



**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: Le modèle MATSIM-LUCA**

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

► **To cite this version:**

Agneta Forslund, Fabrice Levert, Alexandre Gohin, Chantal Le Mouël. 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: Le modèle MATSIM-LUCA. [Rapport Technique] Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. 2013, 119 p. hal-01208866

**HAL Id: hal-01208866**

**<https://hal.science/hal-01208866>**

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.



---

# ETUDE COMPLEMENTAIRE A L'ANALYSE RETROSPECTIVE DES INTERACTIONS DU DEVELOPPEMENT DES BIOCARBURANTS EN FRANCE AVEC L'EVOLUTION DES MARCHES FRANÇAIS 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 :

LE 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), Alexandre Gohin (INRA, UMR-SMART), Chantal Le Mouël (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](http://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	Description du modèle MATSIM-LUCA .....	6
1.1	Les dimensions du modèle .....	7
1.1.1	Les produits .....	7
1.1.2	Les zones géographiques .....	10
1.2	La spécification du modèle MATSIM-LUCA .....	15
1.2.1	La spécification de l'offre .....	15
1.2.2	La spécification de la demande .....	29
1.2.3	Les équations d'équilibre .....	34
2	Calibrage du modèle MATSIM-LUCA.....	37
2.1	Le calibrage des paramètres liés à l'offre.....	37
2.1.1	Le calibrage des paramètres liés à la demande dérivée des facteurs de production agricoles .....	37
2.1.2	Le calibrage des paramètres liés à l'offre des facteurs et intrants de production .....	40
2.2	Le calibrage des paramètres liés à la demande.....	45
2.2.1	Le calibrage des paramètres liés à la demande humaine.....	45
2.2.2	Le calibrage des paramètres liés à la demande animale.....	48
3	Validation du modèle MATSIM-LUCA .....	50
3.1	Calcul des élasticités-prix de MATSIM-LUCA .....	50
3.2	Les élasticités-prix <i>ex-post</i> des surfaces, productions, rendements de MATSIM-LUCA.....	50
3.2.1	Elasticités-prix des surfaces cultivées.....	50
3.2.2	Elasticités-prix d'offre.....	52
3.2.3	Elasticités-prix des rendements.....	54
3.3	Les élasticités-prix <i>ex-ante</i> d'offre de terre et de demandes animale et humaine de MATSIM-LUCA.....	55
3.4	La comparaison des élasticités-prix de MATSIM-LUCA avec celles utilisées par d'autres modèles de marchés et d'échanges agricoles .....	57
4	Perspectives .....	59
5	Références .....	60
	Annexe A : Méthode d'estimation des élasticités-prix de la demande animale issues de FEEDSIM...	61
	Annexe B : Elasticités-prix <i>ex-ante</i> de MATSIM-LUCA.....	67
	Annexe C. Elasticités-prix des autres modèles existants.....	95

## Liste des tableaux

Tableau 1: Produits pris en compte et variables associées dans le modèle .....	9
Tableau 2: Les zones géographiques considérées dans le modèle MATSIM-LUCA .....	12
Tableau 3: Répartition de la production mondiale de céréales en 2009 .....	13
Tableau 4 : Répartition de la production mondiale de graines oléagineuses en 2009 .....	13
Tableau 5 : Répartition de la production mondiale de cultures sucrières et de sucre en 2009 .....	14
Tableau 6: Répartition de la production mondiale de biocarburants en 2009.....	14
Tableau 7: Les secteurs d'activité de production des grandes cultures .....	16
Tableau 8: Les secteurs d'activité de l'offre de corps gras .....	21
Tableau 9: Les secteurs d'activité de l'offre de sucre centrifugé.....	25
Tableau 10: Les secteurs d'activité de l'offre biocarburants .....	27
Tableau 11 : Elasticités d'expansion des facteurs autres que la terre, toutes régions .....	45
Tableau 12 : Elasticités d'expansion des terres cultivées utilisées.....	45
Tableau 13 : Elasticités de substitution et d'expansion utilisées dans la demande humaine, toutes régions.....	47
Tableau 14 : Elasticités de substitution et d'expansion utilisées dans la demande animale, toutes régions.....	49
Tableau 15 : Elasticités prix de la demande humaine du sucre.....	119

## Liste des figures

Figure 1 : Zones géographiques représentées dans le modèle MATSIM-LUCA.....	12
Figure 2 : Structure de base de la technologie de production agricole, l'exemple du blé.....	17
Figure 3 : Représentation de l'offre de terres.....	18
Figure 4 : Structure de base de la technologie de l'offre de corps gras, l'exemple du colza.....	22
Figure 5 : Illustration de la structure de base de la technologie de production du complexe production de régimes de palme et trituration de palme/palmiste .....	24
Figure 6 : Structure de base de la technologie de l'offre de sucre centrifugé.....	25
Figure 7 : Structure de base de la technologie de l'offre de biodiesel .....	28
Figure 8 : Structure de base de la technologie de l'offre d'éthanol .....	28
Figure 9 : Structure de la demande humaine .....	30
Figure 10 : Structure de la demande animale .....	31
Figure 11 : Valeur de l'élasticité de substitution dans le secteur de la production agricole.....	39
Figure 12 : Valeur de l'élasticité de transformation des facteurs et intrants autres que la terre dans le secteur de la production agricole.....	42
Figure 13 : Valeurs de l'élasticité de transformation dans l'offre de terres aux secteurs agricoles .....	42
Figure 14 : Valeur de l'élasticité de transformation utilisée dans le secteur de la trituration .....	43
Figure 15 : Valeur de l'élasticité de transformation dans le secteur de production du biodiesel .....	44
Figure 16 : Valeurs des élasticités utilisées dans la demande humaine, toutes régions.....	47
Figure 17 : Valeurs des élasticités de substitution retenues dans la demande animale, toutes régions .....	48

## Introduction

L'objectif de ce rapport est de présenter le modèle MATSIM-LUCA (Market And Trade SIMulation model for Land Use Change Analysis). C'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, une attention particulière est apportée à la représentation des technologies de production (technologies des secteurs de la production agricole, de l'alimentation animale, de la trituration des graines oléagineuses, de la production des biocarburants) et à la représentation du fonctionnement des marchés des facteurs de production (marché de la terre notamment, mais également marché des autres facteurs, travail et capital).

Le rapport décrit tout d'abord les dimensions et la spécification du modèle MATSIM-LUCA. Le calibrage du modèle fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre traite de la validation du modèle, effectuée principalement via la comparaison des élasticités retenues pour le modèle MATSIM-LUCA aux élasticités utilisées dans d'autres modèles de marchés et d'échanges agricoles. Enfin le quatrième chapitre conclut en évoquant les pistes d'améliorations de la version actuelle du modèle.

## 1 Description du modèle MATSIM-LUCA

Le modèle MATSIM-LUCA (Market And Trade SIMulation model for Land Use Change Analysis), développé pour cette étude, est un modèle d'équilibre partiel des marchés et des échanges mondiaux agricoles, centré, dans sa version actuelle, sur les grandes cultures.

Initialement inspiré du modèle OLEOSIM (Dronne et al. 2003), le modèle MATSIM-LUCA s'en écarte finalement largement, notamment sur les points suivants :

- il adopte des spécifications du côté de l'offre de produits agricoles relevant d'une approche différente. Alors qu'OLEOSIM repose sur des équations de surfaces et des équations de rendements indépendantes (surface cultivée et rendement pour chaque culture étant des fonctions des rentabilités relatives des différentes cultures) qui découlent de la technologie sous-jacente, qui reste donc implicite, nous adoptons une approche plus proche de celle des modèles d'équilibre général calculable, qui offre l'avantage de représenter explicitement les technologies de production et les marchés des facteurs et intrants de production (terre et autres facteurs et intrants) ;
- il représente le secteur des biocarburants de première génération ;
- il permet de procéder à une simulation historique des équilibres de marchés observés sur une certaine période et de bien identifier, dans le passage d'une année à l'année suivante, les effets spécifiques dus à différents facteurs dans différentes zones du monde, notamment le développement des biocarburants en France ;
- il isole la France du reste de l'Europe afin d'être en mesure d'examiner les effets spécifiques sur les marchés (français, européens et mondiaux) et en termes de changement d'affectation des sols induits par le développement des biocarburants à l'échelle nationale ;
- il considère une couverture de produits plus large et une modélisation plus fine de certains produits (palme et coton, notamment).

Le modèle MATSIM-LUCA fonctionne en statique comparative. Partant d'une situation initiale d'équilibre des marchés mondiaux (dans laquelle, pour chaque produit, la somme des ressources des différentes zones est égale à la somme des utilisations des différentes zones, ou, dit autrement, la somme des soldes commerciaux nets des différentes zones est égale à zéro), il calcule le nouvel équilibre de ces mêmes marchés consécutivement à un ou plusieurs chocs exogènes (accroissement des utilisations de biocarburants en France ou dans d'autres zones ou augmentation des revenus des ménages dans une ou plusieurs zones ou encore augmentation des prix des intrants agricoles par exemple) qui constituent le scénario simulé. La comparaison du nouvel équilibre à l'équilibre initial permet alors de mesurer les conséquences sur les prix, les productions, les consommations, les échanges et, dans cette étude spécifiquement, les allocations de surface des chocs exogènes, portés par le scénario simulé.

De façon générale, les données utilisées pour cette étude proviennent principalement de la base de données PSD (Production Supply and Distribution online, USDA), complétée pour certains produits par FAOSTAT (bilans emplois-ressources et surfaces cultivées pour la betterave sucrière, la canne à sucre et les pois protéagineux, surfaces cultivées pour le palme et le coprah). Les bilans français proviennent des tableaux d'approvisionnement du Ministère en charge de l'Agriculture (AGRESTE) et sont complétés en 2009 par la source Eurostat. Pour les bilans des biocarburants, l'utilisation de plusieurs sources a été nécessaire, les sources principales étant F.O. Licht et InNuméri (2012). Les utilisations de matières premières pour la fabrication de biocarburants sont tirées des publications de l'USDA. Pour la France, nous nous sommes basés principalement sur les données compilées par la société InNuméri (InNuméri, 2012). Les prix mondiaux sont issus pour la plupart de la revue OilWorld (2011) complétée de données provenant de l'USDA. Les données sur les politiques commerciales et de soutien à la production considérées proviennent pour l'essentiel de l'OCDE (la base ESP) et des publications GAIN (Global Agriculture Information Network) de l'USDA. Tous les détails sur la construction de la base de données pour cette étude sont disponibles dans le rapport « La base de données du modèle MATSIM-LUCA », mars 2013 (Forsslund et al., 2013a).

## 1.1 Les dimensions du modèle

Avant de décrire les mécanismes économiques sur lesquels repose le modèle MATSIM-LUCA et les spécifications correspondantes des équations qui le composent, nous précisons la dimension produits, retenue pour la version actuelle du modèle, et la dimension géographique adoptée.

### 1.1.1 Les produits

Le modèle considère les principales grandes cultures produites et échangées dans le monde (céréales, oléagineux, protéagineux) et les principales cultures sucrières. Les biocarburants ainsi que les coproduits générés par leur fabrication à partir des matières premières agricoles sont également considérés. Au total, le modèle compte 39 produits, l'ensemble figurant dans le Tableau 1.

#### 1.1.1.1 Les céréales

Les céréales sont généralement transformées avant d'être consommées, notamment pour l'alimentation humaine (farine, semoule, etc.). Toutefois, pour ne pas complexifier inutilement le modèle, nous n'avons pas modélisé explicitement les transformations des céréales, ce qui constitue une pratique assez courante dans ce type de modèle. Nous avons pris en compte cinq catégories de céréales : le blé, le maïs, l'orge, le riz, les céréales diverses. Les céréales diverses sont un agrégat de céréales regroupant l'avoine, le millet, le sorgho et le seigle. Les céréales sont principalement utilisées pour l'alimentation humaine et pour l'alimentation animale, mais certaines d'entre elles sont également de plus en plus utilisées dans la fabrication d'éthanol carburant. Du côté de l'offre, les céréales sont considérées en concurrence entre elles et avec les autres cultures en ce qui concerne les allocations de surfaces et les allocations de facteurs de production (temps de travail disponible, utilisation de matériel agricole, ...). Du côté des demandes humaine et animale, elles sont, dans une certaine mesure, substituables entre elles, un même niveau de satisfaction du consommateur final ou une même composition de ration animale pouvant être obtenus via différentes combinaisons de chaque céréale.

