, consommation de biodiesel en France) et 19 (page 27, production de biodiesel en France) du rapport final d'InNuméri.

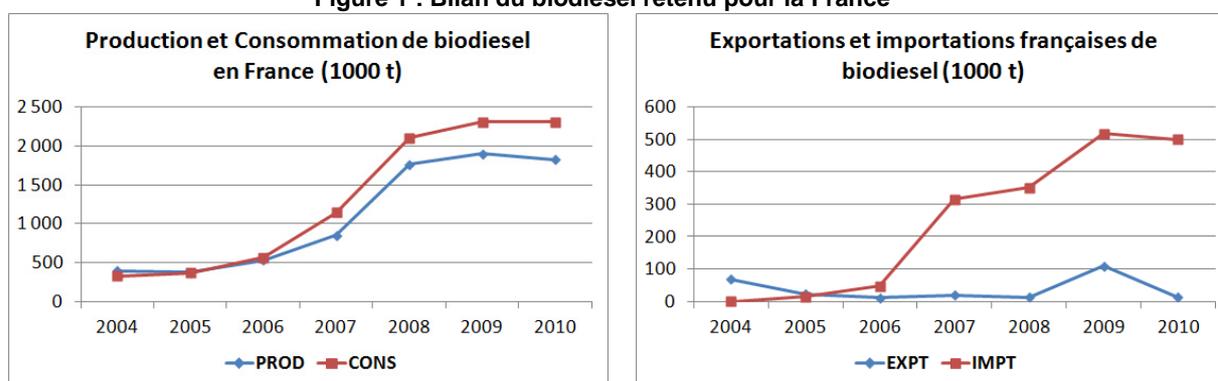
¹³ tableau 12, page 24 du rapport final d'InNuméri (2012).

Tableau 6 : Bilan du biodiesel retenu pour la France

1000 t	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Production	393	376	531	849	1 766	1 902	1 821,8
Consommation	323,9	368	567	1 145	2 104	2 310	2 310
Exportations	69,1	22	11	19	13	110	12,4
Importations	0	14	47	315	351	518	500,6

Source : InNuméri pour 2004-2009, calculs à partir de F.O. Licht et l'USDA pour 2010

Les séries de production et de consommation fournies par InNuméri s'arrêtant en 2009, les tonnages pour 2010 sont calculés à partir des séries de production et de consommation fournies pour la France par l'USDA¹⁴ en appliquant le même taux de variation entre 2009 et 2010. La même démarche a été utilisée pour les exportations et les importations, mais à partir des données fournies par F.O. Licht¹⁵, les échanges n'étant pas détaillés par pays par l'USDA. Les importations ont été corrigées à la hausse (de 42 000 tonnes) pour équilibrer le bilan en 2010.

Figure 1 : Bilan du biodiesel retenu pour la France

Source : InNuméri, FO Licht, USDA

Afin de pouvoir déduire les échanges de la zone Reste de l'UE (E26), nous devons distinguer les échanges de biodiesel entre la France et l'UE d'une part et la France et les pays hors UE d'autre part.

InNuméri fournit en partie cette information pour 2008 et 2009 (cf les tableaux ci-après). Selon InNuméri, le « total général » des 2 tableaux ci-dessous correspond aux échanges « officiels » de la France. La différence entre les importations « officielles » du Tableau 7 et les importations figurant dans le bilan du biodiesel reproduit ci-dessus correspond donc à des importations « détournées ». Ces importations sont constituées principalement de B99 et de B19 (mélanges constitués respectivement de 99% et de 19% de biodiesel avec du carburant d'origine fossile) et proviennent principalement du Canada¹⁶.

Tableau 7 : Importations françaises de biodiesel par pays

Importations de biodiesel	2008	2009	2010
1000 t			
Allemagne	133,1	55,1	96,4
Italie	86,5	92,1	88,9
Belgique	70,7	84,4	33
Pays Bas	8,4	26,3	28,2
Espagne	20	30,4	21,3
sous total	318,7	288,2	267,7
total général	324,3	308,1	272,8

Tableau 8 : Exportations françaises de biodiesel par pays

Exportations de biodiesel	2008	2009	2010
1000 t			
Allemagne	1,8	1,4	1,4
Italie	8,6	93,4	8,2
Belgique	0,2	0,1	0,5
Royaume Uni	0,4	0,2	0,8
Luxembourg	0,4	0,6	0,4
sous total	11,5	95,7	11,4
total général	13,2	108,9	12,3

¹⁴ FAS, Biofuels Annual UE-27 (2011-1).

¹⁵ World Ethanol & Biofuels Report, numéro du 15 mars, 2011.

¹⁶ Page 83 du rapport final d'InNuméri (2012).

Source : InNuméri

Sur la période 2008-2010, nous avons donc considéré comme importations provenant de l'UE la somme des importations françaises de biodiesel en provenance d'Allemagne, d'Italie, de Belgique, des Pays Bas et d'Espagne (Tableau 7), et comme importations provenant des pays hors UE le solde restant. Pour déduire les exportations françaises vers les pays de l'UE, nous appliquons le ratio « sous total »/ « total général » du Tableau 8 aux exportations totales de biodiesel figurant dans le bilan du biodiesel de la France (Tableau 6).

Ne disposant d'aucune information sur la répartition des échanges avant 2008, nous avons distingué les échanges avec les pays de l'UE en retenant la même répartition qu'en 2008, soit 98%¹⁷ des importations totales de biodiesel françaises provenant des pays de l'UE entre 2005 et 2007 et 87% des exportations totales françaises allant vers les pays de l'UE sur la période 2004-2007.

Le résultat de ces hypothèses est détaillé dans le tableau ci-après.

Tableau 9 : Echanges de biodiesel entre la France et l'UE

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Exportations vers l'UE	60,2	19,2	9,6	16,6	11,3	96,6	11,5
Exportations hors UE	8,9	2,8	1,4	2,4	1,7	13,4	0,9
Total exportations	69,1	22	11	19	13	110	12,4
Importations de l'UE		13,8	46,2	309,5	318,7	288,2	267,7
Importations hors UE		0,2	0,8	5,5	32,3	229,8	232,9
Total importations		14	47	315	351	518	500,6

Source : InNuméri, calculs des auteurs

- L'éthanol carburant

Les données du bilan français de l'éthanol carburant proviennent d'InNuméri pour la période 2004-2009¹⁸. Ces données comprennent l'éthanol carburant utilisé dans son état brut ainsi que l'éthanol utilisé dans la production d'ETBE (éther éthyle tertibutyle)¹⁹.

Les données InNuméri s'arrêtant en 2009, la série est complétée en appliquant le même taux de variation entre 2009 et 2010 que celui calculé à partir des données fournies par l'USDA²⁰ pour la production et la consommation d'éthanol carburant en 2009 et 2010. Nous avons recalculé les exportations et les importations pour 2010 en soustrayant aux exportations 2009 la diminution de la production entre 2009 et 2010 et en considérant les importations constantes entre les deux années (comme la consommation).

Tableau 10: Bilan de l'éthanol carburant retenu pour la France

1000 t	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Production	80,4	116,7	231,6	426,3	589,4	620,5	581,7
Consommation	80,4	116,7	231,6	426,3	642,7	636,4	636,4
Exportations	0	0	0	0	58,2	171,3	132,5
Importations	0	0	0	0	111,6	187,2	187,2

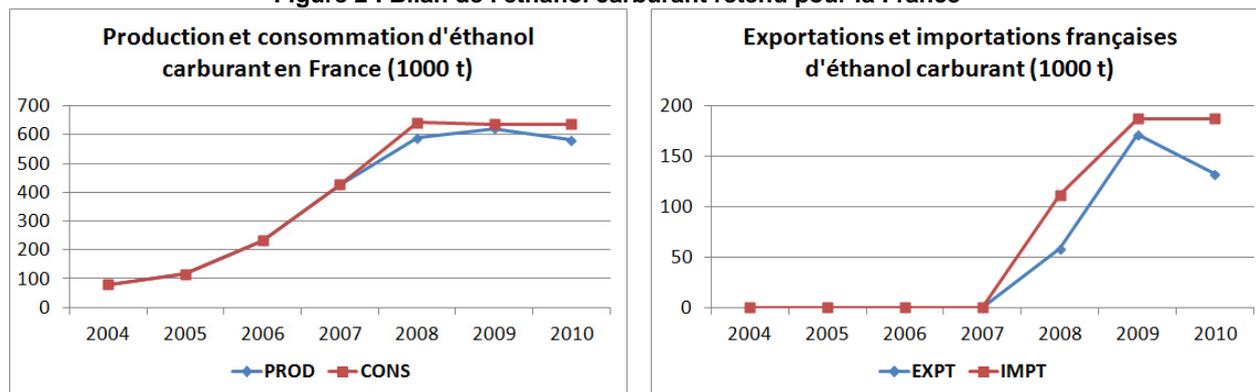
Source : InNuméri pour 2004-2009, calculs à partir de l'USDA pour 2010

¹⁷ 98% correspond à la part des importations de biodiesel provenant de l'UE dans les importations officielles en 2008.

¹⁸ tableau 10 page 23, tableau 15 page 25, tableau 20 page 28 et l'annexe 4.15 du rapport final d'InNuméri. L'estimation de la production d'éthanol est faite par InNuméri à partir de la consommation en tenant compte des échanges extérieurs d'ETBE (en équivalent éthanol) à partir de 2008. Les données de SOeS ont été retenues.

¹⁹ L'ETBE est un additif pour carburant constitué de 49,75% d'éthanol, plus facile à mettre en œuvre techniquement que l'éthanol brut.

²⁰ FAS, Biofuels Annual UE-27, 2011.

Figure 2 : Bilan de l'éthanol carburant retenu pour la France

Source : InNuméri, USDA, calculs des auteurs

Comme pour le biodiesel, pour déduire la zone reste de l'UE (E26), nous devons distinguer les échanges d'éthanol de la France avec les pays de l'UE des échanges avec les pays hors UE.

Les échanges d'éthanol carburant ne sont connus dans les statistiques que depuis 2008 et lorsqu'ils prennent la forme d'ETBE. Les échanges d'ETBE de la France sont fournis par InNuméri par principal pays partenaire sur la période 2008-2010 et sont repris dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 11 : Importations françaises d'ETBE par pays

ETBE par pays (équivalent éthanol, 1000 t)	2008	2009	2010
Pays Bas	98,8	154,3	124,3
Etats-Unis	0	15,2	29,1
Belgique	1,2	0,6	5,9
Allemagne	3,1	0	2
sous total	103,1	170,2	161,3
total général	110,6	176,4	161,3

Source : InNuméri

Tableau 12 : Exportations françaises d'ETBE par pays

ETBE par pays (équivalent éthanol, 1000 t)	2008	2009	2010
Espagne	0	11,4	34,4
Italie	54,4	70,3	27,5
Roumanie	0	26,3	20,3
Allemagne	0	0	0
sous total	54,4	108	82,2
total général	55	108,1	82,2

Source : InNuméri

Selon InNuméri, la France étant exportatrice nette d'éthanol (tout éthanol confondu) il n'y a pas d'importations d'éthanol carburant autre que sous forme d'ETBE.

A la fois pour les exportations et les importations d'ETBE, nous ne retrouvons pas exactement les mêmes chiffres que ceux des échanges dans le bilan français de l'éthanol carburant (Tableau 10). Nous considérons que le solde (la différence entre les échanges d'ETBE en équivalent éthanol dans les tableaux 11 et 12 ci-dessus et les échanges du bilan de l'éthanol carburant pour la France) équivaut aux échanges avec les pays hors UE²¹.

²¹ Cette méthode risque de surestimer les échanges d'éthanol carburant avec les pays hors UE. Une méthode alternative serait d'appliquer la même répartition entre pays UE et hors UE que celle des échanges d'éthanol total (tout éthanol confondu).