#### 1.1.1.2 Les oléagineux

Les graines d'oléagineux sont pour l'essentiel une production intermédiaire : elles subissent une trituration aboutissant à la production jointe d'huiles et de tourteaux. Les principales graines d'oléagineux sont couvertes par le modèle : le soja, le colza, le tournesol, le coprah, le complexe palme/palmiste, le coton (et implicitement le coton fibre) et l'arachide. Chaque graine est triturée pour produire un seul type d'huile et un seul type de tourteau, hormis le complexe palme/palmiste qui présente des caractéristiques particulières. Le secteur de la trituration du régime de palme permet en effet de produire un type d'huile, l'huile de palme, ainsi que la graine de palmiste, qui est triturée ensuite pour produire de l'huile et du tourteau de palmiste. L'appellation « régime de palme » fréquemment utilisée ci-après correspond ainsi au groupement de fruits porté par le palmier, contenant à la fois la pulpe de fruits servant à faire de l'huile de palme et le noyau à l'intérieur duquel se trouve la graine de palmiste.

Le coton fibre n'est pas explicitement considéré dans le modèle, mais en revanche nous prenons explicitement en compte les recettes liées à la partie fibre perçues par le producteur de graines de coton. Au total, sont représentées explicitement dans le modèle sept graines et tourteaux d'oléagineux et huit huiles végétales. Comme dit plus haut, les graines sont principalement triturées et leur utilisation directe en alimentation humaine et animale est limitée à de très faibles quantités. Les huiles végétales sont consommées principalement en alimentation humaine, mais une part grandissante est dirigée vers la fabrication du biodiesel. Les tourteaux d'oléagineux sont presque exclusivement utilisés en alimentation animale où ils sont substituables entre eux et avec d'autres sources d'aliments protéiques comme les pois protéagineux ou les coproduits de la distillation de céréales en éthanol.

#### 1.1.1.3 Les cultures sucrières, le sucre et la pulpe

Comme les graines d'oléagineux, les cultures sucrières sont principalement une production intermédiaire dont l'objet est surtout la fabrication de sucre. Le modèle considère les deux principales cultures sucrières dans le monde : la betterave à sucre et la canne à sucre. Dans notre modèle, ces deux cultures produisent respectivement du sucre de betterave et du sucre de canne, ces deux produits étant ensuite regroupés dans un seul produit homogène appelé sucre centrifugé et utilisé en

alimentation humaine. Le modèle considère comme exogène les consommations directes de betterave pour nourrir les animaux (8% de la consommation mondiale essentiellement dans les pays de l'ex-URSS et en Europe) et de canne pour nourrir les hommes et les animaux (9% de la consommation mondiale). Nous modélisons en revanche la demande de betterave et de canne pour produire du sucre (74% de la consommation mondiale) et de l'éthanol carburant, respectivement 5,7% et 18,2% des utilisations mondiales en 2009. Nous considérons également la pulpe de betteraves, coproduit de la production de sucre et d'éthanol à partir de betterave et utilisée en totalité pour l'alimentation animale.

#### **1.1.1.4 Les biocarburants et leurs coproduits**

Nous distinguons l'éthanol carburant et le biodiesel. Il s'agit de biocarburants de première génération et nous supposons, dans le modèle, que l'éthanol carburant est fabriqué à partir de céréales et de cultures sucrières tandis que le biodiesel est obtenu à partir d'huiles végétales.

La fabrication des biocarburants à partir de matières premières agricoles engendre des coproduits. Pour l'éthanol, il s'agit des drèches de céréales, lorsque l'éthanol est fabriqué à base de céréales, et des coproduits du sucre (mélasses, pulpe, bagasse) lorsque l'éthanol est produit à partir de cultures sucrières. La glycérine est également un coproduit de la fabrication de biodiesel à partir d'huiles végétales ou d'autres graisses.

Par manque de données fiables sur les bilans et les prix de tous ces coproduits et pour ne pas complexifier inutilement le modèle, nous ne considérons que les coproduits produits en quantité suffisante pour être susceptibles d'impacter la structure de l'alimentation animale et de modifier les changements d'affectation des sols. Nous considérons d'une part, les coproduits liés à l'utilisation des céréales en éthanolerie et d'autre part, les pulpes de betteraves, coproduits de l'utilisation des betteraves pour la fabrication du sucre et de l'éthanol. Pour chacune des céréales concernées, l'ensemble des résidus de la transformation en éthanol est réuni sous le terme générique de drèches 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 des drèches de blé ou d'autres céréales. La production des drèches est dérivée de la production d'éthanol carburant et les drèches sont supposées être entièrement utilisées en alimentation animale. Les pulpes de betteraves, considérées en équivalent de matière sèche, sont quant à elle dérivées de l'utilisation de betteraves dans la fabrication de l'éthanol mais aussi du sucre. Elles peuvent être échangées et sont exclusivement destinée à l'alimentation des animaux.

La production d'huiles végétales génère des tourteaux, quel que soit son débouché final : alimentation humaine ou fabrication de biodiesel. La production de tourteaux est donc considérée au stade de la trituration.

Comme expliqué dans le rapport sur la constitution de la base de données du modèle (Forslund et al., 2013a), nos données concernant les biocarburants sont agrégées et intègrent au niveau de la consommation tous les types de consommation d'éthanol (avec ou sans adjonction d'isobutène pour produire de l'ETBE) et tous les types de consommation de biodiesel (avec ou sans adjonction de méthanol pour produire de l'EMHV,...). Notre modèle ne permet donc pas de faire la distinction entre les différentes technologies et les différents modes d'incorporation possibles. En revanche il représente bien les volumes de matières premières mis en œuvre. De la même manière au niveau du commerce international nos données intègrent les volumes de biocarburant échangés, y compris sous forme détournée mélangé à du carburant fossile pour contourner des droits de douanes.

Tableau 1: Produits pris en compte et variables associées dans le modèle

		AH	YLD	QP	IM	EX	BST	ST	FO	FE	IND	CR	BF	XP
prod	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

### 1.1.2 Les zones géographiques

Le modèle MATSIM-LUCA reprend en grande partie la désagrégation géographique du modèle OLEOSIM (Dronne et al., 2003), dont l'objet était de figurer les principaux acteurs (du côté de l'offre et/ou du côté de la demande) sur les marchés mondiaux des grandes cultures et en particulier sur ceux des oléagineux. Le monde est ainsi désagrégé en 17 zones géographiques, correspondant à des pays ou à des regroupements de pays ayant une importance stratégique sur les marchés considérés dans le modèle (cf. Tableau 2).

La France (FR) a été extraite de la zone Union Européenne afin de répondre à l'objectif premier de cette étude qui est d'évaluer les effets du développement des biocarburants en France sur les marchés français et internationaux et en termes de changement d'affectation des sols. Les principales productions de la France sont le blé et l'orge pour les céréales, le colza et le tournesol pour les oléagineux. La France est également le plus gros producteur mondial de betteraves à sucre et le deuxième plus gros producteur mondial de biodiesel (principalement à partir d'huile de colza) après l'Allemagne.

La zone « Reste de l'Union Européenne » (E26) est calculée par différence entre l'Union Européenne à 27 et la France. Il s'agit donc des 26 pays de l'UE, hors France, sur l'ensemble de la période, y compris la Roumanie et la Bulgarie même si leur adhésion à l'UE ne date officiellement que de 2007. Les principales productions de cette zone sont, à l'instar de la France, le blé et l'orge et le colza et le tournesol du côté des oléagineux. Les betteraves à sucre et le biodiesel sont également d'importantes productions du reste de l'UE.

L'Ex-URSS (CIS) regroupe la Russie, l'Ukraine et les autres anciens pays de l'Ex-URSS, membres de la CIS. Cette zone est une grande productrice de grandes cultures, en particulier de blé et d'orge pour les céréales, de tournesol parmi les oléagineux et de betteraves à sucre.

La Chine (CHN) est une « zone » composée de la Chine et de Taïwan pour des raisons statistiques. Ce pays est à la fois un grand producteur de céréales (notamment de maïs, de blé et de riz) et d'oléagineux (graines d'arachide, de coton et de colza). A elle seule, cette zone représente 20% de la production mondiale de céréales, 20% de la consommation mondiale de céréales et d'huiles oléagineuses et près de 25% de la consommation mondiale de tourteaux.

La Thaïlande (THAI) est surtout un grand pays producteur de sucre (à partir de la canne à sucre) et de riz. Ce « petit » pays représente près de 30% des exportations mondiales de riz et 10% des exportations mondiales de sucre.

La zone Asie de l'Est (EA) regroupe le Japon et la Corée du sud et produit surtout du riz. Cette zone est une grande importatrice de maïs (25% des importations mondiales), de graines (notamment de coton, de colza) et de tourteaux (coprah) d'oléagineux.

La zone Asie du Sud-Est (SEA) regroupe l'Indonésie, la Malaisie et les Philippines et est une très grande productrice et exportatrice de palme et de coprah (respectivement 85 % et plus de 70 % de la production mondiale de ces graines et entre 90 et 95% des exportations mondiales des huiles et tourteaux correspondants).

La zone Asie du Sud (SA) comprend l'Inde, le Pakistan et le Bangladesh. Ses principales productions sont le riz et le blé, le coton, le soja et le sucre (canne à sucre). La zone exporte surtout du riz, du maïs ainsi que des graines et tourteaux d'arachide. L'Asie du sud est une grande zone importatrice d'huiles (plus de 20% des importations mondiales toutes huiles confondues) et de pois (30% des importations mondiales).

Les principales productions de l'Australie (AUS) sont le blé et l'orge parmi les céréales et le colza parmi les oléagineux. Ses principales exportations concernent ces mêmes produits ainsi que le coton et le sucre (canne à sucre).

L'Afrique du Nord (NA) regroupe l'Algérie, l'Egypte, la Libye, le Maroc et la Tunisie qui sont des consommateurs importants d'oléagineux (huiles d'arachide, de palme et de tournesol, tourteaux d'arachide) et de céréales (riz, blé, céréales diverses). Les principales productions de cette zone sont

l'arachide, le blé et le riz. Il s'agit de la première zone d'importation mondiale de blé et d'une zone importante d'importation d'huiles de tournesol et de soja.

La zone Afrique sub-saharienne (SSA) regroupe tous les autres pays d'Afrique, dont l'Afrique du sud. Cette zone est un grand producteur et un grand consommateur de céréales diverses (notamment sorgho et millet) et d'arachides. La zone représente presque 20% des exportations mondiales de coton et 35 à 40% des exportations mondiales d'huile et de tourteaux d'arachides et de tourteaux de coton. La zone importe surtout du blé et du riz.

Les Etats-Unis (USA) sont le plus gros producteur mondial de maïs et de soja et le plus grand exportateur mondial de maïs, de graines de soja et de coton. Les Etats-Unis sont aussi le plus gros producteur mondial d'éthanol carburant (à partir de maïs) et le troisième plus gros producteur de biodiesel après l'Allemagne et la France.

Les principales productions du Canada (CAN) sont le blé et l'orge pour les céréales, le colza pour les oléagineux et les pois protéagineux. La zone produit plus d'un quart de la production mondiale de protéagineux et est le plus gros exportateur mondial de pois et de colza (plus de 50% des exportations mondiales).

Le Mexique (MEX) est distingué car ce « petit » pays est en effet un très grand consommateur et importateur de maïs, de céréales diverses et de coton (respectivement 8, 30 et 25% des importations mondiales).

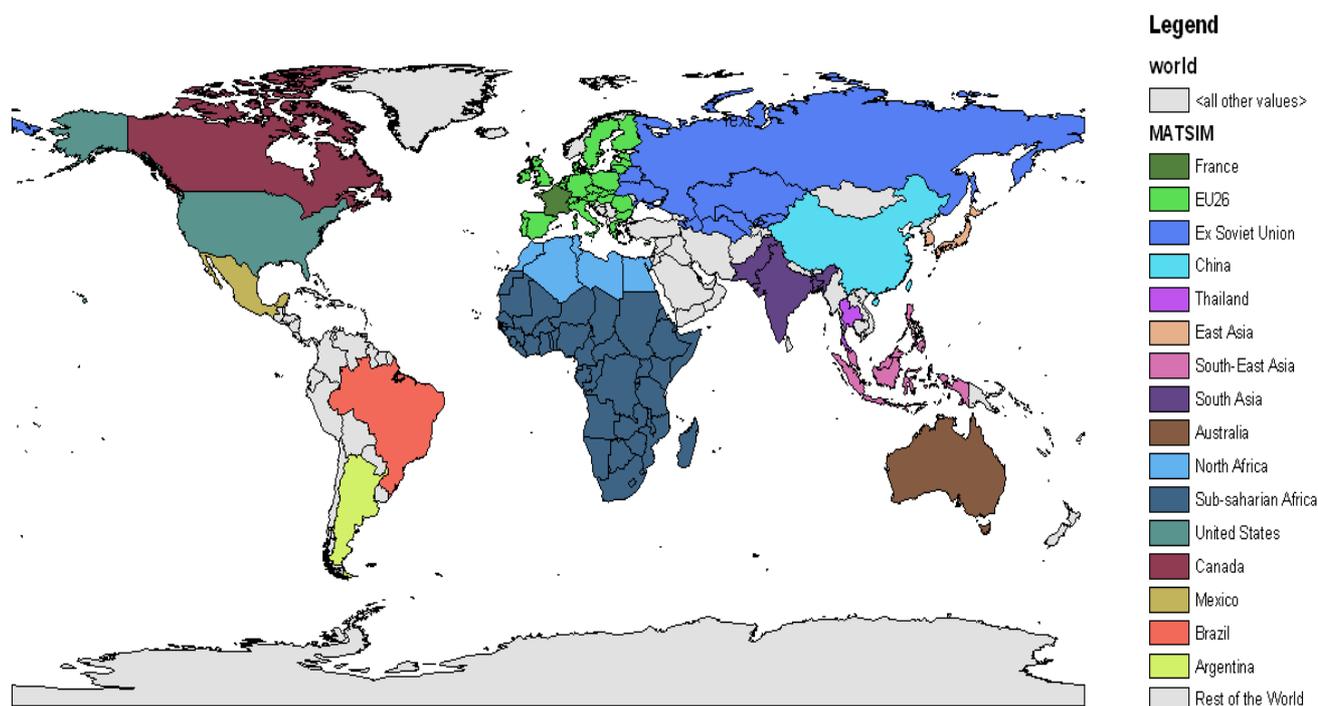
Le Brésil (BRA) est le premier producteur et exportateur mondial de sucre produit à partir de canne à sucre (respectivement 22% de la production et 40% des exportations mondiales). Le pays produit également un quart de la production mondiale de graines de soja (deuxième producteur après les Etats-Unis) et en exporte une grande partie. Le Brésil est enfin le deuxième plus gros producteur mondial d'éthanol (à partir de canne) après les Etats-Unis et représente près de 10% de la production mondiale de biodiesel.

L'Argentine (ARG) produit principalement du soja et du maïs. Le pays est le plus grand exportateur mondial d'huile et de tourteaux de soja ainsi que de biodiesel (à base de soja).

La zone « Reste du monde » (ROW) est une région relativement hétérogène car elle regroupe aussi bien des pays développés d'Europe (Suisse, Norvège, etc.) que des pays dispersés sur différents continents (hors Afrique) présentant des degrés de développement divers (Vietnam, pays d'Amérique du Sud, Caraïbes, etc.). Cette zone représente environ, respectivement, entre 3 et 10% des productions mondiales de céréales (hors riz) et de graines oléagineuses, et entre 10 et 15% des productions mondiales de riz et de cultures sucrières. Ces chiffres sont un peu plus élevés du côté des consommations.

**Tableau 2: Les zones géographiques considérées dans le modèle MATSIM-LUCA**

zones	Pays inclus
FR	France
E26	Union-Européenne à 27 - France
CIS	Russie + Ukraine + pays ex-URSS
CHN	Chine + Taiwan
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

**Figure 1 : Zones géographiques représentées dans le modèle MATSIM-LUCA**

Les quatre tableaux ci-dessous rapportent les parts des différentes zones dans la production mondiale de céréales, de graines oléagineuses, de sucre et de biocarburants, pour l'année 2009. Des tableaux rapportant les parts de ces zones dans la consommation et les échanges mondiaux de céréales, d'huiles et de tourteaux, ainsi que dans les surfaces de grandes cultures, pour l'année 2009, figurent en annexe de ce rapport.

**Tableau 3: Répartition de la production mondiale de céréales en 2009**

	BLE	MAIS	Céréales diverses	ORGE	RIZ	Total CEREALES
FR	6%	2%	2%	9%	0%	3%
E26	15%	5%	22%	33%	0%	10%
EX_URSS	17%	2%	10%	24%	0%	8%
CHINE	17%	20%	2%	2%	31%	19%
THAI	0%	1%	0%	0%	5%	1%
ASI_EST	0%	0%	0%	0%	3%	1%
ASI_SE	0%	2%	0%	0%	11%	3%
ASI_SUD	15%	2%	11%	1%	29%	12%
AUS	3%	0%	2%	5%	0%	1%
AFR_NOR	3%	1%	1%	5%	1%	2%
AFR_SUB	1%	7%	28%	1%	3%	5%
USA	9%	41%	8%	3%	2%	19%
CANADA	4%	1%	2%	6%	0%	2%
MEX	1%	2%	4%	0%	0%	1%
BRESIL	1%	7%	1%	0%	2%	3%
ARG	2%	3%	3%	1%	0%	2%
ROW	8%	5%	3%	10%	14%	8%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%

**Tableau 4 : Répartition de la production mondiale de graines oléagineuses en 2009**

	GCOPRAH	GCOTON	GPALM	GARACHI	GCOLZA	GSOJA	GTOURNE	Total GRAINES
FR	0%	0%	0%	0%	9%	0%	6%	2%
E26	0%	1%	0%	0%	26%	0%	17%	5%
EX_URSS	0%	6%	0%	0%	5%	1%	44%	5%
CHINE	0%	32%	0%	44%	22%	6%	6%	13%
THAI	1%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
ASI_EST	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ASI_SE	71%	0%	85%	4%	0%	0%	0%	4%
ASI_SUD	13%	36%	0%	15%	11%	4%	5%	9%
AUS	0%	1%	0%	0%	3%	0%	0%	1%
AFR_NOR	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
AFR_SUB	3%	4%	9%	22%	0%	0%	2%	3%
USA	0%	10%	0%	5%	1%	35%	5%	22%
CANADA	0%	0%	0%	0%	21%	1%	0%	4%
MEX	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BRESIL	0%	5%	1%	1%	0%	26%	0%	16%
ARG	0%	1%	0%	3%	0%	21%	8%	13%
ROW	9%	3%	3%	5%	0%	5%	7%	4%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

**Tableau 5 : Répartition de la production mondiale de cultures sucrières et de sucre en 2009**

	BET_SUC	CAN_SUC	SUC_CENT
FR	17%	0%	3%
E26	32%	0%	7%
EX_URSS	17%	0%	4%
CHINE	3%	7%	9%
THAI	0%	4%	5%
ASI_EST	2%	0%	1%
ASI_SE	0%	3%	3%
ASI_SUD	0%	20%	14%
AUS	0%	2%	3%
AFR_NOR	3%	1%	1%
AFR_SUB	0%	4%	5%
USA	13%	2%	5%
CANADA	0%	0%	0%
MEX	0%	3%	4%
BRESIL	0%	42%	22%
ARG	0%	1%	2%
ROW	13%	11%	12%
TOTAL	100%	100%	100%

**Tableau 6 : Répartition de la production mondiale de biocarburants en 2009**

	ETHANOL	BIODIESEL	Total BIOCARBURANTS
FR	1%	12%	3%
E26	4%	45%	13%
EX_URSS	0%	0%	0%
CHINE	3%	1%	2%
THAI	1%	3%	1%
ASI_EST	0%	1%	0%
ASI_SE	0%	5%	1%
ASI_SUD	0%	0%	0%
AUS	0%	1%	0%
AFR_NOR	0%	0%	0%
AFR_SUB	0%	0%	0%
USA	56%	12%	47%
CANADA	2%	1%	2%
MEX	0%	0%	0%
BRESIL	33%	9%	28%
ARG	0%	8%	2%
ROW	0%	2%	1%
TOTAL	100%	100%	100%

## 1.2 La spécification du modèle MATSIM-LUCA

Le modèle MATSIM-LUCA fonctionne sur la base de trois grands types de relations :

- celles décrivant le comportement des producteurs et l'offre des différents produits,
- celles décrivant le comportement des consommateurs (respectivement des éleveurs) et la demande humaine (respectivement animale),
- et les relations d'équilibre des marchés.

La spécification de ces différents types de relations est détaillée ci-après.

### 1.2.1 La spécification de l'offre

Dans notre modèle, l'offre émane de quatre types de secteurs qui utilisent des facteurs et intrants de production et des consommations intermédiaires pour produire des produits.

1. **Les secteurs de la production agricole** combinent de la terre et un agrégat d'autres facteurs de production et intrants (travail, capital, intrants variables) pour produire des céréales, des graines oléagineuses, des pois ou bien des cultures sucrières. Dans le modèle, chaque secteur ne produit qu'un seul produit ou type de produit agricole, il y a donc autant de secteurs que de produits agricoles. Les facteurs de production sont mobiles entre ces secteurs. La terre est supposée hétérogène et imparfaitement mobile entre les secteurs, tout comme l'agrégat des autres facteurs et intrants. Quel que soit le degré de mobilité des facteurs, leur allocation entre les différents secteurs est arbitrée en fonction des rentabilités espérées de leur utilisation alternative dans chaque secteur.
2. **Les secteurs de la transformation de corps gras** combinent des graines oléagineuses (qui sont alors des consommations intermédiaires) et un agrégat de facteurs de production et d'intrants (capital -qui représente l'usine et sa capacité de production-, travail, intrants variables tel que l'énergie par exemple) pour produire deux types de produits : les huiles et les tourteaux oléagineux. Chaque secteur produit donc un type d'huile et un type de tourteau, spécifiques à la graine triturée. Le secteur de la trituration du régime de palme fait toutefois exception puisqu'il produit un type d'huile, l'huile de palme, ainsi que la graine de palmiste, utilisée ensuite dans le secteur de trituration de graines de palmiste pour produire de l'huile et du tourteau de palmiste. Nous représentons explicitement le complexe de production et de trituration de palme et de palmiste dans le modèle. Nous faisons l'hypothèse que l'agrégat de facteurs de productions et d'intrants est mobile entre les différents secteurs. Cela revient à considérer les usines de trituration comme « multi-graines », capables de triturer plusieurs types de graines oléagineuses en fonction des rentabilités espérées dans chaque secteur. Seuls le régime de palme et le coprah sont considérés comme triturés à part, dans des usines dédiées. Il est à noter que l'huile de palme n'est produite que dans les régions qui possèdent des surfaces en palmiers produisant des régimes de palme (la pulpe n'étant pas transportable). Dans les autres régions (en Europe par exemple), l'huile de palmiste est produite à partir de graines de palmiste importées.
3. **Les secteurs de la production de sucre.** Ils combinent de la betterave sucrière ou de la canne à sucre (en consommations intermédiaires) et un agrégat de facteurs de production et d'intrants (capital, travail, intrants variables) pour produire au final un seul type de sucre commun, dénommé sucre centrifugé. Les technologies de production étant différentes selon la matière première utilisée, nous considérons deux secteurs distincts de production sucrière et utilisons l'information disponible dans les données observées pour répartir les quantités totales de sucre, produites régionalement, entre celui issu de la betterave et celui issu de la canne. Seule la fabrication de sucre à partir de betterave génère comme coproduit la pulpe utilisée en alimentation animale. Les autres coproduits de la production sucrière (bagasses, mélasses) ne sont pas considérés dans le modèle.
4. **Les secteurs de la production de biocarburants.** Nous considérons autant de secteurs de production de biocarburants que de types de matières premières utilisées, soit six secteurs pour la production de biodiesel et six secteurs pour la production d'éthanol. Les