Tableau 13 : Echanges d'éthanol carburant entre la France et l'UE

	2008	2009	2010
Exportations vers l'UE	54,4	108	82,2
Exportations hors UE	3,8	63,3	50,3
Total exportations	58,2	171,3	132,5
Importations de l'UE	103,1	155	132,2
Importations hors UE	8,5	32,2	55
Total importations	111,6	187,2	187,2

Source : InNuméri, calculs des auteurs

2.2.1.2 L'Union Européenne à 27

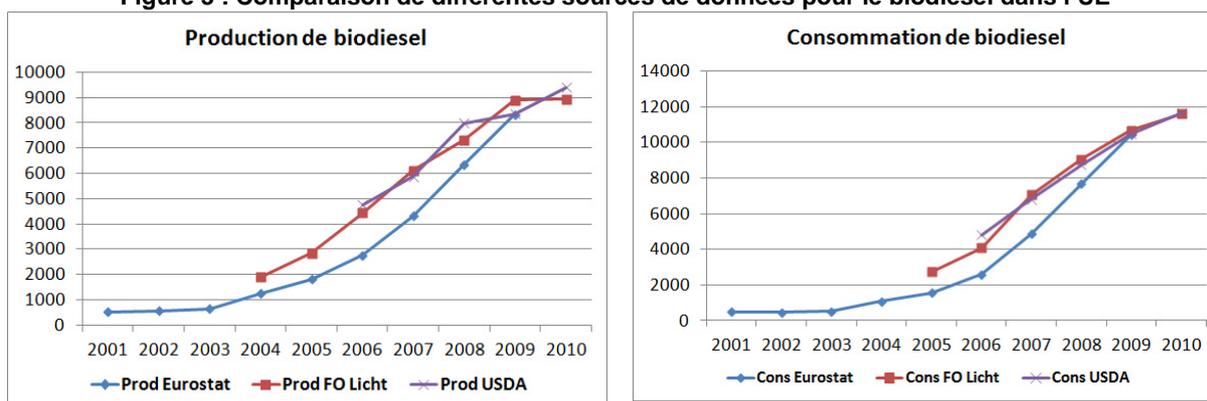
Nous présentons ici d'abord le bilan des biocarburants pour la zone Union Européenne à 27 avant d'en déduire la zone reste de l'UE (E26), c'est-à-dire l'UE à 27 moins la France, intégrée dans notre base.

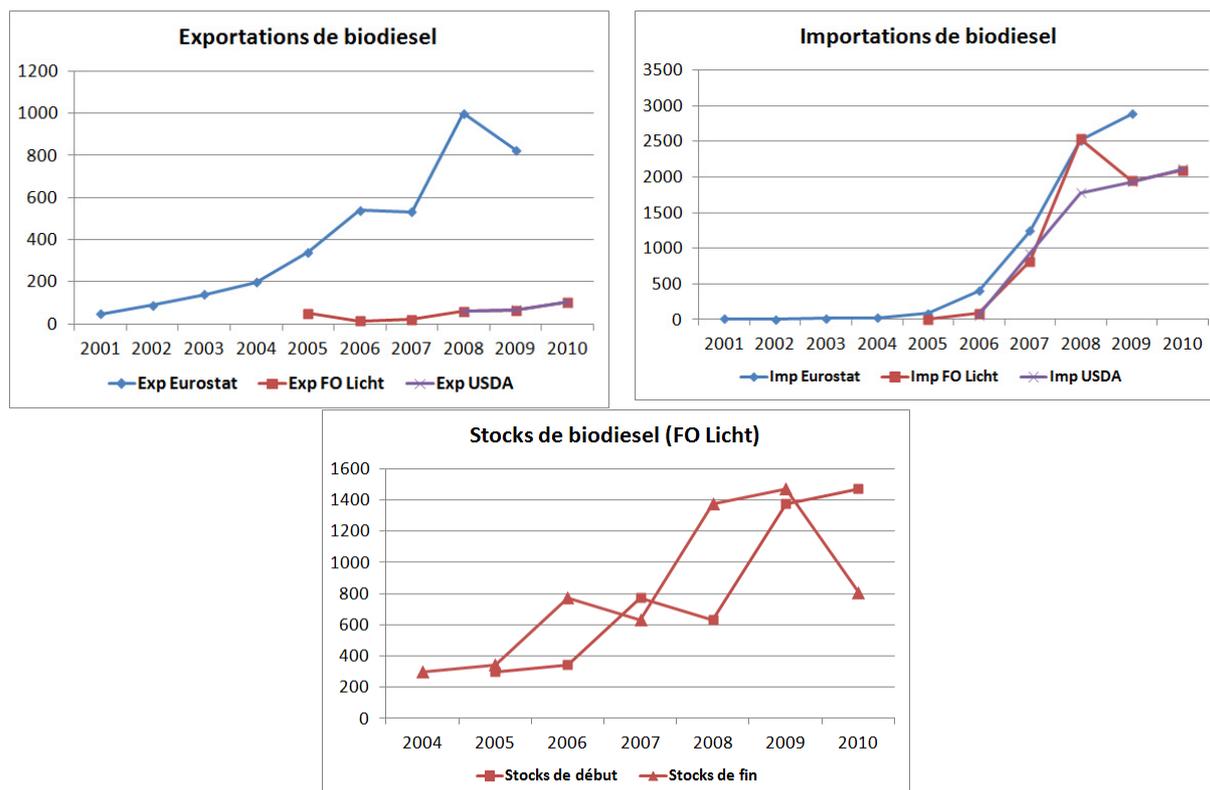
Pour construire le bilan des biocarburants de l'Union Européenne, nous disposons de trois sources de données différentes à la fois pour le biodiesel et pour l'éthanol carburant.

- Le Biodiesel

Pour le bilan du biodiesel de l'Union Européenne, nous avons comparé notre source principale F.O. Licht à des données provenant d'Eurostat et de l'USDA. Nous observons des différences assez importantes entre les trois sources.

Sur toute la période, à l'exception de 2009, F.O. Licht et USDA donnent un niveau de production et de consommation de biodiesel supérieur à celui d'Eurostat. En revanche les données sur les exportations fournies par Eurostat sont très supérieures à celles de F.O. Licht et USDA. F.O. Licht est le seul à fournir des statistiques sur les stocks.

Figure 3 : Comparaison de différentes sources de données pour le biodiesel dans l'UE



Source : F.O. Licht, USDA, Eurostat

Pour ne pas sous-estimer la production de biodiesel dans l'UE (et l'utilisation des matières premières agricoles pour cette production), et par cohérence avec les autres zones, nous avons choisi de retenir les données F.O. Licht. De plus, le niveau de production de biodiesel indiqué par F.O. Licht est confirmé par le European Biodiesel Board (EBB).

Ce choix nous confronte cependant à un problème de cohérence sur les échanges qui se répercute sur l'équilibre du bilan mondial. En effet, les exportations européennes de biodiesel (de F.O. Licht) sont parfois inférieures aux exportations de la France (d'InNuméri). Nous corrigeons donc les exportations de l'UE en 2004 et 2009 par la différence entre les deux. Pour ces deux années, les exportations européennes de biodiesel sont ainsi identiques aux exportations françaises de biodiesel.

Nous avons complété la série F.O. Licht pour 2004, par des données antérieures de la même source²² pour la production de biodiesel dans l'UE. La consommation de biodiesel a été recalculée à partir de la série Eurostat en appliquant le même taux de variation entre 2004 et 2005. Nous avons ajusté les stocks de début et de fin pour équilibrer le bilan européen, suite notamment aux modifications des exportations.

Tableau 14 : Bilan du biodiesel retenu pour l'UE

1000 tonnes	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Production	1 899	2 838	4 427	6 116	7 323	8 888	8 929
Consommation	1 902	2 742	4 076	7 055	9 052	10 674	11 581
Exportations	69,1	50	15	21	59,7	110	103,3
Importations	0	14	91	820	2 533	1 947	2 092,2
Stocks début	371,7	300	360	787	647	1 391,3	1 442,3
Stocks fin	300	360	787	647	1 391,3	1 442,3	779,7

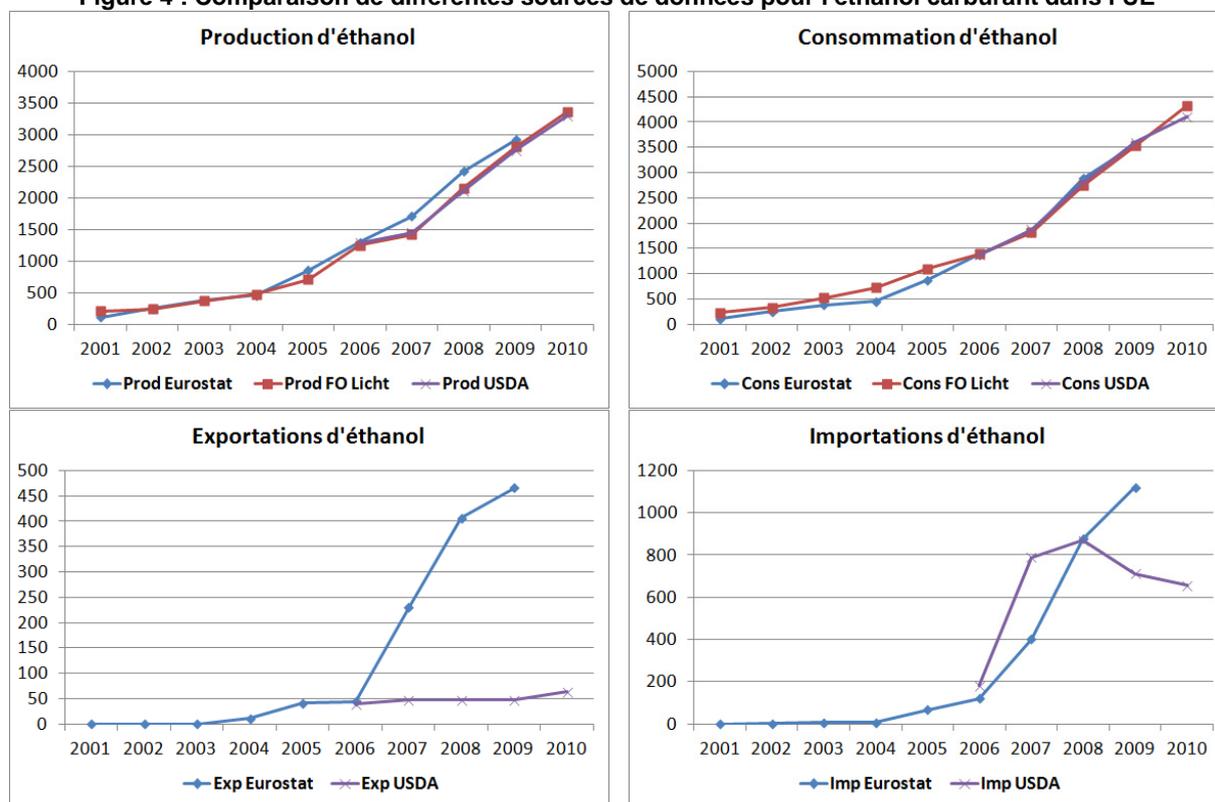
Source : F.O. Licht

²² World Ethanol & Biofuels Report, F.O. Licht, septembre 2008

- L'éthanol carburant

Nous avons effectué la même comparaison entre différentes sources pour le bilan européen de l'éthanol carburant. Le niveau de production et de consommation d'éthanol ne diffère pas de manière significative entre les trois sources. En revanche, le niveau et l'évolution des exportations sont très différents entre Eurostat et USDA alors que F.O. Licht ne fournit pas d'information sur les échanges d'éthanol carburant.

Figure 4 : Comparaison de différentes sources de données pour l'éthanol carburant dans l'UE



Nous choisissons d'utiliser les données F.O. Licht pour le bilan européen de l'éthanol carburant dans un souci de cohérence avec les autres zones. Ceci nous permet en plus de disposer d'une série de production cohérente pour la zone Reste du Monde qui est déduite à partir de la différence entre le total monde et la somme des toutes les autres régions, et qui, en utilisant les données d'Eurostat pour l'UE (supérieures à celle de F.O. Licht pour la production) deviendrait négative et demanderait un traitement statistique pour éviter des « sauts » dans la série.

Tableau 15 : Bilan de l'éthanol carburant retenu pour l'UE

1000 t	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Production	477,2	707,8	1 245,8	1 418,8	2 155,1	2 804,5	3 367,8
Consommation	728,8	1 098,3	1 394,4	1 815,4	2 739,7	3 525	4 327,6
Solde (production-consommation)	-251,6	-390,4	-148,5	-396,6	-584,6	-720,5	-959,9

Source : FO Licht

En revanche, l'utilisation des données F.O. Licht ne permet pas de distinguer les échanges d'éthanol carburant. La différence entre la production et la consommation est donc considérée égale au solde commercial (exportations – importations) de la zone.