premiers utilisent chacun une huile oléagineuse (en consommations intermédiaires), issue du secteur de la transformation des corps gras, et un agrégat de facteurs de production et d'intrants (capital, travail, intrants variables) pour produire du biodiesel, le coproduit tourteaux correspondant étant généré en amont lors de la trituration. Les seconds utilisent chacun soit un type de céréales, soit de la betterave, soit de la canne (en consommations intermédiaires) et un agrégat de facteurs de production et d'intrants pour produire de l'éthanol carburant et des coproduits utilisés en alimentation animale. Les drêches issues de la transformation des céréales et les pulpes issues de la transformation des betteraves en éthanol sont considérées à ce stade. Comme pour les secteurs de trituration de graines oléagineuses, nous faisons l'hypothèse que les usines de transformation en biocarburants sont multi-huiles et multi-céréales, c'est-à-dire qu'elles peuvent substituer certaines huiles entre elles pour produire du biodiesel et certaines céréales entre elles pour produire de l'éthanol en fonction de la rentabilité espérée de chaque secteur, la mobilité des facteurs de production (les usines) entre les différents secteurs étant permise.

Nous décrivons ci-après les technologies de production utilisées pour modéliser les offres des différents produits dans le modèle.

### 1.2.1.1 Les secteurs de la production agricole / L'offre de produit de grandes cultures

La technologie de production décrite dans cette partie s'applique aux cinq secteurs d'activités de production de céréales (blé, maïs, orge, céréales diverses et riz), aux sept secteurs d'activités de production de graines oléagineuses (colza, tournesol, soja, régime de palme, arachide, coprah et coton), aux deux secteurs d'activité de production de cultures sucrières (betterave et canne) et au secteur d'activité de production du pois protéagineux (Tableau 7).

**Tableau 7: Les secteurs d'activité de production des grandes cultures**

Secteurs d'activités <i>j</i>	Intrants variables et facteurs de production	Produits <i>i</i>
Production de blé	Terre + Autres facteurs	Blé
Production de maïs	Terre + Autres facteurs	Maïs
Production d'orge	Terre + Autres facteurs	Orge
Production de riz	Terre + Autres facteurs	Riz
Production de céréales diverses	Terre + Autres facteurs	Céréales diverses
Production de pois	Terre + Autres facteurs	Pois protéagineux
Production de colza	Terre + Autres facteurs	Graines de colza
Production de tournesol	Terre + Autres facteurs	Graines de tournesol
Production de soja	Terre + Autres facteurs	Graines de soja
Production de régime de palme	Terre + Autres facteurs	Régime de palme
Production de coprah	Terre + Autres facteurs	Graines de coprah
Production de coton	Terre + Autres facteurs	Graines de coton
Production d'arachide	Terre + Autres facteurs	Graine d'arachide
Production de betterave	Terre + Autres facteurs	Betterave à sucre
Production de canne	Terre + Autres facteurs	Canne à sucre

### La demande dérivée de facteurs de production

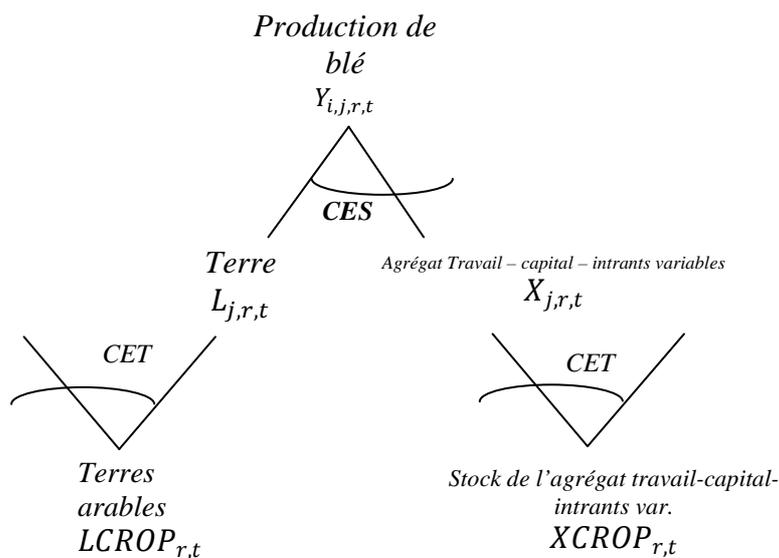
L'offre des produits de grandes cultures résulte du comportement de minimisation des coûts des agriculteurs.

Nous considérons un producteur représentatif ne produisant qu'un seul bien ( $Y_{i,j,r,t}$  étant la production du bien  $i$  par le secteur d'activité  $j$  dans la région  $r$  pendant la période  $t$ ). Son objectif est de produire un niveau donné de production en minimisant ses coûts de production. La technologie est « résumée » par la fonction de production qui donne le niveau maximum de production qu'il est possible de produire en combinant les facteurs et les intrants. Dans cette version du modèle, nous considérons deux facteurs et intrants : la terre (notée  $L_{j,r,t}$ ) d'un côté et un agrégat d'autres facteurs

de production et intrants nécessaires à la production agricole (travail, capital, intrants variables tels que engrais, pesticides, énergie, etc.) (noté  $X_{j,r,t}$ ).

Les technologies agricoles actuelles permettant la substitution entre facteurs et intrants, nous choisissons de représenter les technologies de production agricoles du modèle via des fonctions de production dites CES (Constant Elasticity of Substitution). L'hypothèse sous-jacente est que la terre et l'agrégat d'autres facteurs et intrants peuvent se substituer, en partie, l'un à l'autre pour obtenir un même niveau de production. La fonction CES présente l'avantage d'être très économe en termes de paramètres à calibrer lors de la phase de calibrage de modèle. En contrepartie elle impose une élasticité de substitution constante entre les facteurs utilisés.

**Figure 2 : Structure de base de la technologie de production agricole, l'exemple du blé**



Le programme de minimisation du coût du producteur sous la contrainte d'un niveau de production donné s'écrit alors :

$$\text{Min } (Px_{j,r,t} \cdot X_{j,r,t} + Pl_{j,r,t} \cdot L_{j,r,t})$$

$$\text{s.c } Y_{i,j,r,t} = \alpha_{j,r,t} [\delta_{j,r,t} \cdot X_{j,r,t}^{-\rho_{j,r}} + (1 - \delta_{j,r,t}) \cdot L_{j,r,t}^{-\rho_{j,r}}]^{-1/\rho_{j,r}}$$

Avec  $X_{j,r,t}$  l'agrégat de facteurs de production et intrants, autres que la terre,  $Px_{j,r,t}$  le prix correspondant,  $L_{j,r,t}$  la surface en terre utilisée,  $Pl_{j,r,t}$  le prix de la terre correspondant et  $Y_{i,j,r,t}$ , le niveau de production.  $\alpha$ ,  $\delta$  et  $\rho$ , sont des paramètres de comportement à calibrer (cf. chapitre suivant). Ce calibrage nécessite de poser une hypothèse sur le degré de substitution entre les différents facteurs, c'est-à-dire sur l'élasticité de substitution  $\sigma$  qui est une fonction du paramètre  $\rho$  telle que :  $\sigma = \frac{1}{1+\rho}$ .<sup>1</sup> Ainsi, et c'est là l'avantage essentiel des fonctions de production CES, le calibrage de l'ensemble du système ne requiert de poser une hypothèse a priori que sur un seul paramètre.

La fonction de production CES utilisée est supposée homogène de degré 1 par rapport aux facteurs de production. Cela revient à considérer des rendements d'échelle constants et signifie donc qu'à l'optimum, le producteur égalise ses recettes et ses dépenses, son profit étant nul. Nous avons donc :

$$Y_{i,j,r,t} \cdot Py_{j,r,t} = Px_{j,r,t} \cdot X_{j,r,t} + Pl_{j,r,t} \cdot L_{j,r,t}$$

<sup>1</sup> Pour ne pas alourdir la présentation, les indices des paramètres indiquant le secteur, la région et le temps sont régulièrement omis dans le texte.

Avec  $P_{y_{j,r,t}}$  le prix du produit  $Y_{i,j,r,t}$ .

La résolution de ce programme nous permet de déterminer les équations de demandes dérivées des deux facteurs de production  $X$  et  $L$  :

$$X_{j,r,t} = Y_{i,j,r,t} \cdot \alpha_{j,r,t}^{(\sigma_{j,r}-1)} \cdot \left[ \delta_{j,r,t} \cdot \frac{P_{y_{j,r,t}}}{P_{x_{j,r,t}}} \right]^{\sigma_{j,r}}$$

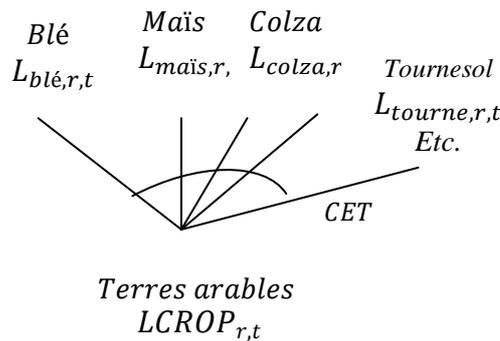
$$L_{j,r,t} = Y_{i,j,r,t} \cdot \alpha_{j,r,t}^{(\sigma_{j,r}-1)} \cdot \left[ (1 - \delta_{j,r,t}) \cdot \frac{P_{y_{j,r,t}}}{P_{l_{j,r,t}}} \right]^{\sigma_{j,r}}$$

Ces demandes dérivées de facteurs et intrants font face à des offres que nous modélisons également.

### L'offre de terres

Le premier facteur concerné est la terre agricole. Nous faisons l'hypothèse que la terre est hétérogène et imparfaitement mobile entre les secteurs. Il existe donc autant de marchés et de prix de la terre qu'il existe de secteurs qui l'utilisent. Sur chaque marché, l'équilibre est assuré via l'égalisation de la demande dérivée de terre concernée ( $L_{j,r,t}$  ci-dessus) et de l'offre de terre à ce secteur. L'offre de terre est représentée par une fonction CET (Constant Elasticity of Transformation) qui nous permet de représenter la mobilité de la terre, plus ou moins facile, entre les cultures considérées dans le modèle.

Figure 3 : Représentation de l'offre de terres



L'offre de terre résulte ainsi de la résolution d'un programme d'optimisation d'un agent détenteur d'un stock de terre global  $LCROP_{r,t}$  qui souhaite maximiser ses recettes en allouant son stock de terre à différents secteurs d'activité. Ce programme peut être écrit comme suit :

$$\max_{L_j} \sum_{j=1}^n (P_{l_{j,r,t}} L_{j,r,t})$$

$$\text{s.c. } LCROP_{r,t} = \alpha_{mobland_r,t} \left( \sum_{j=1}^n \gamma_{mobland_{j,r,t}} \cdot L_{j,r,t} \right)^{\frac{1}{\rho_{mobland_r}}}$$

avec  $\rho_{mobland_r} > 1$

avec  $L_{j,r,t}$  la quantité d'hectares de terre allouée au secteur  $j$  dans la région  $r$  à l'année  $t$ ,  $P_{l_{j,r,t}}$  le prix de la terre allouée au secteur  $j$  dans la région  $r$  à l'année  $t$  et  $LCROP_{r,t}$  le stock de terre (la surface globale disponible) alloué aux grandes cultures considérées dans notre modèle,  $\alpha_{mobland_r,t}$ ,  $\gamma_{mobland_{j,r,t}}$  et  $\rho_{mobland_r}$  sont respectivement les paramètres d'échelle, de distribution et de transformation de la fonction de transformation CET.

La fonction de transformation CET  $LCROP_{r,t}$  représente la facilité avec laquelle un hectare alloué à un secteur peut être transformé en un hectare alloué à un autre secteur. Si la terre était homogène, cette fonction serait simplement la somme des hectares alloués à chaque secteur. A l'inverse, comme c'est le cas ici, si la terre est supposée hétérogène, et imparfaitement mobile entre les secteurs, alors il existe différents types de terres, plus ou moins adaptés à chaque secteur d'activité. Dans ce cas, la fonction de transformation représente le degré ou la contrainte de substitution entre les différents types de terres.

Cette approche, très utilisée en équilibre général, reconnaît la diversité des qualités de terre. Mais elle présente un inconvénient lors de la présentation des résultats : la somme des surfaces sectorielles n'est pas égale à l'agrégat de la surface arable totale. Aussi, à l'instar de ce qui est fait dans le modèle MIRAGE (Laborde, 2011), nous modifions le système d'équations d'offre de terre aux différents secteurs par rapport à la spécification dérivée du programme d'optimisation ci-dessus.

L'une des équations du système stipule que l'offre de terre à un des secteurs est égale à la différence entre la surface arable totale et la somme des offres de terre aux autres secteurs. Ainsi, pour l'une des offres sectorielles (ici indiquée  $i$ ), nous spécifions tout simplement :

$$L_{i,r,t} = LCROP_{r,t} - \sum_{j \neq i} L_{j,r,t}$$

Les équations d'offre de terre aux autres secteurs prennent la forme :

$$L_{j,r,t} = L_{i,r,t} - \left( \frac{Pl_{j,r,t}}{\gamma_{mobland_{j,r,t}}} \frac{\gamma_{mobland_{i,r,t}}}{Pl_{i,r,t}} \right)^{\sigma_{mobland_r}}$$

Avec  $\sigma_{mobland_r} = \frac{\rho_{mobland_r}}{\rho_{mobland_r} - 1}$ , l'élasticité de transformation de la terre entre secteurs.

Tout en maintenant que le prix agrégé est déterminé par :

$$Pl_{crop_{r,t}} * L_{crop_{r,t}} = \sum_j Pl_{j,r,t} L_{j,r,t}$$

Enfin, l'offre globale de terre  $LCROP_{r,t}$  à destination du secteur des grandes cultures (céréales, oléagineux, protéagineux, cultures sucrières) dans son ensemble est représentée par une fonction qui permet de rendre compte d'une éventuelle réponse de la surface totale cultivée en grandes cultures au prix de la terre correspondante (i.e., une éventuelle réallocation entre la terre cultivée en céréales, oléagineux, protéagineux, cultures sucrières d'une part et d'autres usages, non représentés dans la version actuelle du modèle, tels que les prairies temporaires et permanentes par exemple, d'autre part) :

$$LCROP_{r,t} = LCROP_{r,0} * \left( \frac{Pl_{crop_{r,t}}}{Pl_{crop_{r,0}}} \right)^{\tau_r}$$

Où  $\tau$  est l'élasticité d'expansion des surfaces cultivées en céréales, oléagineux, protéagineux et cultures sucrières relativement au prix de la terre correspondante. Si  $\tau = 0$ , alors la surface totale cultivée est fixe et nous ne pouvons enregistrer que des réallocations entre secteurs au sein de cette surface totale limitée. Si  $\tau > 0$  alors une augmentation du prix de la terre grandes cultures entraîne un accroissement de la surface totale allouée aux cultures considérées dans notre modèle.

### L'offre de l'agrégat d'autres facteurs

Le second facteur de production utilisé dans la production agricole est un agrégat de facteurs autres que la terre (capital et travail) et d'intrants variables (engrais, produits phytosanitaires, carburants...). Cet agrégat est aussi supposé hétérogène et imparfaitement mobile entre les secteurs. Comme pour

le cas de la terre, il existe donc autant de marchés et de prix de cet agrégat qu'il existe de secteurs qui l'utilisent et sur chaque marché l'équilibre est assuré via l'égalisation de la demande dérivée de l'agrégat du secteur concerné à l'offre d'agrégat à ce secteur. Cette dernière résulte du programme d'optimisation de l'agent détenteur du stock d'agrégat de facteurs et intrants qui vise à maximiser les recettes qu'il peut retirer de l'allocation de ce stock aux différents secteurs, sachant que ce stock est plus ou moins adaptable à chaque secteur :

$$\begin{aligned} & \text{Max } \sum_j (Px_{j,r,t} \cdot X_{j,r,t}) \\ \text{s.c} \quad & XCROP_{r,t} = \beta_{r,t} \left( \sum_j \gamma_{j,r,t} X_{j,r,t}^{\theta_r} \right)^{-1/\theta_r} \end{aligned}$$

Avec  $X_{j,r,t}$  la quantité d'agrégat de facteur allouée au secteur  $j$  et  $Px_{j,r,t}$  le prix correspondant ;  $XCROP_{r,t}$  le stock total de l'agrégat des facteurs et intrants.

Comme pour la terre, c'est la fonction CET ci-dessus qui représente la contrainte selon laquelle il est plus ou moins difficile d'adapter le stock d'agrégat de facteurs et intrants à chaque secteur. L'élasticité de transformation mesure le degré de mobilité du stock  $XCROP_{r,t}$  entre tous les secteurs considérés dans la production agricole : si la mobilité est grande, l'agrégat de facteurs et intrants est facilement adaptable d'un secteur à l'autre, dans le cas contraire, l'agrégat est plutôt spécifique à chaque secteur. Comme dans le cas de la fonction CES, l'élasticité de transformation  $\varphi$  est une fonction du paramètre  $\theta$  telle que :  $\varphi = \frac{1}{\theta-1}$  et le calibrage de l'ensemble du système ne nécessite de poser une hypothèse a priori que sur ce paramètre.

La résolution du programme d'optimisation de l'agent détenteur du stock d'agrégat d'autres facteurs et intrants nous permet de déterminer les équations d'offre de cet agrégat à chaque secteur :

$$X_{j,r,t} = XCROP_{r,t} \cdot \beta_{r,t}^{\varphi_r+1} \cdot \left( \frac{Px_{j,r,t} / \gamma_{j,r,t}}{Pxcrop_{r,t}} \right)^{\varphi_r}$$

Le prix agrégé du stock d'agrégat de facteurs et intrants  $Pxcrop_{r,t}$  est déterminé via l'égalité suivante :

$$\sum_j (Px_{j,r,t} \cdot X_{j,r,t}) = Pxcrop_{r,t} \cdot XCROP_{r,t}$$

Soit, après résolution :

$$Pxcrop_{r,t} = \frac{1}{\beta_{r,t}} \cdot \left( \sum_j \gamma_{j,r,t}^{-\varphi_r} Px_{j,r,t}^{\varphi_r+1} \right)^{\frac{1}{\varphi_r+1}}$$

Finalement, nous autorisons également le stock total de facteurs et intrants à s'ajuster aux variations de son prix via une équation d'offre de la forme :

$$XCROP_{r,t} = XCROP_{r,0} \cdot \left( \frac{Pxcrop_{r,t}}{Pxcrop_{r,0}} \right)^{\varepsilon_r}$$

L'élasticité  $\varepsilon$  représente alors la tension sur le marché de l'agrégat de facteurs et intrants (tensions sur le marché du travail agricole par exemple).

### 1.2.1.2 L'offre de corps gras

La technologie décrite ici s'applique aux secteurs d'activité de trituration du colza, du tournesol, du soja, du régime de palme, du palmiste, de l'arachide, du coton et du coprah.

L'offre de corps gras des secteurs de trituration résulte d'une combinaison de graines oléagineuses et d'un agrégat de facteurs de production et intrants (capital -qui représente l'usine et sa capacité de production-, travail, intrants variables tel que l'énergie par exemple). La technologie de production est multi-produits puisque les usines produisent pour la plupart un type d'huile et un coproduit sous la forme de tourteaux. Le secteur de la trituration de régime de palme constitue une exception en permettant l'obtention de l'huile de palme à partir du pressage de la pulpe contenue dans les fruits du palmier, ainsi que de la graine de palmiste se trouvant dans le noyau du fruit du palmier. Le secteur de trituration de graines de palmiste permet ensuite la production d'huile de palmiste et de tourteau du palmiste.

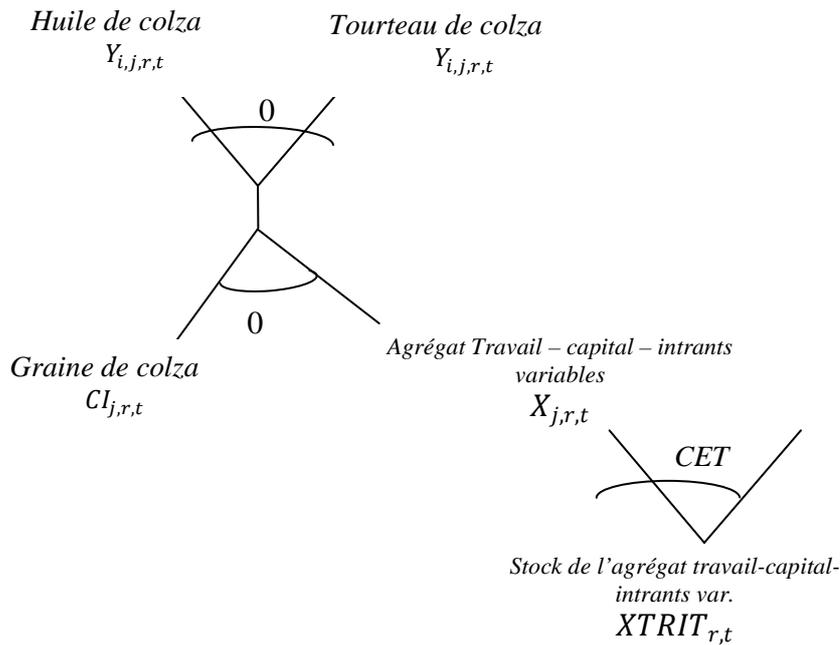
La technologie est supposée à coefficients fixes, c'est-à-dire que les proportions d'huiles et de tourteaux issues d'une graine sont considérées comme fixes.

**Tableau 8: Les secteurs d'activité de l'offre de corps gras**

<b>Secteurs d'activités <i>j</i></b>	<b>Matières premières et facteurs et autres intrants de production</b>	<b>Produits <i>i</i></b>
Trituration de colza	Graine de colza + Autres facteurs	Huile de colza + tourteau de colza
Trituration de tournesol	Graine de tournesol + Autres facteurs	Huile de tournesol + tourteau de tournesol
Trituration de soja	Graine de soja + Autres facteurs	Huile de soja + tourteau de soja
Trituration de régime de palme	Régime de palme + Autres facteurs	Huile de palme + graine de palmiste
Trituration de palmiste	Graine de palmiste + Autres facteurs	Huile de palmiste + tourteau de palmiste
Trituration de coprah	Graine de coprah + Autres facteurs	Huile de coprah + tourteau de coprah
Trituration d'arachide	Graine d'arachide + Autres facteurs	Huile d'arachide + tourteau d'arachide
Trituration de coton	Graine de coton + Autres facteurs	Huile de coton + tourteau de coton

Plus précisément, l'industriel représentatif de chaque secteur utilise la graine oléagineuse (matière première utilisée comme consommation intermédiaire) qu'il combine à un agrégat de facteurs de production et d'intrants, en proportions fixes, pour produire huile(s) et tourteau aussi en proportions fixes (cf. Figure 4 ci-dessous) par rapport aux quantités de graines utilisées en intrants.