2.2.1.3 Déduction de la zone reste de l'UE (E26)

Comme pour les autres produits de notre base de données, la zone E26 (reste de l'UE) est construite en déduisant les bilans français de l'éthanol et du biodiesel des bilans correspondants de l'Union Européenne à 27.

Les exportations et importations de biodiesel de la zone E26 sont calculées de la même manière que pour les autres produits de notre base de données (cf. supra), soit en considérant les échanges intra et extra européens de la France.

Les échanges nets d'éthanol carburant de la zone E26 sont, comme pour toutes les autres zones, considérés égaux à la différence entre la production et la consommation d'éthanol carburant de la zone.

2.2.1.4 Les autres zones de la base

Pour toutes les autres zones, nous utilisons les données F.O. Licht pour établir à la fois le bilan du biodiesel et de l'éthanol carburant.

Pour le biodiesel, les bilans ne couvrent pas l'année 2004. Les données ont donc été complétées par pays en fonction d'autres informations disponibles. Les séries de production de biodiesel par pays et le total mondial ont été complétés pour l'année 2004 par des informations détaillées provenant de F.O. Licht (2008). Les données sur la consommation en 2004 proviennent, au cas par cas, soit des publications antérieures de F.O. Licht, soit de nos propres hypothèses pour être égales à la production du pays (en considérant les échanges et les stocks nuls en 2004²³).

La consommation mondiale de biodiesel en 2004, de niveau très proche de la production mondiale et de la consommation de biodiesel dans l'UE, est calculée comme la somme de la consommation de biodiesel de toutes les zones du modèle (à l'exception de la zone Reste du monde). De la même manière, les exportations mondiales de biodiesel en 2004 sont calculées comme la somme des exportations de biodiesel de chaque zone. Les importations mondiales sont considérées comme égales aux exportations mondiales de la même année. Ces corrections sont d'importance mineure car les niveaux de production, de consommation et d'échanges de biodiesel dans le monde en 2004 sont très peu élevés et concentrés dans l'UE.

Comme pour les autres produits dans la base, nous avons besoin de disposer de bilans de biocarburants équilibrés. Pour cela, certaines corrections mineures sur les stocks de biodiesel ont été apportées (pour les zones USA, Thaïlande, Brésil et Argentine) afin de disposer de bilans du biodiesel équilibrés par pays avant d'équilibrer le bilan mondial.

Le bilan de l'éthanol carburant fourni par F.O. Licht (production et consommation) couvre toute la période d'étude et les principaux pays producteurs. Le bilan de chaque zone est équilibré en calculant

²³ Sauf en cas de stock de début positif en 2005, auquel cas les stocks de fin de 2004 prennent la même valeur que les stocks de début en 2005.

un solde net d'échanges supposé équivalent à la différence entre la production et la consommation d'éthanol carburant de chaque zone.

2.2.1.5 Equilibre du bilan mondial

Le bilan mondial du biodiesel est équilibré en déduisant pour chaque poste du bilan (production, consommation, exportations, importations, stocks de début et de fin) la zone Reste du monde du total mondial fourni par F.O. Licht. Ceci conduit à des valeurs négatives pour cette zone certaines années, notamment pour les exportations en 2005 et 2009 résultant des ajustements effectués sur les exportations européennes pour assurer la cohérence avec les exportations françaises. Dans ce cas, nous avons corrigé les exportations mondiales (et les importations mondiales des mêmes tonnages pour l'équilibre du bilan) pour que les exportations de biodiesel de la zone Reste du monde soient égales à zéro.

Le bilan mondial du biodiesel a enfin été équilibré en modifiant les stocks de début et de fin d'année tous les ans. Nous disposons ainsi de bilans par pays et du monde qui tous les ans égalisent les disponibilités (production + importations + stocks de début) et les utilisations (consommation + exportations + stocks de fin).

$$QP_i + IM_i + BST_i = QC_i + EX_i + ST_i$$

Avec QP la production, IM les importations, BST les stocks de début, QC la consommation, EX les exportations et ST les stocks de fin et avec $i = \text{biodiesel}$.

Pour la consommation et la production d'éthanol carburant, la zone Reste du monde est déduite du total mondial fourni par F.O. Licht. L'égalité entre l'offre et la demande pour chaque zone (incluant le total monde) est assurée en calculant un solde « d'échanges nets » égal à la différence entre la production et la consommation d'éthanol carburant.

$$QP_i = QC_i + [(EX_i - IM)_i]$$

Avec $i = \text{éthanol}$.

2.2.2 Utilisation des matières premières agricoles pour les biocarburants

Dans cette partie, nous détaillons comment sont reconstituées les quantités de matières premières agricoles utilisées pour la fabrication de biocarburants dans les zones considérées. Deux remarques générales s'imposent :

- Nous ne tenons pas compte de la disponibilité nationale des matières premières utilisées, mais seulement du besoin en matières premières agricoles pour produire les quantités de biodiesel ou d'éthanol carburant de chaque zone. Aucune distinction n'est donc faite ici entre les matières premières « nationales » et « importées ».
- Nous cherchons surtout à estimer comment se répartit la production de biocarburants entre les différentes matières premières agricoles, les quantités de matières premières utilisées pour ces biocarburants étant recalculées par la suite au moyen des coefficients de conversion et des niveaux de production de biocarburants correspondants. Cette répartition des matières premières peut être directement indiquée dans la littérature (mais c'est très rare), et dans ce cas, nous l'utilisons en tant que telle. Sinon nous la recalculons à partir des quantités de matières premières indiquées dans la littérature ainsi que les coefficients de conversion correspondants disponibles (ou par défaut ceux de la France lorsqu'aucune autre information n'a pu être trouvée).

Les sources utilisées pour déduire les utilisations de matières premières agricoles pour la fabrication des biocarburants sont, pour la France, le rapport final d'InNuméri (2012) et pour les autres pays et zones du modèle, à l'exception des Etats-Unis, différents numéros de la série « Biofuels Annual »

éditée par l'USDA, FAS²⁴. Pour les Etats-Unis, F.O. Licht donne des informations sur les quantités de matières premières utilisées pour la production de biodiesel.

2.2.2.1 La France

Pour la France, les quantités de matières premières agricoles utilisées pour la fabrication de biodiesel et d'éthanol carburant ainsi que les coefficients de conversion entre matières premières et biocarburants sont indiqués en détail dans le rapport InNuméri pour la période 2004-2009.

Tableau 16 : Huiles utilisées pour la production française de biodiesel

1000 tonnes	Huile de colza	Huile de tournesol	Huile de soja	Huile de palme	total
2004	336				336
2005	338	33	16		387
2006	450	38	58		546
2007	615	51	144	66	876
2008	1 178	73	419	154	1 824
2009	1 529	84	216	132	1 961

Source : InNuméri

Au moyen des coefficients de conversion fournis par InNuméri²⁵, nous calculons la répartition de la production de biodiesel entre les différentes huiles pour chaque année entre 2004 et 2009.

Tableau 17 : Production française de biodiesel calculée à partir des huiles végétales utilisées

1000 t	Huile de colza	Huile de tournesol	Huile de soja	Huile de palme	total
2004	327	0	0	0	327
2005	329	32	15	0	376
2006	438	37	56	0	531
2007	599	49	138	62	849
2008	1 147	70	402	146	1 766
2009	1 489	81	207	125	1 902

Source : InNuméri

A partir de la production française de biodiesel calculée, nous déduisons la répartition de la production de biodiesel entre chaque huile utilisée. Ne disposant pas d'information pour 2010, nous considérons la même répartition qu'en 2009.

Tableau 18 : Répartition de la production de biodiesel entre différentes huiles végétales en France

	Huile de colza	Huile de tournesol	Huile de soja	Huile de palme
2004	100%	0%	0%	0%
2005	87%	8%	4%	0%
2006	83%	7%	10%	0%
2007	71%	6%	16%	7%
2008	65%	4%	23%	8%
2009	78%	4%	11%	7%
2010	78%	4%	11%	7%

La même méthode est appliquée pour l'éthanol carburant. InNuméri fournit les quantités de matières premières agricoles utilisées pour la production d'éthanol. Les coefficients utilisés pour le blé, le maïs et la betterave pour calculer la répartition de l'éthanol produit sont ceux fournis par InNuméri²⁶.

²⁴ Cette publication n'est pas disponible pour les Etats-Unis.

²⁵ p 85, annexe 4.3 du Rapport final, « tonne de biodiesel par tonne d'huile brute », de source « bilan ACV des biocarburants de première génération ».

Tableau 19 : Quantités de matières premières agricoles utilisées pour la production française d'éthanol

1000 t	Quantité de matières premières utilisées			Quantité d'éthanol calculée			Total éthanol
	blé	Maïs	betteraves	blé	maïs	betteraves	
2004	61	0	795	17	0	63	80
2005	82	0	1 176	23	0	93	116
2006	161	0	2 341	45	0	185	230
2007	308	0	4 267	87	0	337	424
2008	429	193	4 973	121	72	393	585
2009	654	294	4 081	185	109	322	616

Source : InNuméri

Ne disposant pas d'informations détaillées pour 2010, nous avons considéré une répartition constante entre 2009 et 2010.

Tableau 20 : Répartition de la production française d'éthanol entre différentes matières premières agricoles

	Blé	Maïs	Betteraves
2004	22%	0%	78%
2005	20%	0%	80%
2006	20%	0%	80%
2007	20%	0%	80%
2008	21%	12%	67%
2009	30%	18%	52%
2010	30%	18%	52%

2.2.2.2 L'Union Européenne à 27

Comme pour le bilan des biocarburants, nous présentons d'abord les utilisations de matières premières pour la zone Union Européenne à 27. La zone E26 est ensuite calculée en déduisant la France de l'UE à 27.

Les quantités d'huiles utilisées pour calculer la répartition de la production de biodiesel dans l'Union Européenne, proviennent de l'USDA²⁷. Nous utilisons les coefficients de conversion des différentes huiles fournis par InNuméri pour la France pour calculer la répartition de la production de biodiesel²⁸. L'USDA ne fournissant pas d'information pour les années 2004 et 2005, nous avons considéré que la répartition ces deux années était identique à celle de 2006.

Tableau 21 : Répartition de la production européenne de biodiesel entre différentes huiles et graisses

	Huile de colza	Huile de tournesol	Huile de soja	Huile de palme	Autres huiles végétales	Graisses animales et huiles recyclées
2004	82%	0%	8%	2%	5%	3%
2005	82%	0%	8%	2%	5%	3%
2006	82%	0%	8%	2%	5%	2%
2007	73%	1%	11%	4%	5%	6%
2008	68%	1%	12%	7%	4%	8%
2009	70%	1%	9%	7%	5%	7%
2010	67%	1%	10%	9%	5%	8%

²⁶ p 113 annexe 4.18 en tonnes coefficients par m3 d'éthanol.

²⁷ FAS Biofuels Annual UE- 27, 2011

²⁸ Pour calculer la production de biodiesel à partir des « autres huiles végétales » et « graisses animales et huiles recyclées » nous avons utilisé respectivement le coefficient de l'huile de colza et le coefficient de conversion pour la graisse animale indiqué pour le Brésil (USDA, 2011).

Source : USDA, FAS 2011

Ne connaissant pas le contenu de l'agrégat « autres huiles végétales », nous faisons l'hypothèse ad-hoc que celui-ci est composé principalement d'huile de tournesol et de colza en début de période (2004-2006) et des 4 huiles principales en fin de période (2007-2010) et nous les répartissons en conséquence. Cette hypothèse nous permet de remédier à l'incohérence statistique observée selon laquelle la France utiliserait de l'huile de tournesol en 2005-2006 pour sa production de biodiesel, alors que cette huile n'entre pas dans la production de biodiesel de l'UE.

La répartition finalement adoptée dans notre base de données est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 22 : Répartition retenue de la production européenne de biodiesel entre différentes huiles et graisses

	Huile de colza	Huile de tournesol	Huile de soja	Huile de palme	Graisses animales et huiles recyclées ²⁹
2004	85%	2%	8%	2%	2%
2005	85%	2%	8%	2%	2%
2006	85%	2%	8%	2%	2%
2007	74%	2%	13%	5%	6%
2008	68%	2%	13%	8%	8%
2009	71%	2%	10%	9%	7%
2010	68%	2%	12%	10%	8%

L'USDA fournit également les quantités de matières premières utilisées pour la production d'éthanol carburant dans l'Union Européenne. La répartition de la production d'éthanol est calculée à partir de ces quantités en utilisant les coefficients de conversion de la France pour le blé, le maïs et la betterave. Pour l'orge et le seigle c'est le coefficient de conversion fourni par l'USDA³⁰ qui est utilisé. Ne disposant d'aucune information sur les quantités de matières premières utilisées avant 2006, la répartition entre les matières premières en 2004 et 2005 est considérée identique à celle de 2006.