Nous considérons que les usines de trituration sont multi-graines, et qu'elles peuvent donc être utilisées dans plusieurs secteurs de trituration. Ceci est traduit dans l'hypothèse de mobilité de l'agrégat de facteurs de production et d'intrants représentée par une fonction CET. Nous considérons que les usines multi-graines peuvent triturer du colza, du soja, du tournesol, du soja, du palmiste, du coton et de l'arachide. Seuls le coprah et le régime de palme sont triturés dans des usines spécifiques par un triturateur spécialisé dans ces types de graines.

**Figure 4 : Structure de base de la technologie de l'offre de corps gras, l'exemple du colza**

La recette du secteur de trituration  $j$ , exprimée comme le produit d'une quantité totale produite fictive  $Y_{j,r,t}$  et d'un prix correspondant fictif  $Py_{j,r,t}$ , est égale à la somme des recettes des ventes des quantités d'huile(s) et de tourteaux produites. Soit :

$$Py_{j,r,t} \cdot Y_{j,r,t} = \sum_i Py_{i,j,r,t} \cdot Y_{i,j,r,t}$$

Où  $Y_{i,j,r,t}$  est la quantité de produit  $i$  produite par le secteur  $j$  (ici  $i =$  huile, tourteau) et  $Py_{i,j,r,t}$  le prix correspondant.

Sous l'hypothèse de rendements d'échelles constants, le profit de l'industriel est nul à l'optimum : sa recette est égale à ses coûts en matières premières et en facteurs et intrants. Soit :

$$Py_{j,r,t} \cdot Y_{j,r,t} = (Pci_{j,r,t} \cdot CI_{j,r,t}) + PX_{j,r,t} \cdot X_{j,r,t}$$

Où  $Pci_{j,r,t}$  est le prix de la graine oléagineuse  $j$  et  $CI_{j,r,t}$  la quantité de graine oléagineuse  $j$  utilisée par le secteur  $j$  comme matière première en tant que consommation intermédiaire.

La technologie de production étant à coefficients fixes, les quantités d'huile et de tourteau produites par les différents secteurs  $j$  sont déterminées via un ratio ( $iot$ ) appliqué à la production totale du secteur. Ce ratio est prédéterminé au moment du calibrage à partir des valeurs d'entrées du modèle. Il synthétise l'efficacité du processus de transformation et reste constant en l'absence de progrès technique :

$$Y_{i,j,r,t} = iot_{i,j,r,t} \cdot Y_{j,r,t}$$

De la même manière, la quantité de graines utilisée en consommation intermédiaire par le secteur  $j$   $CI_{j,r,t}$  est proportionnelle à son niveau de production. Le coefficient correspondant ( $io$ ) est prédéterminé au moment du calibrage à partir des valeurs d'entrées du modèle.

$$CI_{j,r,t} = io_{j,r,t} \cdot Y_{j,r,t}$$

La quantité de l'agrégat de facteurs et intrants utilisée par le secteur  $j$   $X_{j,r,t}$  est également proportionnelle à son niveau de production :

$$X_{j,r,t} = Y_{j,r,t} \cdot \frac{X_{j,r,0}}{Y_{j,r,0}}$$

La quantité de l'agrégat de facteurs et intrants  $X_{j,r,t}$  demandée par le secteur  $j$  est confrontée à une offre de facteurs et intrants qui sont supposés mobiles entre les différents secteurs. Comme pour les secteurs de la production agricole, l'offre optimale de facteurs de production à chaque secteur, résulte du programme d'optimisation de l'agent détenteur du stock d'agrégat de facteurs qui vise à maximiser les recettes qu'il peut retirer de l'allocation de ce stock aux différents secteurs, sachant que ce stock est plus ou moins adaptable à chaque secteur, contrainte représentée par une fonction CET :

$$\begin{aligned} & \text{Max} \quad \sum_{j \text{ tritmult}} (P x_{j \text{ tritmult}, r, t} \cdot X_{j \text{ tritmult}, r, t}) \\ \text{s.c} \quad & XTRIT_{r,t} = \beta_{r,t} \left( \sum_{j \text{ tritmult}} \gamma_{j \text{ tritmult}, r, t} \cdot X_{j \text{ tritmult}, r, t} \right)^{\theta_r} \end{aligned}$$

Avec  $X_{j,r,t}$  la quantité d'agrégat de facteur allouée au secteur  $j$  et  $P x_{j,r,t}$  le prix correspondant ;  $XTRIT_{r,t}$  le stock total de l'agrégat des facteurs et intrants représenté par la fonction CET. L'élasticité de transformation mesure le degré de mobilité du stock  $XTRIT_{r,t}$  entre les différents secteurs telle que :  $\varphi = \frac{1}{\theta - 1}$ .

La résolution du programme permet de déterminer les équations d'offre de cet agrégat à chaque secteur :

$$X_{j,r,t} = XTRIT_{r,t} \cdot \beta_{r,t}^{\varphi_r + 1} \cdot \left( \frac{P x_{j,r,t} / \gamma_{j,r,t}}{P x_{\text{trit}, r, t}} \right)^{\varphi_r}$$

On peut déterminer le prix agrégé du stock d'agrégat de facteurs et intrants  $P x_{\text{crop}, r, t}$  via l'égalité suivante :

$$\sum_j (P x_{j,r,t} \cdot X_{j,r,t}) = P x_{\text{trit}, r, t} \cdot XTRIT_{r,t}$$

Soit, après résolution :

$$P x_{\text{trit}, r, t} = \frac{1}{\beta_{r,t}} \cdot \left( \sum_j \gamma_{j,r,t}^{-\varphi_r} P x_{j,r,t}^{\varphi_r + 1} \right)^{\frac{1}{\varphi_r + 1}}$$

Finalement, nous autorisons également le stock total de facteurs et intrants à s'ajuster aux variations de son prix via une équation d'offre de la forme :

$$XTRIT_{r,t} = XTRIT_{r,0} \cdot \left( \frac{P x_{\text{trit}, r, t}}{P x_{\text{trit}, r, 0}} \right)^{\varepsilon_r}$$

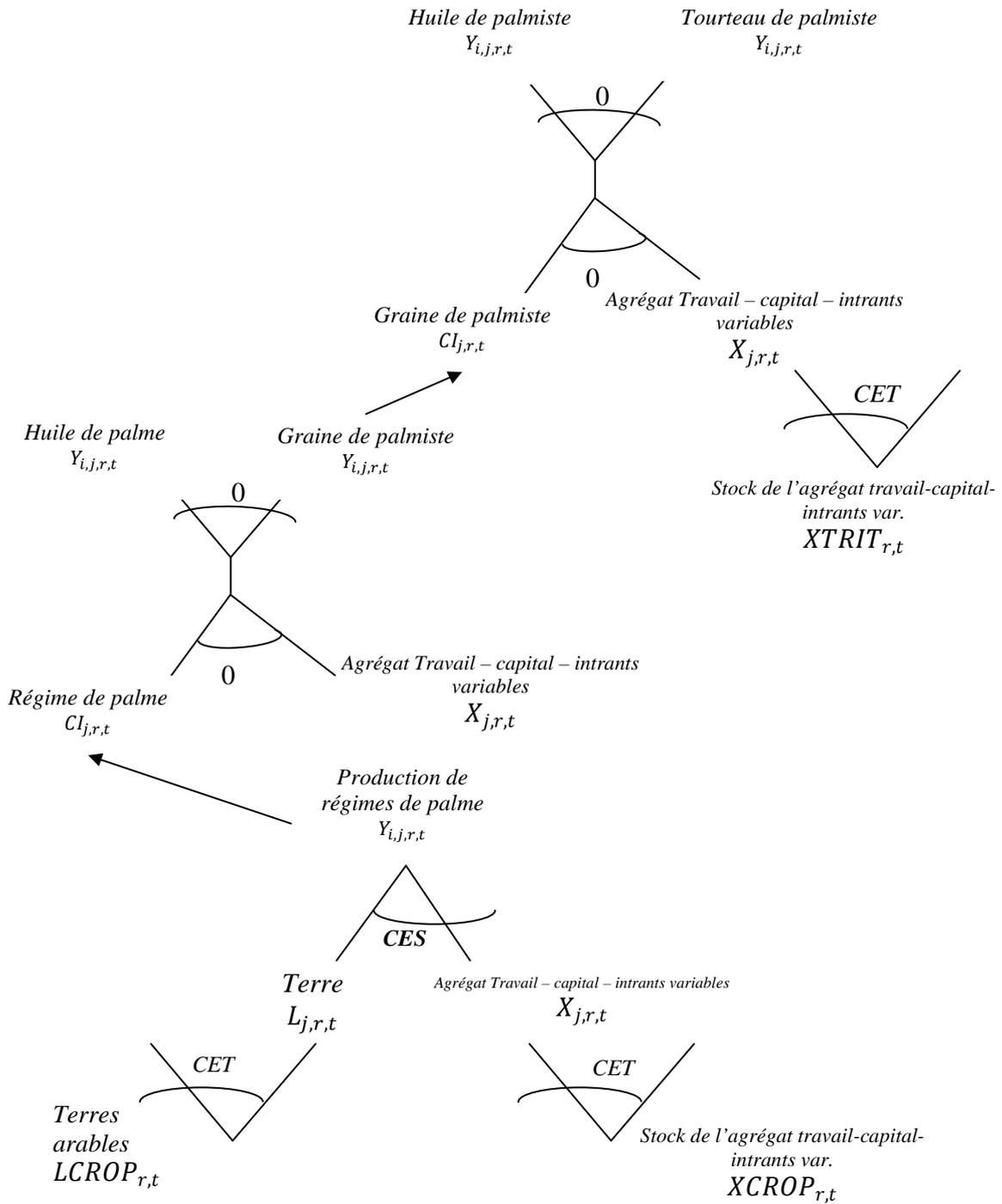
L'élasticité  $\varepsilon$  représente la tension sur le marché de l'agrégat de facteurs et intrants.

Quant à l'offre de facteurs et intrants dédiés aux secteurs de trituration du régime de palme et du coprah, elle est représentée par une fonction à élasticité-prix constante :

$$X_{j,r,t} = X_{j,r,0} \cdot \left( \frac{PX_{j,r,t}}{PX_{j,r,0}} \right)^{\varepsilon_r}$$

La structure de base de la technologie de production du complexe palme/palmiste est représentée par la Figure 5 ci-dessous. Les hypothèses quant aux fonctions de production sont similaires à celles décrites ci-dessus.

**Figure 5 : Illustration de la structure de base de la technologie de production du complexe production de régimes de palme et trituration de palme/palmiste**



### 1.2.1.3 L'offre de sucre centrifugé

Nous considérons deux secteurs d'activité indépendants qui produisent in fine le même bien, un sucre centrifugé partiellement débarrassé de sa mélasse. L'un des secteurs utilise la betterave à sucre, l'autre la canne à sucre comme matière première (en tant que consommation intermédiaire).