Tableau 23 : Répartition de la production européenne d'éthanol entre différentes matières premières agricoles

	Blé	Maïs	Betteraves	Orge	Seigle ³¹
2004	32%	12%	21%	19%	16%
2005	32%	12%	21%	19%	16%
2006	32%	12%	21%	19%	16%
2007	29%	15%	32%	14%	10%
2008	25%	25%	37%	6%	7%
2009	24%	30%	34%	5%	6%
2010	35%	31%	23%	4%	7%

²⁹ Les « autres huiles et graisses » correspondent à l'utilisation des huiles usagées et recyclées ou des graisses animales. Ces produits, qui n'occupent pas directement des surfaces agricoles, ne sont pas considérés dans notre base.

³⁰ Publié dans « The economic feasibility of ethanol production in the US » (USDA, 2006)

³¹ le seigle est intégré dans l'agrégat « céréales diverses » de notre modèle.

2.2.2.3 Les autres zones

La répartition de la production de biocarburants entre différentes matières premières dans les autres zones a été déterminée à partir d'informations fournies principalement par l'USDA.

Les hypothèses sur les matières premières utilisées aux **Etats-Unis** (USA) proviennent de F.O. Licht qui donne les quantités des différentes huiles utilisées pour la production de biodiesel. A l'aide des coefficients techniques de la France (et du Brésil pour les graisses animales et huiles alimentaires), nous en déduisons la répartition de la production de biodiesel entre les différentes huiles. Pour l'éthanol, nous avons considéré que la totalité de la production d'éthanol provient du maïs sur toute la période 2004-2010.

Pour le **Canada** (CAN), les quantités de matières premières utilisées pour la production de biodiesel proviennent de l'USDA³². Nous utilisons le coefficient de conversion de la France pour l'huile de colza et le coefficient du Brésil pour les graisses animales. L'USDA fournit les quantités de matières premières utilisées pour la production d'éthanol carburant au Canada³³. Les coefficients de conversion utilisés sont ceux fournis par l'USDA (2011) pour le Canada.

Selon l'USDA, le **Brésil** (BRA) utilise principalement de l'huile de soja mais également de l'huile de coton et des graisses animales pour produire du biodiesel. Nous disposons des quantités des différentes matières premières utilisées par an sur la période 2006-2010. La répartition est considérée constante entre 2004 et 2006. Les coefficients de conversion utilisés pour nos calculs sont ceux fournis par l'USDA³⁴ pour le Brésil. Le Brésil produit de l'éthanol uniquement à partir de canne à sucre. Le coefficient de conversion de la canne à sucre en éthanol est calculé à partir des quantités de canne à sucre et d'éthanol fournies par l'USDA.

En **Argentine** (ARG), la production de biodiesel provient à 100% de l'huile de soja (USDA, 2011). Nous utilisons le coefficient de conversion du Brésil. Selon l'USDA, la production argentine d'éthanol utilise principalement des mélasses de canne à sucre. Nous faisons l'hypothèse que la totalité de la production d'éthanol provient des mélasses de canne sur toute la période.

Dans la zone **Asie du sud est** (SEA), seules les Philippines produisent de l'éthanol carburant parmi les trois pays composant la zone. Selon l'USDA il y a actuellement seulement trois usines de fabrication d'éthanol (1 utilisant des mélasses, 2 utilisant de la canne à sucre). Nous faisons l'hypothèse que la totalité de la production d'éthanol provient de la canne à sucre sur toute la période. Nous utilisons le coefficient de conversion du Brésil pour la canne à sucre. La production de biodiesel en Indonésie et en Malaisie provient intégralement de l'huile de palme. En revanche, aux Philippines toute la production de biodiesel utilise l'huile de coprah. Nous utilisons le même coefficient de conversion que celui de l'huile de palme en France.

Dans la zone **Asie de l'Est** (EA), la production de biodiesel est concentrée en Corée. En 2009, les matières premières utilisées pour la production de biodiesel (huiles de soja et palme) étaient importées à 75-80% (USDA, FAS), le reste étant de l'huile alimentaire recyclée. Nous avons fait l'hypothèse que 80% de la production de biodiesel provient de l'huile importée sur toute la période 2004-2010 et que 50% de cette huile est de l'huile de soja, les 50% restant étant de l'huile de palme. Nous utilisons les coefficients de conversion de la France pour l'huile de soja et de palme. Ne disposant d'aucune information précise sur l'origine de la production japonaise d'éthanol carburant (quasi inexistante), elle est supposée provenir des matières premières « autres ».

Dans la zone **Asie du Sud** (SA), toute la production de biodiesel en Inde proviendrait des huiles usagées ou des graisses animales. Selon l'USDA³⁵, la production d'éthanol en Inde et au Pakistan provient uniquement des mélasses de canne à sucre.

La production de biodiesel en **Thaïlande** (THA) est faite uniquement à partir d'huile de palme (USDA-FAS, 2011-3). Nous utilisons le coefficient de conversion de la France. La production thaïlandaise d'éthanol provient de la canne à sucre, des mélasses et du tapioca. Compte tenu des incertitudes sur

³² Biofuels annual Canada 2010 et 2011, FAS, USDA

³³ Biofuels annual Canada 2011 et 2009, FAS, USDA

³⁴ Biofuels annual Brazil 2011, FAS, USDA

³⁵ Biofuels Annual FAS, USDA, India 2011 et Pakistan 2008.

les coefficients de conversion de manioc/tapioca en éthanol, et pour ne pas sous-estimer la part provenant de la canne à sucre (occupant directement des surfaces), nous avons au final choisi de ne calculer que la part d'éthanol provenant de la canne à sucre et de considérer le reste de la production d'éthanol comme provenant de la source « autres matières premières ». Nous avons utilisé le coefficient de conversion du Brésil pour la canne à sucre.

En **Chine** (CHN), la production de biodiesel provient uniquement des huiles usagées et recyclées ou des résidus des usines de trituration des graines d'oléagineux³⁶. Selon l'USDA, la Chine utilise principalement du maïs, mais aussi du blé et du manioc pour produire de l'éthanol. Nous avons utilisé les quantités fournies par l'USDA pour les années 2006-2010 ainsi que les coefficients de conversion fournis par la même source pour la Chine pour les trois cultures, pour calculer la répartition de la production d'éthanol à partir de ces matières premières. La répartition est considérée constante entre 2004 et 2006.

Dans la zone **Ex-URSS** (CIS), la production de biodiesel est concentrée en Biélorussie. L'hypothèse ad-hoc selon laquelle la totalité de la production de biodiesel provient de l'huile de colza est posée. Aucune information précise n'a été trouvée sur le sujet. Nous utilisons le coefficient de conversion de la France.

En **Afrique sub-saharienne** (SSA), nous ne disposons de données que pour la production d'éthanol en Afrique du sud. Selon ces informations, le maïs était utilisé pour la production d'éthanol carburant jusqu'en 2007 (100%), puis des interrogations sur la sécurité alimentaire ont conduit à la recommandation de l'utilisation de la canne à sucre³⁷. Nous utilisons le même coefficient de conversion que celui de la France pour le maïs et du Brésil pour la canne à sucre.

Pour **l'Australie** (AUS), nous ne disposons d'aucune information précise sur la répartition entre les matières premières pour la production de biodiesel. Les principales matières premières utilisées sont les huiles végétales, dont le colza, les graisses animales et des huiles alimentaires recyclées. Une hypothèse ad-hoc de 50% huile de colza et 50% autres graisses et huiles a été retenue. Nous utilisons le coefficient de conversion de la France pour l'huile de colza. Pour l'éthanol, l'USDA fournit uniquement les capacités de production des différentes usines en Australie en 2009. La répartition de la production d'éthanol entre les différentes matières premières est déduite à partir de ces capacités de production (en considérant le « waste wheat starch and some low grade grain » comme « autres matières premières » n'occupant pas directement de la surface). Nous avons considéré que cette répartition était valable tous les ans entre 2004 et 2010. Nous utilisons le coefficient de conversion du seigle en éthanol pour le sorgho, fourni par l'USDA pour l'Union Européenne.

Pour la production de biodiesel, la zone **Reste du Monde** (ROW) est surtout composée de la Colombie et autres pays d'Amérique du sud (276 000 sur 387 000 tonnes en 2010 selon F.O. Licht), des autres pays d'Europe (53 000 t), des autres pays d'Amérique du nord et centrale (33 000 t), de Singapour (15 000t), des autres pays d'Asie (4 000 t) et des autres pays d'Océanie (5 000 t) (F.O-Lichts, 2011-2). Selon l'USDA, on utilise l'huile de palme pour la production de biodiesel en Colombie et au Pérou. Pour les autres entités de la zone ROW, pour toute la période 2004-2010, nous faisons l'hypothèse que 75% de la production de biodiesel provient de l'huile de palme et 5% de l'huile de soja (Amérique du sud, autres Amérique du nord et centrale), 15% de l'huile de colza (autres Europe) et 5% des graisses animales (Asie et Océanie). Nous utilisons les coefficients de conversion de la France pour les huiles végétales. Pour la production d'éthanol, la zone ROW est composée principalement de la Colombie et du Pérou (et du Guatemala pour une plus faible part). Au Pérou et en Colombie, c'est la canne à sucre qui est utilisée pour la production d'éthanol. Nous faisons l'hypothèse que la totalité de la production d'éthanol de la zone Reste du Monde provient de la canne à sucre. Nous utilisons le coefficient de conversion du Brésil.

³⁶ Biofuels Annual, China, 2011 FAS, USDA.

³⁷ Biofuels annual South Africa 2009, FAS, USDA; diverses sources internet

Tableau 24 : Répartition de la production de biodiesel entre différentes matières premières selon les zones (moyenne sur la période 2004-2010)

	Huile de colza	Huile de tournesol	Huile de soja	Huile de palme	Huile de coprah	Huile de coton	Autre huiles et graisses	Total
FRA	80%	5%	11%	4%				100%
EU27	76%	2%	10%	6%			5%	100%
CIS	100%							100%
CHN							100%	100%
THA				100%				100%
EA			40%	40%			20%	100%
SEA				84%	16%			100%
SA							100%	100%
AUS	50%						50%	100%
NAF								
SSA								
USA	6%		75%	6%			13%	100%
CAN	10%						90%	100%
MEX								
BRA			81%			3%	16%	100%
ARG			100%					100%
ROW	15%	0%	5%	75%			5%	100%

Tableau 25 : Répartition de la production d'éthanol entre différentes matières premières selon les zones (moyenne sur la période 2004-2010)

	Blé	Maïs	Canne à sucre	Betteraves à sucre	Orge	Céréales diverses	Autres matières premières ³⁸	Total
FRA	23%	7%		70%				100%
EU27	30%	20%		27%	12%	11%		100%
CIS								
CHN	21%	76%					4%	100%
THA							98%	100%
EA							100%	100%
SEA			100%					100%
SA							100%	100%
AUS						27%	73%	100%
NAF								
SSA		57%	43%					100%
USA		100%						100%
CAN	25%	75%						100%
MEX								
BRA			100%					100%
ARG							100%	100%
ROW			100%					100%

³⁸ Les « autres » matières premières utilisées pour la production d'éthanol sont un agrégat non pris en compte dans notre modèle, composé principalement de mélasses de canne à sucre et de manioc.

2.2.3 L'intégration des utilisations de matières premières agricoles pour les biocarburants dans la base de données

A partir de la répartition de la production de biodiesel et d'éthanol carburant entre les différentes matières premières dans chaque zone, nous recalculons, à l'aide des coefficients de conversion détaillés dans le paragraphe précédent, les quantités de matières premières utilisées par an et par zone géographique pour la production de biocarburants (BF).

Les utilisations de matières premières à des fins énergétiques de la zone reste de l'UE (E26) sont déduites en calculant la différence entre les utilisations de matières premières de l'Union Européenne à 27 et celles de la France.

Afin de préserver l'équilibre des bilans de tous les produits et zones, nous intégrons les quantités de matières premières utilisées (BF) dans notre base en les déduisant du poste de bilan « utilisations industrielles » (IND) déjà répertorié, pour les céréales, les cultures sucrières et les huiles végétales. Lorsque les utilisations industrielles de ces produits ne sont pas assez importantes (et que le poste IND devient par conséquent négatif), celles-ci sont mises à zéro et le solde restant est déduit de la variable alimentation humaine (FO).

La production de biocarburants à partir d'autres matières premières que les céréales, les huiles et les cultures sucrières (i.e. les mélasses, le manioc, les huiles recyclées ou les graisses animales) ne donne pas lieu à une utilisation de matières premières dans notre base (ces produits ne sont pas intégrés dans notre base). Les quantités de biocarburants issues de ces autres matières premières sont considérées comme « exogènes » dans le modèle.³⁹

2.2.4 Les coproduits issus de la production des biocarburants

La fabrication des biocarburants à partir de matières premières agricoles engendre des coproduits. Pour l'éthanol, il s'agit des drêches de céréales pour l'éthanol fabriqué à partir de céréales et des coproduits du sucre (mélasses, pulpe, bagasse) pour l'éthanol fabriqué à partir de cultures sucrières. Pour le biodiesel, la glycérine⁴⁰ est un coproduit de la fabrication de biodiesel à partir d'huiles végétales ou d'autres graisses. C'est la production d'huiles végétales à des fins tant alimentaire qu'énergétique qui génère la production des coproduits que sont les tourteaux, intégrés comme tels dans la base de données.

Dans notre base, nous considérons d'une part les coproduits liés à l'utilisation des céréales en éthanolerie, que nous réunissons par simplification sous le terme générique « drêches », et d'autre part les pulpes de betteraves, produites par la transformation de betteraves aussi bien en sucre qu'en éthanol.

Les quantités de drêches générées sont calculées à partir des utilisations de céréales pour l'éthanol en appliquant un coefficient technique fixe et commun pour toutes les zones⁴¹. Il est de 0,38 tonne de drêches de maïs par tonne de maïs et de 0,30 tonne de drêches de blé par tonne de blé. Ce même coefficient de 0,30 est appliqué aux drêches d'autres céréales produites par la transformation d'orge, de seigle ou de sorgho en éthanol. Nous faisons l'hypothèse que tout ce qui est produit est consommé en alimentation animale.

De la même façon, la production de pulpes de betterave est dérivée des utilisations de betterave pour le sucre et pour l'éthanol en considérant un coefficient de 0,05. Ces pulpes produites sont considérées en équivalent matières sèches sans considération de la forme sous laquelle elles sont produites ou distribuées (humide, surpressée ou deshydratée⁴²). Nous disposons par ailleurs dans la base de

³⁹ Ceci ne devrait pas conduire à un biais significatif pour cette étude dans la mesure où cette production concerne surtout des produits « hors sols » (mélasses, huiles recyclées, graisses animales). De plus, selon l'information dont nous disposons, la France n'est pas concernée par ces « productions exogènes » sur la période considérée

⁴⁰ Non considérée dans notre base.

⁴¹ Les coproduits de l'éthanol produit à partir de céréales sont en fait un cocktail complexe pour lesquels les informations statistiques sont très rares. Il s'agit d'après Hoffman et Baker (2011) des produits suivants en abréviation anglaise : DDG, DWG, DDGS, DWGS, CDS, corn gluten feed (CGF), wet corn gluten feed (WCGF) et corn gluten meal (CGM).

⁴² La pulpe humide contient environ 10% de matière sèche, la pulpe surpressée 27% et la pulpe deshydratée 88%. En équivalent matière sèche, 73 % de la pulpe est consommé en France sous la forme deshydratée, 26 % sous la forme surpressée et 1% sous la forme humide. La CGB (Confédération Générale des Planteurs de Betteraves) estime que ces ratios sont de respectivement 53%, 44% et 3% en Europe.

données UNCOMTRADE des échanges régionaux bilatéraux de pulpes sous le code HS 230320. Les échanges concernant essentiellement la pulpe déshydratée, nous convertissons ces échanges en matière sèche de pulpe et considérons ensuite pour chaque zone que tout ce qui n'est pas échangé est consommé sur le marché domestique en alimentation animale.

Dans le modèle, les drêches de céréales sont considérées comme riches en protéines et viennent d'abord en substitutions des tourteaux d'oléagineux (avant les céréales) en alimentation animale. Les pulpes sont en revanche riches en énergie et sont considérées comme des substituts parfaits des céréales.

3 Prix et autres variables macroéconomiques

3.1 Les prix mondiaux

Le tableau ci-dessous détaille les sources et les références des prix mondiaux retenus pour la base de données du modèle MATSIM-LUCA.

Tableau 26 : Table de référence pour les prix mondiaux de chaque produit

Produit	Source	Reference	Valeur 2009 (USD/tonne)
Blé	OW	Wheat US no 2 SRH fob Gulf	216
Maïs	OW	Corn No 3 Yellow, fob Gulf	179
Orge	USDA-ERS	Barley, United states, USD/T	230
Céréales diverses	FAO	Sorghum US No.2, Yellow, U.S. Gulf (Friday) USDA	160
Pois	FAOSTAT	Prix production canadien	278
Graine de colza	OW	Rapeseed Europe 00 cif Hambourg	419
Graine de tournesol	OW	Sunseed EU cif Amsterdam	452
Graine de soja	OW	Soybeans, US, cif Rotterdam	429
Graine de palmiste	MPOB	Annual average price, Malaysia (Ex Mill)	304
Graines d'arachide	FAOSTAT	Moyenne des prix producteurs Chine et Inde	478
Graine de coprah	FAOSTAT	Prix producteur Malaisie + marge	450
Graine de coton	FAOSTAT	Prix producteur Inde + marge	250
Huile de colza	OW	Rape oil Dutch fob ex-mill	927
Huile de tournesol	OW	Sunoil EU fob N.H.Eur. Ports.	956
Huile de soja	OW	Soybean oil, Dutch, fob ex-mill	924
Huile de palme	OW	Palm oil crude cif N.H. Eur	807
Huile de palmiste	OW	Palmkern oil Mal/Indo cif Rott.	972
Huile d'arachide	OW	Groundnut oil any orig cif Rott.	1 291
Huile de coprah	OW	Coconut oil Phil/Indo cif Rott.	921
Huile de coton	OW	Cotton oil US PBSY fob Gulf	1 209
Tourteau de colza	OW	Rape meal 34% fob ex-mill Hbg	221
Tourteau de tournesol	OW	Sun pell 37/38% Arg. cif Rott.	228
Tourteau de soja	OW	Soya meal, 44/45%, Hmb, fob ex-mill	384
Tourteau de palmiste	OW	Palmkern exp, 21/23% cif Rott.	140
Tourteau d'arachide	OW	calcul 90% prix du tourteau de soja	346
Tourteau de coprah	OW	Copra exp.pell. Phil Domestic+fret us-ue	110

Tourteau de coton	USDA	Tourteaux cottonseed 6/MEMPHISFOB; 0.41 PROTEINSOLVENTEXTRACTION.	244
Drêches de maïs		= prix du maïs	179
Drêches de blé		= prix du blé	216
Drêches d'autres céréales		= prix des autres céréales	160
Pulpes de betterave	CGB UNCOMTRADE	- Prix de vente en France pondéré par les quantités déshydratées et surpressées	217
Sucre centrifugé	USDA	1/ Contract No. 11-f.o.b. stowed Caribbean port, including Brazil, bulk spot price table 3a, plus freight to Far East.	400
Ethanol	OCDE Aglink		556
Biodiesel	OCDE Aglink		1 274
Fibre de coton	USDA-ERS	Prix producteur US	1 301

OW = Oil World, USDA-FAS et USDA-ERS: Respectivement Foreign Agricultural service et Economic Research service de l'USDA, MPOB = Malaysian palm oil board

Les prix considérés sont généralement les prix campagne de l'année N/N+1.

3.2 Les prix régionaux

Les prix régionaux sont les prix au producteur et les prix au consommateur pour les différents produits, qui s'appliquent à l'intérieur de chacune des zones. Dans les zones où aucune politique de soutien interne, ni aucune politique commerciale ne sont mises en œuvre, les prix régionaux sont supposés égaux aux prix mondiaux. Dans les zones où de telles politiques sont appliquées, il existe un écart entre les prix régionaux et les prix mondiaux. Enfin, pour certains produits qui ne sont pas échangés sur les marchés internationaux, il n'y a pas de prix mondiaux et seuls des prix régionaux s'appliquent dans les zones qui les produisent et les consomment.

3.2.1 Cas des produits non échangés

Pour certains produits, dont le commerce sur longue distance est trop coûteux, nous faisons l'hypothèse qu'ils n'y a pas d'échanges internationaux. Ces produits sont généralement transformés à l'intérieur des frontières des pays producteurs et ce sont les produits transformés qui sont valorisés et échangés sur les marchés mondiaux. Dans notre modèle, la canne à sucre, la betterave à sucre et les régimes de fruits de palme sont dans ce cas.

Produit	Source	Référence	Valeur 2009 (USD/tonne)
Betterave à sucre	FAOSTAT	Prix producteur UE	18
Betterave sous quota	ONIGC 2008	Prix de base de la betterave UE	36,5
Canne à sucre	FAOSTAT	Prix producteur Brésil	18,5
Sucre sous quota	ONIGC 2008	Prix d'intervention UE du sucre sous quota	561,7
Régime de fruits de palme*	MPOB	Prix moyen annuel Malaisie, (pour 1% de teneur en huile)	6

* La teneur moyenne en huile de palme d'un régime est de 20%, le prix de la tonne de régime se situe donc autour de 120 USD.

3.2.2 Cas particulier du coton

Le prix de la graine de coton ne reflète pas le revenu perçu par les producteurs de coton car ceux-ci perçoivent également un revenu lié à la vente de la fibre de coton. Nous considérons le prix à la production de la fibre de coton fourni par l'USDA-ERS⁴³ de 0,59 \$/pound pour 2009, soit 1301 \$/tonne. La fibre de coton n'étant pas modélisée, nous introduisons ce prix sous forme de rente que perçoit le producteur de graine de coton. Cette rente (*fibrent*) s'obtient en multipliant le prix de la fibre par le ratio de la production de fibre sur la production de graines de coton.

3.2.3 La relation prix mondial-prix régionaux par zone : les politiques régionales de soutien interne et commerciales

Les politiques appliquées au sein des différentes zones modifient les prix à l'intérieur des frontières, du côté du producteur et/ou du côté du consommateur. Nous considérons ici deux types spécifiques de politique qui jouent sur les prix au producteur et au consommateur : d'une part, les politiques commerciales qui, appliquées aux frontières, modifient le prix sur le marché intérieur (i.e., à la fois pour le producteur et pour le consommateur) ; les politiques de soutien aux producteurs qui modifient le seul prix au producteur.

Le prix intérieur $P_{i,r}$ du produit i dans la région r s'exprime, dans le modèle, de la manière suivante :

$$P_{i,r} = PW_i(1 - Taxexport_{i,r})$$

Avec PW_i le prix mondial du produit i , et $Taxexport_{i,r}$ la taxation unitaire des exportations appliquée par la région r sur le produit i exprimée en équivalent ad-valorem. Ainsi, pour une région subventionnant les exportations d'un produit à hauteur de 30%, la variable $Taxexport_{i,r}$ prend la valeur 0,3, et ainsi le prix sur le marché intérieur de la région r est réduit de 30% par rapport au prix mondial. A l'inverse, dans une région subventionnant ses exportations la variable $Taxexport_{i,r}$ sera négative et le prix du marché intérieur de la région r sera supérieur au prix mondial.

Il est à noter que dans notre modèle, fonctionnant en flux d'échanges nets (exportations nettes), l'équation ci-dessus s'applique également lorsque la région r est importatrice nette du produit i . Dans ce cas, la variable $Taxexport_{i,r}$ est négative lorsque la zone r protège son marché intérieur et applique un droit de douane à l'importation, elle est positive lorsque la zone r subventionne ses importations.

Le prix $Py_{i,r}$ perçu par un producteur, pour le produit i dans la région r s'exprime comme suit :

$$Py_{i,r} = P_{i,r} + sub_{i,r} + fibrent_{i=coton,r} - rent_{i\in culsuc,r}$$

Avec $sub_{i,r}$ la subvention spécifique perçue par le producteur pour la production du produit i , $fibrent_{i,r}$ la rente retirée de la production de fibre de coton et $rent_{i,r}$ la rente liée à un éventuel quota de production (cas de la betterave et du sucre dans l'UE).