**Tableau 9: Les secteurs d'activité de l'offre de sucre centrifugé**

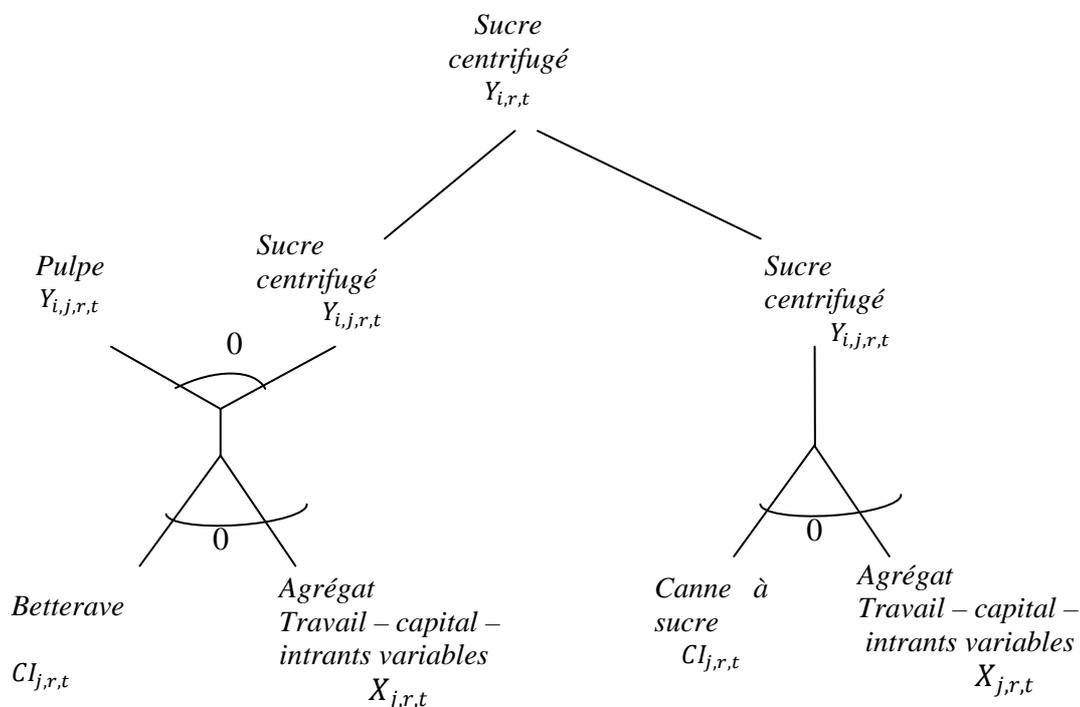
Secteurs d'activités <i>j</i>	Matières premières et facteurs et intrants de production	Produits <i>i</i>
Transformation de betterave	Betterave à sucre + Autres facteurs	Sucre centrifugé+pulpe
Transformation de canne	Canne à sucre + Autres facteurs	Sucre centrifugé

Sur le plan théorique, la technologie de production utilisée est la même que celles des secteurs d'activité des corps gras à la différence, que les coproduits ne sont modélisés que pour le secteur de transformation de la betterave (pulpe) et qu'il n'y a donc qu'un seul produit obtenu par le secteur de transformation de la canne. Nous ne considérons pas non plus de mobilité de l'agrégat de facteurs de production travail-capital-intrants entre le secteur de transformation de la betterave et celui de la canne, les technologies utilisées dans l'un et l'autre secteur étant considérées comme trop spécifiques à chaque secteur.

Toutes les équations d'offre, de demande dérivée de matières premières, de demande dérivée et d'offre de l'agrégat de facteurs et intrants sont analogues à celles présentées dans le cas précédent. Nous ajoutons simplement l'équation de production totale de sucre centrifugé qui est égale à la somme des productions de sucre de chacun des 2 secteurs :

$$Y_{i,r,t} = \sum_j Y_{i,j,r,t}$$

**Figure 6 : Structure de base de la technologie de l'offre de sucre centrifugé**



## Représentation du régime du quota sucre dans l'Union Européenne

Nous avons représenté de manière simplifiée le régime du quota sucrier dans le modèle en introduisant deux secteurs et deux produits nouveaux pour les régions France et UE à 26 : les betteraves sous quota et le sucre sous quota.

Les quotas de production en vigueur en France et dans l'UE au niveau de la betterave et du sucre sont introduits par le biais de deux rentes qui représentent, pour les producteurs de betteraves et pour les transformateurs en sucre respectivement, l'écart entre le prix reçu pour leurs produits et leurs coûts marginaux de production respectifs, écarts générés lorsque les quotas de production de betteraves et de sucre sont contraignants, c'est-à-dire lorsqu'ils restreignent effectivement l'offre.

Ces rentes sont endogènes dans le modèle et assurent que l'offre de betteraves sous quota ainsi que l'offre de sucre sous quota ne peuvent excéder les niveaux de quotas correspondants. La rente liée à chacun des quotas est égale au montant du quota que multiplie une rente unitaire représentant l'écart entre le prix de soutien du produit et le coût marginal de production du niveau du quota. Lorsque cette rente unitaire est positive, le quota est contraignant et l'offre du produit sous quota est exactement égale au niveau du quota. Lorsque cette rente unitaire est nulle, le quota n'est pas contraignant et l'offre du produit sous quota est inférieure au niveau du quota. L'équation ci-dessous, applicable à la France et à l'UE à 26, permet de représenter ce schéma de fonctionnement des marchés sous quotas :

$$renteU_{i,j,r,t}(Y_{i,j,r,t} - quota_{i,j,r,t}) = 0$$

Avec  $renteU_{i,j,r,t}$  la rente unitaire associée au produit  $i$  (ici betterave ou sucre sous quota),  $Y_{i,j,r,t}$  la quantité produite de produit  $i$  et  $quota_{i,j,r,t}$  le niveau du quota de production correspondant.

Nous faisons l'hypothèse que les betteraves à sucre, qu'elles soient produites sous quota ou hors quota, ne s'échangent pas entre zones. Il n'y a donc pas de prix mondial de la betterave à sucre. En outre nous supposons que l'intégralité de la production d'éthanol provient des betteraves produites hors quota.

Le sucre s'échangeant entre pays, il existe un prix mondial du sucre. Nous considérons que le prix du sucre hors quota en France et dans l'UE à 26 est lié au prix mondial du sucre. En revanche, le prix du sucre sous quota en France et dans l'UE à 26 est indépendant de ce prix mondial : il est égal au prix de soutien du sucre, supérieur au prix mondial. Ainsi, l'exportation de sucre sous quota de la France et de l'UE à 26 vers des pays tiers n'est possible que si une subvention vient combler l'écart entre le prix de soutien du sucre (prix du sucre sous quota) et le prix mondial du sucre (prix du sucre hors quota).<sup>2</sup>

### 1.2.1.4 L'offre de biocarburants

La production de biodiesel résulte de la combinaison d'huiles oléagineuses et d'un agrégat de facteurs de production capital-travail-intrants. La production de bioéthanol est obtenue en combinant des céréales ou de la betterave ou de la canne à sucre avec un agrégat de facteurs de production capital-travail-intrants.

Le biodiesel est produit à partir de six types d'huiles par six secteurs d'activités différents. L'éthanol est produit à partir de quatre types de céréales, à partir de betteraves<sup>3</sup> ou à partir de canne par six secteurs d'activités différents également. Les quatre secteurs d'activités utilisant des céréales ainsi

<sup>2</sup> Lors de la phase de calibrage du modèle, la rente unitaire liée au quota de betteraves est fixée, dans la situation initiale, à 10% du prix de la betterave sous quota. Nous approchons ce dernier par le prix de base de la betterave dans l'UE. Le prix de la betterave hors quota est le prix de la betterave européenne (source OCDE/Aglink). En ce qui concerne le sucre, nous considérons que, dans la situation initiale, les quotas sucriers pour la France et le reste de l'UE sont égaux aux quantités de sucre blanc produites sous quota dans chacune des zones (sources ONIGC, FranceAgrimer et Commission européennes). Les quotas de betteraves (ainsi que les surfaces correspondantes) sont déduits des quotas sucre à partir des rendements observés. Le prix du sucre sous quota en France et dans le reste de l'UE est supposé égal au prix d'intervention du sucre blanc (sources ONIGC et FranceAgrimer).

<sup>3</sup> Ce sont les betteraves hors quota uniquement qui, par hypothèse dans le modèle, servent à la production d'éthanol en France et en Europe.

que le secteur de production d'éthanol à partir de betteraves produisent des coproduits utilisables en alimentation animale. De par leur composition nous distinguons les drêches de maïs, les drêches de blé et un seul autre type de drêches d'autres céréales, produit aussi bien à partir de la transformation de l'orge que des autres céréales diverses, ainsi que la pulpe de betteraves.

Comme pour le secteur de la trituration de graines oléagineuses, nous considérons que certaines usines de transformation de matières premières en biocarburants sont multi-produits et peuvent ainsi substituer plus ou moins facilement les huiles entre elles pour en faire du biodiesel ou les céréales entre elles pour en faire de l'éthanol. Ceci revient à faire une hypothèse sur la mobilité du facteur de production capital-travail-intrants entre les secteurs concernés. Seules les usines d'éthanol qui utilisent de la canne à sucre ou des betteraves comme consommations intermédiaires sont considérées comme spécifiques et dédiées à leur secteur.

**Tableau 10: Les secteurs d'activité de l'offre biocarburants**

<b>Secteurs d'activités <i>j</i></b>	<b>Matières premières et facteurs et intrants de production</b>	<b>Produits <i>i</i></b>
Biodiesel de colza	Huile de colza + Autres facteurs	Biodiesel <sup>4</sup>
Biodiesel de tournesol	huile de tournesol + Autres facteurs	Biodiesel
Biodiesel de soja	Huile de soja + Autres facteurs	Biodiesel
Biodiesel de palme	Huile de palme + Autres facteurs	Biodiesel
Biodiesel de coprah	Huile de coprah + Autres facteurs	Biodiesel
Biodiesel de coton	Huile de coton + Autres facteurs	Biodiesel
Ethanol de blé	Blé + Autres facteurs	Ethanol + drêches de blés
Ethanol de maïs	Maïs + Autres facteurs	Ethanol + drêches de maïs
Ethanol d'orge	Orge + Autres facteurs	Ethanol + drêches d'autres céréales
Ethanol de céréales diverses	Céréales diverses + Autres facteurs	Ethanol + drêches d'autres céréales
Ethanol de betterave	Betterave + Autres facteurs	Ethanol+Pulpe
Ethanol de canne	Canne + Autres facteurs	Ethanol

<sup>4</sup> Nous ne considérons pas le coproduit glycérine obtenu à partir de la production de biodiesel, dont les utilisations industrielles dépassent le cadre d'étude privilégié ici.