Les données nécessaires pour déterminer les valeurs des variables $Taxexport_{i,r}$ et $sub_{i,r}$ dans la base de données initiales du modèle sont disponibles, pour les pays membres et les pays observateurs de l'OCDE, dans les tableaux supports à l'estimation du soutien aux producteurs (ESP) accessibles sur internet⁴⁴. Nous les complétons, notamment avec les informations contenues dans les documents rédigés par les attachés aux questions agricoles des ambassades des Etats-Unis dans les différents pays, également disponibles sur internet sur le site du Foreign Agricultural Service (FAS) du département américain à l'agriculture (USDA)⁴⁵.

Dans les tableaux ESP de l'OCDE, le soutien total aux producteurs est désagrégé en différentes catégories de soutien. Nous nous intéressons ici aux politiques susceptibles de créer de façon directe des écarts entre les prix mondiaux et les prix régionaux des produits. Ces politiques sont couvertes

⁴³ <http://www.cotton.org/econ/cropinfo/costsreturns/usa.cfm>

⁴⁴ <http://www.oecd.org/fr/tad/politiques-agricoles/estimationsdusoutienauxproducteursetconsommateursbasededonnees.htm>

⁴⁵ <http://gain.fas.usda.gov/Pages/Default.aspx>. Documents par pays intitulés Grain and Feed Annual ou Oilseeds and Products Annual

par les catégories « soutien du prix de marché » et « paiements basés sur l'output ». La catégorie « soutien du prix de marché » est utilisée pour calibrer la variable $Taxexport_{i,r}$, la catégorie « paiements basés sur l'output » est utilisée pour déterminer les valeurs de la variable $sub_{i,r}$.

Les tableaux de l'OCDE fournissent la valeur des transferts sous la forme de « soutien du prix de marché », pour chaque pays, chaque produit et chaque année considérés. La variable $Taxexport_{i,r}$ est obtenue en divisant la valeur de ces transferts pour chaque produit i et chaque pays r par la valeur correspondante de la production évaluée au prix mondial. Comme indiqué par la formule ci-dessous, nous approchons la valeur de la production au prix mondial par la valeur de la production (à la porte de l'exploitation) hors paiements basés sur l'output (les données nécessaires pour ce calcul étant également disponible dans les tableaux de l'OCDE).

$$Taxexport_{i,r} = \frac{\text{Valeur des mesures de soutien du prix de marché}}{\text{Valeur de la production (à la porte de l'exploitation) - Valeurs des soutiens basés sur l'output}}$$

Les tableaux de l'OCDE fournissent la valeur des « paiements basés sur l'output », pour chaque pays, chaque produit et chaque année considérés. La variable $sub_{i,r}$ est quant à elle obtenue en divisant la valeur des « paiements basés sur l'output » pour chaque produit i et chaque région r , exprimée en USD, par le volume de production correspondante.

$$sub_{i,r} = \frac{\text{Valeur des paiements basés sur l'output (monnaie locale)}}{\text{Volume de production (1000 T) } \times \text{Taux de change}}$$

La principale limite de l'exercice est l'agrégation de différentes politiques nationales pour constituer une politique représentative dans le cas d'une zone constituée de plusieurs pays. Le détail des hypothèses posées pour chacune des zones est fourni en annexe de ce document.

3.3 Les prix des fermages

Dans le modèle MATSIM-LUCA, les marchés de location de la terre sont représentés. Nous avons donc besoin dans la base de données initiales de prix des fermages pour chaque type de terre en grandes cultures (terre cultivée en blé, terre cultivée en colza, terre cultivée en betteraves, etc.) et dans chaque zone considérée.

Il n'existe pas de base de données fournissant de telles informations. Nous avons donc « reconstitué » ces prix en procédant comme suit :

- pour chaque zone, en consultant des sources très diverses, nous avons collecté un prix de fermage représentatif des terres cultivées hors pâtures. Lorsqu'un prix de fermage n'était pas disponible, nous avons retenu un prix de vente que nous avons divisé par 25⁴⁶ ;
- ce prix de fermage des terres cultivées hors pâtures nous a ensuite servi à déterminer un prix de fermage pour chaque type de terre, défini en fonction de la culture portée, en utilisant des informations fournies par la base de données GTAP (Lee et al. 2008).

Nous utilisons une version de la base de données GTAP 6 disponible sur le site internet de l'agence californienne de protection de l'environnement (ARB)⁴⁷. Cette version fournit des données pour l'année 2001 pour des zones agrégées que nous pouvons faire correspondre aux zones du modèle MATSIM-LUCA. Pour chaque zone et pour chaque produit, la base fournit les superficies cultivées et la rémunération de la terre correspondante. Nous retenons les quatre produits agrégés suivants : *coarse grains*, *other grains*, *oilseeds* et *sugar* que nous pouvons faire correspondre aux produits de MATSIM-LUCA.

Nous avons donc pour chaque couple zone/produit de GTAP un prix des fermages. Nous calculons pour chaque zone de GTAP un prix moyen des fermages. Nous déterminons ensuite, pour chaque produit dans chaque zone, un ratio prix des fermages par produit sur prix moyen des fermages. Enfin,

⁴⁶ La Banque Mondiale, dans ses études sur l'estimation de la richesse des pays, utilise un amortissement de 25 ans pour estimer la valeur capitalisée des terres agricoles à partir du prix des terres agricoles (data.worldbank.org/sites/.../total_and_per_capita_wealth_of_nations.xls)

⁴⁷ <http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/lcfs-background.htm#modeling>

pour chaque zone, ces ratios sont appliqués au prix de fermage des terres cultivées hors pâtures de la zone pour déterminer les prix de fermage de chaque type de terre (terre cultivée en blé, terre cultivée en colza, terre cultivée en betteraves, etc.). Dans ce calcul, on affecte le ratio *coarses grains* au maïs et à l'orge, le ratio *other grains* aux autres céréales et au pois, le ratio *oilseeds* aux cultures oléagineuses et le ratio *sugar* aux cultures sucrières. Dans les cas où le ratio *other grains* est sensiblement plus élevé, celui-ci est uniquement attribué au riz et nous attribuons à toutes les autres céréales le ratio *coarse grains*.

Les écarts de prix pouvant être très importants selon les cultures, nous ajustons les ratios calculés afin de les limiter dans une fourchette d'écart allant de 0,25 à 2, ceci afin de garantir des activités agricoles générant une rente suffisante et une capitalisation dans la terre n'excédant pas les 50%.

3.4 Les variables macroéconomiques et autres variables exogènes

Les variables macroéconomiques de notre base sont le PIB et la population et le taux de change utilisé pour la conversion des prix régionaux en une monnaie commune, pour l'ensemble de nos zones géographiques. Les données brutes pour ces variables sont extraites de la base « World Data Bank » de la Banque Mondiale. Comme pour les prix régionaux, un pays représentatif pour les zones contenant plusieurs Etats est choisi pour le taux de change.

Références

- CGB(2010-2011-2012). La betterave en 2010, 2011, 2012. Rapports annuels
- Cours des comptes (2012). *La politique d'aide aux biocarburants*. Rapport public thématique, p. 267.
- Dronne, Y., Forslund, A., & Gohin, A. (2009). *Les principaux déterminants de l'évolution des prix agricoles mondiaux au cours des campagnes 2005/06 à 2007/08*. INRA.
- Dronne, Y., Forslund, A., Gohin, A., & Levert, F. (2009). *Conséquences des politiques de biocarburants de l'UE et des grands producteurs à l'horizon 2020*. INRA.
- Dronne, Y., Gautier, P., Gohin, A., & Levert, F. (2003). *Oléosim – Modélisation du marché mondial des oléagineux*. INRA.
- F.O-Lichts. (2011-1). World Ethanol & Biofuels Report, Vol. 10, No. 3, October 7, 2011.
- F.O-Lichts. (2008). World Ethanol & Biofuels Report, Vol. 7, No. 2, September 23, 2008.
- F.O-Lichts. (2011-2). World Ethanol & Biofuels Report, Vol. 9, No. 13, March 15, 2011.
- FAO (2002). *Small-Scale Palm Oil Processing in Africa*. FAO agricultural services bulletin 148.
- FAO. (s.d.). FAOSTAT. Consulté le 9 décembre 2011, sur <http://faostat.fao.org/default.aspx>
- FAO. (s.d.). FAOSTAT. Consulté le 9 décembre 9, 2011, sur <http://faostat.fao.org/>
- Forslund, A., Gohin, A., Levert, F. (2013). *The Argentinean export taxes on biodiesel and agricultural products: Impacts on world markets and profits*. Soumis à Energy Policy
- Hoffman, L. A., & Baker, A. (2011, October). Estimating the Substitution of Distiller's Grains for Corn and Soybean Meal in the U.S. feed Complex. *USDA - Report from the Economic Research Service*, p. 62.
- InNuméri (2012). *Analyse retrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés française et mondiaux (production agricoles, produits transformés et coproduits) et les changements d'affectation des sols*. rapport pour l'ADEME.
- Lee, H-L, Hertel, T. W., Rose, S., Avetisyan, M. (2008). *An integrated global land use data base for CGE analysis of climate policy options*. GTAP working paper n°42.
- MAAPRAT. (s.d.). *AGRESTE*. Consulté le 30 novembre 2011, sur <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/>
- MAAPRAT. (s.d.). *AGRESTE, la statistique, l'évaluation et la prospective agricole*. Consulté le décembre 2011, sur <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/>
- OCDE (2011). *Politiques agricoles : suivi et évaluation 2011, pays de l'OCDE et économies émergentes*, p. 370.
- OCDE. (s.d.). *Database - OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020*. Consulté en janvier 2012, sur http://www.oecd.org/document/15/0,3746,en_36774715_36775671_48172367_1_1_1_1,00.html
- Oil World. (2011). *Oil World annual 2011 - Vol 1*.
- UNcomtrade (s.d.). Database. Consulté le 25 janvier 2013 sur <http://comtrade.un.org/db/default.aspx>
- USDA. (2006). *The economic feasibility of ethanol production from sugar in the United States*. USDA.
- USDA-FAS. (2011-5). *GAIN Reports : Argentina Biofuels Annual, 7/8/2011*.

- USDA-FAS. (2010-1). *GAIN Reports : Australia Biofuels Annual, AS1024, 07/06/2010.*
- USDA-FAS. (2011-2). *GAIN Reports : Australia Biofuels Annual, AS1118, 6/24/2011.*
- USDA-FAS. (2011-11). *GAIN Reports : Brazil Biofuels Annual, BR110013, 7/2//2011.*
- USDA-FAS. (2011-10). *GAIN Reports : Canada Biofuels Annual, 7/5/2011.*
- USDA-FAS. (2009-1). *GAIN Reports : Canada Biofuels Annual, CA9037, 6/30/2009.*
- USDA-FAS. (2011-4). *GAIN Reports : China - peoples Rep. of, Biofuels Annual, 11039 7/21/2011.*
- USDA-FAS. (2009-2). *GAIN Reports : Columbia Biofuels Annual, 6/1/2009.*
- USDA-FAS. (2011-1). *GAIN Reports : EU-27 Biofuels Annual, NL1013, 6/24/2011.*
- USDA-FAS. (2009-3). *GAIN Reports : Guatemala Biofuels Annual, GT9008, 5/26/2009.*
- USDA-FAS. (2011-9). *GAIN Reports : India Biofuels Annual, IN1159, 7/1/2011.*
- USDA-FAS. (2011-6). *GAIN Reports : Indonesia Biofuels Annual, ID1134, 8/19/2011.*
- USDA-FAS. (2011-12). *GAIN Reports : Japan Biofuels Annual, 6/24/2011.*
- USDA-FAS. (2010-2). *GAIN Reports : Korea - Republic of, Biofuels Annual, KS1001, 2/10/2010.*
- USDA-FAS. (2011-7). *GAIN Reports : Malaysia Biofuels Annual, MY1006, 8/19/2011.*
- USDA-FAS. (2008). *GAIN Reports : Pakistan Biofuels Annual, PK8033, 12/19/2008.*
- USDA-FAS. (2011-8). *GAIN Reports : Peru Biofuels Annual, 6/27/2011.*
- USDA-FAS. (2010-3). *GAIN Reports : Philippines, Biofuels Annual, 7/9/2010.*
- USDA-FAS. (2009-4). *GAIN Reports : South Africa - Republic of, Biofuels Annual, 5/28/2009.*
- USDA-FAS. (2011-3). *GAIN Reports : Thailand Biofuels Annual, TH1088, 7/7/2011.*
- USDA-FAS. (s.d.). *PSD-online*. Consulté en décembre 2011, sur www.fas.usda.gov/psdonline/
- USDA-PSD. (s.d.). *Production, Supply and Distribution Online*. Consulté en décembre 2011, sur <http://www.fas.usda.gov/psdonline/>
- World Bank. (s.d.). *World dataBank : World Development Indicators (WDI) & Global Development Finance (GDF)*. Consulté en décembre 2011

Annexe A. Liste des abréviations de la base

Zones :		
FR	France	France
E26	Union-Européenne à 27 - France	European Union - France
CIS	Russie + Ukraine + pays ex-URSS	Russia + Ukraine + other CIS countries
CHN	Chine + Taïwan	China + Taiwan
THA	Thaïlande	Thailand
EA	Asie de l'Est : Japon + Corée du Sud	East Asia : Japan + South Korea
SEA	Asie de Sud-est : Indonésie + Malaisie + Philippines	South East Asia : Indonesia + Malaysia + Philippines
SA	Asie du Sud : Inde + Bangladesh + Pakistan	South Asia : India + Bangladesh + Pakistan
AUS	Australie	Australia
NAF	Afrique du Nord : Algérie + Egypte + Lybie + Maroc + Tunisie	North Africa : Algeria + Egypt + Libya + Morocco + Tunisia
SSA	Afrique Sub-saharienne dont Afrique du Sud	Subsaharian Africa includ. South Africa
USA	Etats-Unis	United States of America
CAN	Canada	Canada
MEX	Mexique	Mexico
BRA	Brésil	Brazil
ARG	Argentine	Argentina
ROW	MONDE - régions distinguées individuellement	Rest of the world

Variables :		
AH	Surface	Area harvested
YLD	Rendement	Yield
QP	Production	Production
IM	Importation	Imports
EX	Exportation	Exports
BST	Stock de début	Beginning stocks
ST	Stock de fin	Stocks
FO	Alimentation humaine	Food
FE	Alimentation animale	Feed
IND	Utilisation industrielle	Industrial uses
CR	Trituration	Crushing
	Utilisation pour biocarburants	
PP	Prix à la production	Producer price
IMP	Prix à l'importation	Import price
EXP	Prix à l'exportation	Export price
XP	Prix mondial	International price

Produits :		
WT	Blé	Wheat
MA	Maïs	Corn
BA	Orge	Barley
RI	Riz	Rice
OC	Autre céréales	Other cereals
CE	Céréales	Cereals
FP	Pois protéagineux	Field peas
RP	Graine de colza	Rapeseed
SF	Graine de tournesol	Sunflowerseed
SB	Graine de soja	Soybean
PAL	Graine de palme	Palm
GN	Graine d'arachide	Groundnut
CN	Graine de coprah	Coconut
CSE	Graine de coton	Cottonseed
OS	Graines d'oléagineux	Oilseeds
RL	Huile de colza	Rapeseed oil
SFL	Huile de tournesol	Sunflower oil
SL	Huile de soja	Soy oil
PL	Huile de palme	Palm oil
KL	Huile de palmiste	Palm kernel oil
GL	Huile d'arachide	Groundnut oil
CL	Huile de coprah	Coconut oil
CSL	Huile de coton	Cottonseed oil
OL	Huiles d'oléagineux	Oils
RM	Tourteau de colza	Rapemeal
SFM	Tourteau de tournesol	Sunflowermeal
SM	Tourteau de soja	Soymeal
KM	Tourteau de palmiste	Kernel meal
GM	Tourteau d'arachide	Groundnut meal
CM	Tourteau de coprah	Coconut meal
CSM	Tourteau de coton	Cottonseed meal
OM	Tourteaux d'oléagineux	Oil meal
SBE	Betterave à sucre	Sugarbeet
SCA	Canne à sucre	Sugarcane
SU	Sucre centrifugé	Centrifugal sugar
BESU	Sucre de betterave	Beet sugar
CASE	Sucre de canne	Cane sugar
SUP	Cultures sucrières	Sugar plants
ET	Ethanol carburant	Ethanol
BD	Biodiesel	Biodiesel
DDGMA	Drêches de maïs	Dried distillers grains from corn
DDGWT	Drêches de blé	Dried distillers grains from wheat
DDGOC	Drêches d'autres céréales	Dried distillers grains from other cereals
PULP	Pulpes de betteraves	Beet pulp

Annexe B. Détermination des quantités de matières premières utilisées pour la production de biocarburants.

Matière première	Tonne de mp par tonne de biocarburant (éthanol ou biodiesel)	Pays de référence
Betterave à sucre	12,66	FRA
Blé	3,54	FRA
Maïs	2,70	FRA
Huile de colza	1,03	FRA
Huile de tournesol	1,04	FRA
Huile de soja	1,04	FRA
Huile de palme	1,06	FRA
Huile de soja	1,03	BRA
Huile de coton	1,00	BRA
Orge et céréales diverses	5,26	E27
Maïs	3,16	CAN
Blé	3,38	CAN
Canne à sucre	15,50	BRA
Maïs	3,15	USA, CHN
Blé	3,50	CHN

Sources : InNuméri, USDA

Annexe C. Détermination des prix des fermages des terres agricoles

Sources des données pour le prix de fermage des terres cultivées hors pâtures par zone

Zones	prix des fermages (USD/ha)	Sources
FR	200	Auteurs
USA	267	USDA
CAN	190	Farm Credit Canada
E26	200	Auteurs
BRA	180	http://www.brazilintl.com/agland/land-prices/land-prices.htm#.UV2jFKOh2dA (sud Est)
EA	1500	Japan Real Estate Institute. National Chamber of Agriculture. (Rizières)
CHN	667	Presse 267\$/acre
SA	336	= Asie du Sud-Est
ARG	120	http://www.rawfarmlandinvestmentsforsale.com/
MEX	120	= Argentin
CIS	40	=20% prix du Brésil, presse
THA	336	= Asie du Sud-Est
NAF	80	Presse
SSA	48	GTAP pour reste de l'Afrique (+ 16% augmentation depuis 2001, presse)
SEA	336	augmentation de 16% % 2001
AUS	40	=1000/25, avec prix de la terre=1000 de International farmland market
ROW	300	

Pondération de la valeur des fermages par cultures

	FR	USA	CAN	E26	BRA	EA	CHN	SA	ARG	MEX	CIS	THA	NAF	SSA	SEA	AUS	ROW
Valeur des fermages (USD/ha) :	200	267	190	200	180	1500	667	336	120	120	40	336	80	48	336	40	300
Pondérations :																	
BA	1.00	1.30	0.59	0.94	0.55	0.20	0.30	0.30	1.07	1.07	0.85	0.30	0.65	0.65	0.50	1.28	0.30
RI	1.00	1.07	1.38	1.22	1.27	1.00	2.00	2.00	1.01	1.01	1.08	2.00	2.00	2.00	3.00	0.73	2.00
WT	1.00	1.07	1.38	1.22	1.27	0.20	0.30	0.30	1.01	1.01	1.08	0.30	2.00	2.00	0.50	0.73	0.30
MA	1.00	1.30	0.59	0.94	0.55	0.20	0.30	0.30	1.07	1.07	0.85	0.30	0.65	0.65	0.50	1.28	0.30
OC	1.00	1.07	0.59	1.22	0.55	0.20	0.30	0.30	1.01	1.01	1.08	0.30	2.00	2.00	0.50	0.73	0.30
FP	1.00	0.50	1.38	1.22	1.27	0.20	0.30	0.30	1.01	1.01	1.08	0.30	2.00	2.00	0.50	0.73	0.30
CN	1.00	0.50	1.01	0.79	1.10	0.25	0.30	0.30	0.87	0.87	0.88	0.30	0.40	0.40	0.25	1.50	0.30
CSE	1.00	0.50	1.01	0.79	1.10	0.25	0.30	0.30	0.87	0.87	0.88	0.30	0.40	0.40	0.25	1.50	0.30
PAL	1.00	0.50	1.01	0.79	1.10	0.25	0.30	0.30	0.87	0.87	0.88	0.30	0.40	0.40	0.25	1.50	0.30
GN	1.00	0.50	1.01	0.79	1.10	0.25	0.30	0.30	0.87	0.87	0.88	0.30	0.40	0.40	0.25	1.50	0.30
RP	1.00	0.50	1.01	0.79	1.10	0.25	0.30	0.30	0.87	0.87	0.88	0.30	0.40	0.40	0.25	1.50	0.30
SB	1.00	0.50	1.01	0.79	1.10	0.25	0.30	0.30	0.87	0.87	0.88	0.30	0.40	0.40	0.25	1.50	0.30
SF	1.00	0.50	1.01	0.79	1.10	0.25	0.30	0.30	0.87	0.87	0.88	0.30	0.40	0.40	0.25	1.50	0.30
SBE	1.00	2.00	1.05	0.75	1.62	0.50	0.30	0.50	1.50	1.50	2.00	0.50	2.00	2.00	1.50	2.00	0.50
SCA	1.00	2.00	1.05	0.75	1.62	0.50	0.50	0.50	1.50	1.50	2.00	0.50	2.00	2.00	1.50	2.00	0.50

Source : GTAP 6 et auteurs

Annexe D. Coefficients techniques dans les secteurs de la trituration

Coefficients techniques d'extraction d'huile (huile/graine)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Coprah					0.63	0.62		0.58			0.64		0.64				0.56
Coton	0.16		0.16	0.16		0.15	0.15	0.16	0.18	0.16		0.17	0.18	0.16		0.16	0.16
Régime de palme			0.20		0.20	0.20		0.09			0.26		0.20				0.32
Palmiste			0.43		0.45	0.46		0.45			0.46		0.43			0.44	0.45
Arachide	0.32		0.32	0.29	0.31	0.33	0.31	0.33	0.50		0.32		0.25			0.36	0.32
Colza	0.44	0.42				0.38	0.35	0.40	0.40	0.40		0.40	0.40	0.38	0.44	0.41	0.41
Soja	0.19	0.18	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.21	0.19	0.18	0.18	0.18	0.20	0.18	0.19
Tournesol	0.43		0.39	0.41		0.38	0.36	0.39		0.40		0.42	0.42	0.42	0.45	0.41	0.42

Coefficients techniques de production de tourteau (tourteau/graine)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Coprah					0.32	0.35		0.33			0.35		0.33				0.34
Coton	0.46		0.49	0.47		0.47	0.43	0.46	0.44	0.46		0.48	0.46	0.45		0.43	0.43
Palmiste			0.56		0.53	0.54		0.55			0.54		0.56			0.56	0.54
Arachide	0.43		0.40	0.44	0.38	0.39	0.40	0.37	0.50		0.40		0.50			0.44	0.32
Colza	0.60	0.58				0.60	0.63	0.60	0.57	0.60		0.58	0.57	0.59	0.48	0.60	0.58
Soja	0.79	0.79	0.78	0.78	0.79	0.80	0.79	0.79	0.78	0.93	0.79	0.79	0.79	0.79	0.76	0.79	0.80
Tournesol	0.48		0.45	0.44		0.44	0.55	0.42		0.53		0.54	0.42	0.40	0.50	0.56	0.39

Coefficients techniques de production de graine de palmiste (graine de palmiste/régime de palme)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Régime de palme			0.05		0.05	0.05		0.05			0.05		0.05				0.05

Source : Auteurs, année de référence 2009

Annexe E. Coefficients techniques dans les secteurs des biocarburants

Coefficients de transformation huile en biodiésel (biodiesel/huile)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Huile de coprah					0.95												
Huile de coton			1.00														
Huile de palme	0.95				0.95				0.95		0.95				0.95	0.95	0.95
huile de colza	0.97	0.97										0.97		0.97	0.97	0.97	0.97
Huile de soja	0.96		0.97	0.97					0.97						0.96	0.96	0.97
Huile de tournesol															0.96	0.96	

Coefficients techniques de production d'éthanol (éthanol/graine)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Orge																	0.19
Blé		0.30					0.29								0.28	0.28	
maïs	0.32	0.32					0.32								0.37	0.37	
Autres céréales												0.19				0.19	
Betterave à sucre															0.08	0.08	
Canne à sucre			0.06		0.06			0.06			0.06						0.06

Coefficients techniques de production de coproduits de l'éthanol (drêches/graines ou pulpes/betterave humide)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Blé		0.30					0.30								0.30	0.30	
maïs	0.37	0.37					0.37								0.37	0.37	
Orge																	0.30
Autres céréales												0.30				0.30	
Betterave à sucre															0.05	0.05	

Source : Auteurs, année de référence 2009

Annexe F. Coefficients techniques dans les secteurs du sucre

Coefficients techniques d'extraction de sucre (sucre/betterave ou canne humide)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Betterave à sucre	0.14	0.09				0.17	0.19		0.20	0.14				0.24	0.13	0.19	0.14
Canne à sucre	0.13		0.09	0.12	0.10	0.07	0.11	0.12	0.08	0.14	0.11	0.16	0.13		0.09	0.09	0.09
Betterave sous quota															0.13	0.19	

Coefficients techniques de production de coproduits du sucre (pulpe/betterave humide)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Betterave à sucre	0.05	0.05				0.05	0.05		0.05	0.05				0.05	0.05	0.05	0.05
Betterave sous quota															0.05	0.05	

Source : Auteurs, année de référence 2009

Annexe G. Rendements à l'hectare des cultures

Rendements à l'hectare des cultures (T/ha)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Orge	3.9	3.3	2.6	2.7		2.1	3.7	1.7	3.4	1.7		1.8	2.2	2.1	8.2	4.0	1.8
Riz	5.7		2.9	3.3	2.8	2.3	4.6	1.3	5.0	6.4	1.9	7.8	3.2	2.7	3.6	4.2	2.4
Blé	3.0	2.8	2.1	3.0		2.8	4.7	2.3	3.3	2.8		1.6	5.0	2.1	7.1	4.9	2.3
maïs	10.3	8.4	4.3	8.5	2.4	2.1	5.3	1.8	4.9	5.9	4.1	5.4	3.2	4.1	9.9	6.2	3.6
Autres céréales	3.9	2.9	2.3	4.1		0.9	2.1	0.9	1.2	3.3	1.9	2.0	3.7	1.8	5.5	3.4	1.6
Pois protéagineux	1.7	2.0	2.2	1.2	12.7	1.1	1.2	0.7	2.0	0.6		1.2	1.4	1.7	4.8	5.1	1.1
Graine de coprah					0.6	0.4		0.1			0.3		1.4				0.4
Graine de coton	1.2		2.4	0.7	1.2	1.1	2.4	0.5		1.1		2.7	2.0	1.1		1.3	1.5
Graine d'arachide	3.8		2.5	3.8	1.6	0.9	3.4	0.9	2.4	2.9	1.8	1.4	1.6				1.8
Graine de colza	2.0	2.0				1.0	1.9	0.7	1.0	1.0		1.4		1.6	3.8	3.2	2.1
Graine de soja	3.0	2.5	2.9	2.9	1.3	1.0	1.6	1.3	1.7	2.3	1.5	2.3	1.5	1.4	2.5	2.8	2.3
Graine de tournesol	1.7	1.6	1.4	1.5		0.8	2.0	1.2		0.4		1.3	1.0	1.3	2.4	1.6	1.3
Régime de palme			13.2		21.9	16.6		4.4			10.1		5.7				10.8
Betterave à sucre	57.7	62.8				34.3	34.9	14.8	62.2	39.5				29.1	94.0	55.1	52.4
Canne à sucre	73.1		80.4	58.2	53.1	58.4	67.7	51.5	66.8	89.2	73.7	76.7	61.0		70.1	85.7	64.9
Betterave sous quota															94.0	55.1	

Source : Auteurs, année de référence 2009

Annexe H. Rendements à la surface en huiles et tourteaux

Rendements à la surface en huiles (T/ha)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Huile de coprah					0.38	0.23		0.09			0.19		0.93				0.23
Huile de coton	0.20		0.40	0.12		0.15	0.34	0.08		0.18		0.46	0.35	0.18		0.21	0.25
Huile de palme			2.64		4.40	3.37		0.42			2.64		1.13				3.48
Huile de palmiste			0.30		0.51	0.40		0.11			0.24		0.13				0.26
Huile d'arachide	1.23		0.79	1.11	0.51	0.31	1.05	0.31	1.21		0.57		0.39				0.56
huile de colza	0.89	0.85				0.37	0.67	0.27	0.40	0.40		0.55		0.60	1.67	1.30	0.86
Huile de soja	0.55	0.46	0.56	0.56	0.24	0.18	0.29	0.24	0.32	0.47	0.29	0.41	0.27	0.25	0.51	0.50	0.43
Huile de tournesol	0.74		0.54	0.64		0.31	0.73	0.49		0.14		0.54	0.42	0.53	1.08	0.67	0.55

Rendements à la surface en tourteaux (T/ha)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Tourteau de coprah					0.20	0.13		0.05			0.11		0.48				0.14
Tourteau de coton	0.57		1.19	0.33		0.49	1.03	0.24		0.53		1.31	0.90	0.51		0.58	0.66
Tourteau de palmiste			0.38		0.61	0.47		0.13			0.28		0.17				0.31
Tourteau d'arachide	1.65		0.99	1.66	0.63	0.36	1.33	0.35	1.21		0.71		0.78				0.56
Tourteau de colza	1.22	1.17				0.58	1.18	0.41	0.57	0.60		0.79		0.93	1.83	1.89	1.21
Tourteau de soja	2.35	2.01	2.28	2.29	1.04	0.81	1.29	1.02	1.35	2.09	1.21	1.79	1.18	1.11	1.91	2.17	1.84
Tourteau de tournesol	0.84		0.61	0.68		0.36	1.11	0.52		0.19		0.70	0.42	0.50	1.18	0.91	0.51

Source : Auteurs, année de référence 2009

Annexe I. Rendements à la surface en biocarburants et en coproduits de l'éthanol

Rendements à la surface en biodiésel (T/ha)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
huile de coprah					0.36												
huile de colza	0.87	0.83										0.54		0.58	1.63	1.26	0.84
huile de soja	0.53		0.55	0.54					0.31						0.49	0.48	0.42
huile de tournesol															1.04	0.65	
huile de palme					4.17						2.49						3.30

Rendements à l'hectare en éthanol (T/ha)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Orge																	0.76
Blé		0.83					1.35								2.01	1.39	
maïs	3.28	2.65					1.67								3.66	2.29	
Autres céréales												0.37					0.64
Betterave à sucre															7.43	4.36	
Canne à sucre			5.19		3.43			3.32			4.75						4.19

Rendement à l'hectare en coproduits d'éthanol (T/ha)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Drêches de blé			0.84				1.42								2.14	1.47	
Drêches de maïs	3.82	3.10					1.95								3.65	2.28	
Drêches d'autres céréales																	
Pulpe de betterave															4.70	2.76	

Source : Auteurs, année de référence 2009

Annexe J. Rendements à la surface en sucre et en coproduits du sucre (pulpes)

Rendement à l'hectare en sucre (T/ha)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Betterave à sucre	7.97	5.72				5.91	6.72		12.38	5.46				6.90	12.04	10.48	7.34
Canne à sucre	9.45		7.57	6.83	5.55	4.08	7.60	6.10	5.57	12.45	7.77	12.30	7.72		6.05	7.40	5.69

Rendement à l'hectare en coproduits de sucreries (pulpes; T/ha)																	
	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Pulpe betterave à sucre	2.88	3.14				1.72	1.74		3.11	1.98				1.46	4.70	2.76	2.62
Pulpe betterave sous quota															4.70	2.76	

Source : Auteurs, année de référence 2009

Annexe K. Prix régionaux des produits en 2009 (USD/T)

	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Orge	230	230	230	184	230	230	230	242	1260	230	230	230	230	191	230	230	230
Riz	520	520	738	416	520	320	364	546	1425	520	520	520	520	432	520	520	520
Blé	216	216	216	166	216	216	311	227	216	324	216	216	216	207	216	216	216
maïs	179	179	179	143	179	179	258	188	179	179	179	179	179	104	179	179	179
Autres céréales	160	160	160	128	160	160	160	168	160	160	160	160	160	133	160	160	160
Pois protéagineux	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278	278
Graine de coprah	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Graine de coton	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Graine d'arachide	478	478	478	366	478	478	478	478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
Graine de colza	419	419	419	419	419	419	432	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419
Graine de soja	429	429	429	279	429	429	442	429	429	429	429	429	450	429	429	429	429
Graine de tournesol	452	452	452	307	452	452	452	452	452	452	452	452	452	457	452	452	452
Régime de palme	120	120	120	120	121	121	120	56	120	120	157	120	120	120	120	120	193
Graine de palmiste	304	304	304	304	243	304	304	304	304	304	304	304	304	304	304	304	304
Huile de coprah	921	921	921	921	921	921	921	921	921	921	921	921	921	921	976	976	921
Huile de coton	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1209	1282	1282	1209
Huile de palme	807	807	807	807	589	807	807	807	807	807	807	807	807	807	855	855	807
Huile de palmiste	972	972	972	972	972	972	972	972	972	972	972	972	972	972	1030	1030	972
Huile d'arachide	1291	1291	1291	1226	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1291	1368	1368	1291
huile de colza	927	927	927	927	927	927	1010	927	927	927	927	927	927	927	983	983	927
Huile de soja	1081	924	924	628	924	924	1007	924	924	924	924	924	924	924	979	979	924
Huile de tournesol	1013	956	956	669	956	956	956	956	956	956	956	956	956	956	1013	1013	956

Source : Auteurs, [$P_{i,r} = PW_i(1 - Tax_{export_{i,r}})$]

	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Tourteau de coprah	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Tourteau de coton	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244
Tourteau de palmiste	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Tourteau d'arachide	346	346	346	346	346	346	346	346	346	346	346	346	346	346	346	346	346
Tourteau de colza	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221
Tourteau de soja	392	384	384	261	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384
Tourteau de tournesol	228	228	228	160	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228
Drêche de maïs	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179
Drêche de blé	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216
Drêche d'autres céréales	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Ethanol	736	556	556	556	556	556	679	556	556	556	556	556	556	556	556	556	556
Biodiésel	1274	1274	1274	1062	1236	1274	1274	1274	1274	1274	1274	1274	1274	1274	1274	1274	1274
Betterave à sucre	23	18	18	18	18	18	59	19	122	18	18	18	18	28	18	18	18
Canne à sucre	23	19	19	19	19	19	61	20	125	19	19	19	19	28	19	19	19
Sucre centrifugé	504	400	400	400	400	400	1316	424	2704	400	400	400	400	616	400	400	400
Betterave sous quota															37	37	
Sucre sous quota															562	562	
pulpe de betterave	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217

Source : Auteurs [$P_{i,r} = PW_i(1 - Taxexport_{i,r})$]

Annexe L. Prix des fermages en 2009 (USD/ha)

	USA	CAN	BRA	ARG	SEA	SA	CHN	SSA	EA	NAF	THA	AUS	MEX	CIS	FR	E26	OTH
Orge	347	112	99	128	168	101	200	31	300	52	101	51	128	34	200	188	90
Riz	286	262	229	121	1009	672	1334	97	1500	160	672	29	121	43	200	244	600
Blé	286	262	229	121	168	101	200	97	300	160	101	29	121	43	200	244	90
maïs	347	112	99	128	168	101	200	31	300	52	101	51	128	34	200	188	90
Autres céréales	286	112	99	121	168	101	200	97	300	160	101	29	121	43	200	244	90
Pois protéagineux	134	262	229	121	168	101	200	97	300	160	101	29	121	43	200	244	90
Coprah	134	192	198	104	84	101	200	19	375	32	101	60	104	35	200	158	90
Coton	134	192	198	104	84	101	200	19	375	32	101	60	104	35	200	158	90
Palme	134	192	198	104	84	101	200	19	375	32	101	60	104	35	200	158	90
Arachide	134	192	198	104	84	101	200	19	375	32	101	60	104	35	200	158	90
Colza	134	192	198	104	84	101	200	19	375	32	101	60	104	35	200	158	90
Soja	134	192	198	104	84	101	200	19	375	32	101	60	104	35	200	158	90
Tournesol	134	192	198	104	84	101	200	19	375	32	101	60	104	35	200	158	90
Betterave à sucre	534	200	292	180	504	168	200	97	750	160	168	80	180	80	200	150	150
Canne à sucre	534	200	292	180	504	168	334	97	750	160	168	80	180	80	200	150	150
Betterave sous quota															200	150	

Source : Auteurs