Figure 7 : Structure de base de la technologie de l'offre de biodiesel

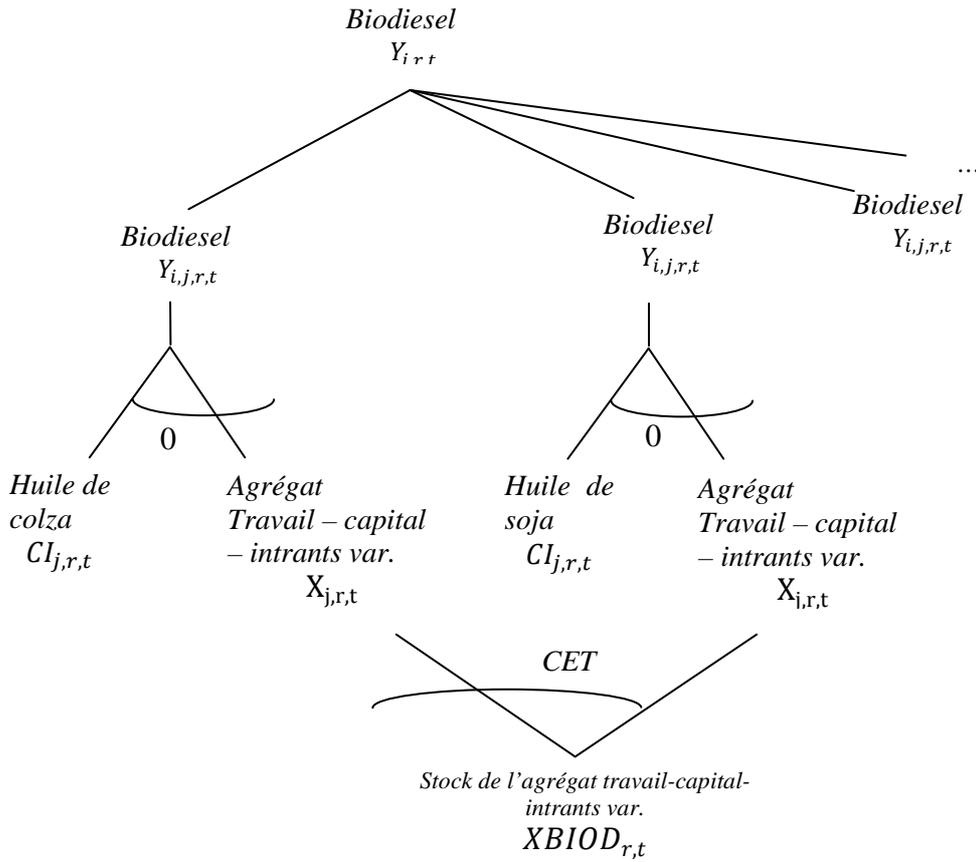
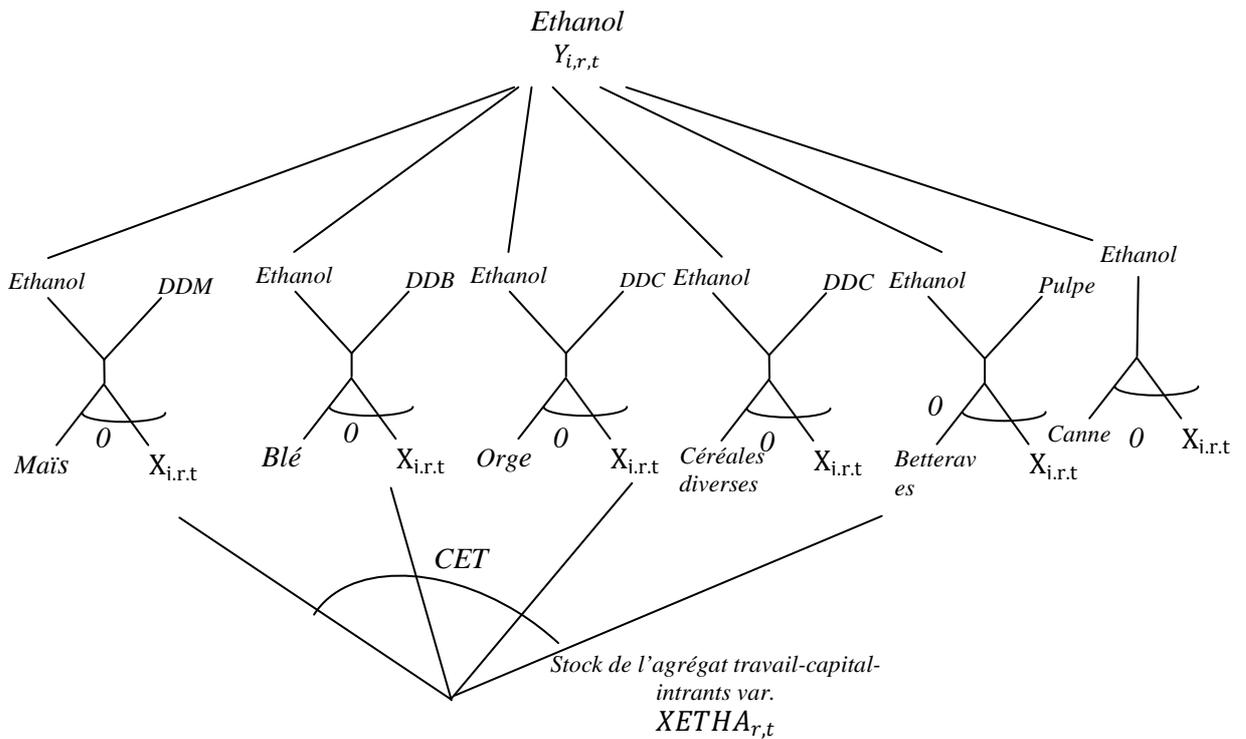


Figure 8 : Structure de base de la technologie de l'offre d'éthanol



Avec  $XBIOD_{r,t}$  et  $XETHA_{r,t}$  les agrégats des facteurs de production capital-travail-intrants ( $X_{j,r,t}$ ) pour la production de biodiesel, respectivement d'éthanol.

La technologie de production est la même que pour les secteurs d'activité des corps gras (CET). Toutes les équations d'offre, de demande dérivée de consommations intermédiaires, de demande dérivée et d'offre de l'agrégat de facteurs et intrants sont analogues à celles présentées pour les secteurs d'activités des corps gras. Nous ajoutons simplement l'équation de production totale de biodiesel et d'éthanol carburant qui est égale à la somme des productions de tous les secteurs investis dans ces deux productions.

A ce stade, précisons que notre modèle ne couvre pas toute l'offre de biocarburants : les biodiesels issus des huiles usagées ou de graisses animales ne sont pas considérés explicitement par exemple, de même, les éthanolis issus de produits non pris en compte dans le modèle, tels que le manioc ou la mélasse, sont ignorés. Afin de prendre en compte ces quantités produites, nous les ajoutons de manière exogène dans l'équation de production totale de biocarburants :

$$Y_{i,r,t} = \sum_j Y_{i,j,r,t} + YSother_{i,r,t}$$

Avec  $YSother_{i,r,t}$  les quantités de biodiesel ou d'éthanol produites à partir d'autres matières premières que celles considérées dans le modèle.

## 1.2.2 La spécification de la demande

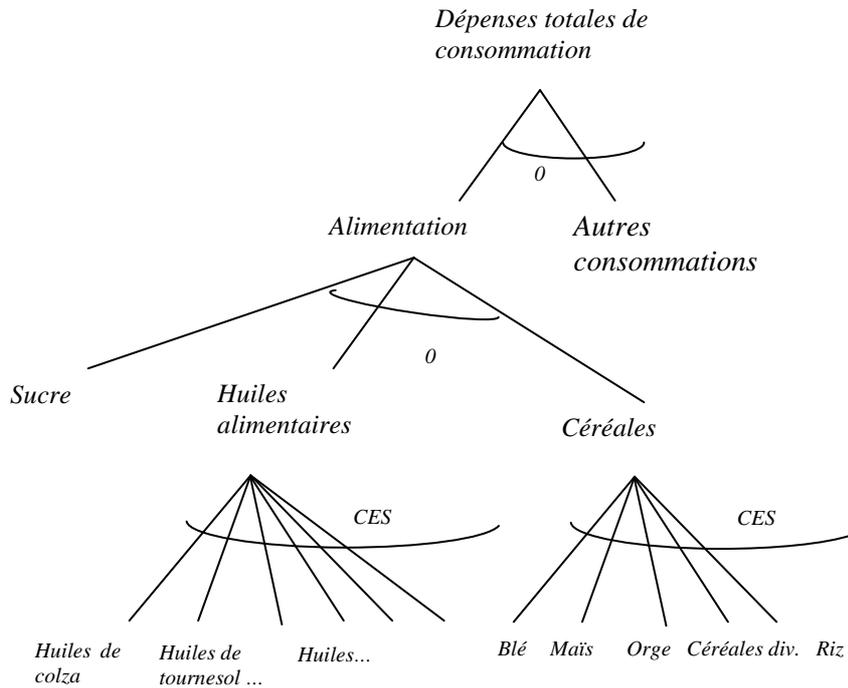
Pour ce qui est de la demande finale de produits agricoles, nous modélisons la demande alimentaire humaine et la demande pour l'alimentation animale. Les autres types de demandes (industrielle, semences, pertes, consommation de biocarburant dans les transports) ainsi que les stocks ne sont pas modélisés et sont considérés de manière exogène. Hormis les consommations intermédiaires des différents secteurs de transformation décrits précédemment, nous modélisons explicitement les deux demandes suivantes :

- **La demande humaine** : Nous considérons deux paniers de biens consommables en alimentation humaine. D'une part les céréales qui sont substituables entre elles et d'autre part les huiles oléagineuses qui sont également substituables entre elles. Nous ne permettons aucune substitution entre les deux paniers : céréales et huiles. Le sucre est considéré à part, sa demande étant une fonction à élasticité constante de son propre prix.
- **La demande animale** : Nous considérons également deux types d'ingrédients entrant dans la composition des aliments concentrés, les ingrédients riches en protéines d'une part, constitués des tourteaux, du pois protéagineux et des coproduits de l'éthanol produit à partir de céréales, et les ingrédients énergétiques d'autre part, constitués des différentes céréales et de la pulpe de betterave. Au sein de chacun de ces deux types d'ingrédients, les substitutions sont possibles et relativement faciles. En revanche, nous permettons une substitution beaucoup plus faible entre ingrédients riches en protéines et ingrédients riches en énergie.

### 1.2.2.1 La demande humaine

Partant de la dépense totale de consommation d'un ménage représentatif, nous considérons un poste particulier de dépenses liées à l'alimentation. Au sein de ce poste, nous distinguons les dépenses liées à trois paniers d'aliments, consommés comme tels ou sous formes d'aliments transformés ou de plats préparés : les céréales, les huiles, et le sucre. Ces trois paniers sont considérés de manière endogène dans le modèle. Les autres dépenses de consommation alimentaire sont prises en compte dans les autres dépenses du ménage dans le panier des autres consommations et sont considérés comme exogène au modèle. Nous posons comme hypothèse que la consommation des paniers céréales et huiles se fait dans des proportions fixes. Les substitutions sont, en revanche, possibles au sein de chacun de ces paniers, c'est-à-dire que les huiles sont substituables entre elles, tout comme les céréales.

Figure 9 : Structure de la demande humaine



Nous supposons que le consommateur représentatif cherche à minimiser ses dépenses pour un niveau d'utilité donné, exprimé via une fonction CES. La fonction d'utilité du consommateur étant supposée présenter les propriétés adaptées de séparabilité, le programme de minimisation des dépenses du consommateur peut être résolu « par morceaux » indépendants les uns des autres. Ainsi, il est possible de poser et de résoudre indépendamment les programmes de minimisation des dépenses du consommateur au niveau de chacun des paniers céréales et huiles. Nous présentons ici le programme de minimisation et les équations de demande humaine pour le panier des céréales. Le programme de minimisation et les équations de demande humaine pour le panier des huiles suivent la même logique.

$$\text{Min } \sum_i (Pfo_{i,r,t} \cdot FOOD_{i,r,t}) \quad \text{pour } i \in \text{panier céréales}$$

$$\text{s.c } FOODCERE_{r,t} = \alpha_{r,t} \left( \sum_i \left( \delta_{i,r,t} \cdot FOOD_{i,r,t}^{-\rho_r} \right) \right)^{-1/\rho_r}$$

Où  $FOOD_{i,r,t}$  est la quantité consommée du bien  $i$  appartenant au panier céréales, dans la région  $r$ , à la période  $t$ ,  $Pfo_{i,r,t}$  le prix correspondant et  $FOODCERE_{r,t}$  la quantité consommée de l'agrégat céréales.

La résolution de ce programme conduit aux équations de demande humaine des différentes céréales  $i$  :

$$FOOD_{i,r,t} = FOODCERE_{r,t} \cdot \alpha_{r,t}^{(\sigma_r-1)} \cdot \left( \delta_{i,r,t} \cdot \frac{PFOODCERE_{r,t}}{Pfo_{i,r,t}} \right)^{\sigma_r}$$

Avec  $\sigma = \frac{1}{1+\rho}$ , l'élasticité de substitution entre les différentes céréales.

La fonction CES étant supposée homogène de degré 1, la dépense totale pour le panier céréales est égale à la somme des dépenses de chaque bien  $i$  constituant ce panier. Soit :

$$PFOODCERE_{r,t} \cdot FOODCERE_{r,t} = \sum_i (Pfo_{i,r,t} \cdot FOOD_{i,r,t})$$

Avec  $PFOODCERE_{r,t}$  l'indice de prix de l'agrégat céréales.

La quantité consommée de l'agrégat céréales est quant à elle exprimée comme une fonction à élasticité constante de l'indice de prix de l'agrégat céréales :

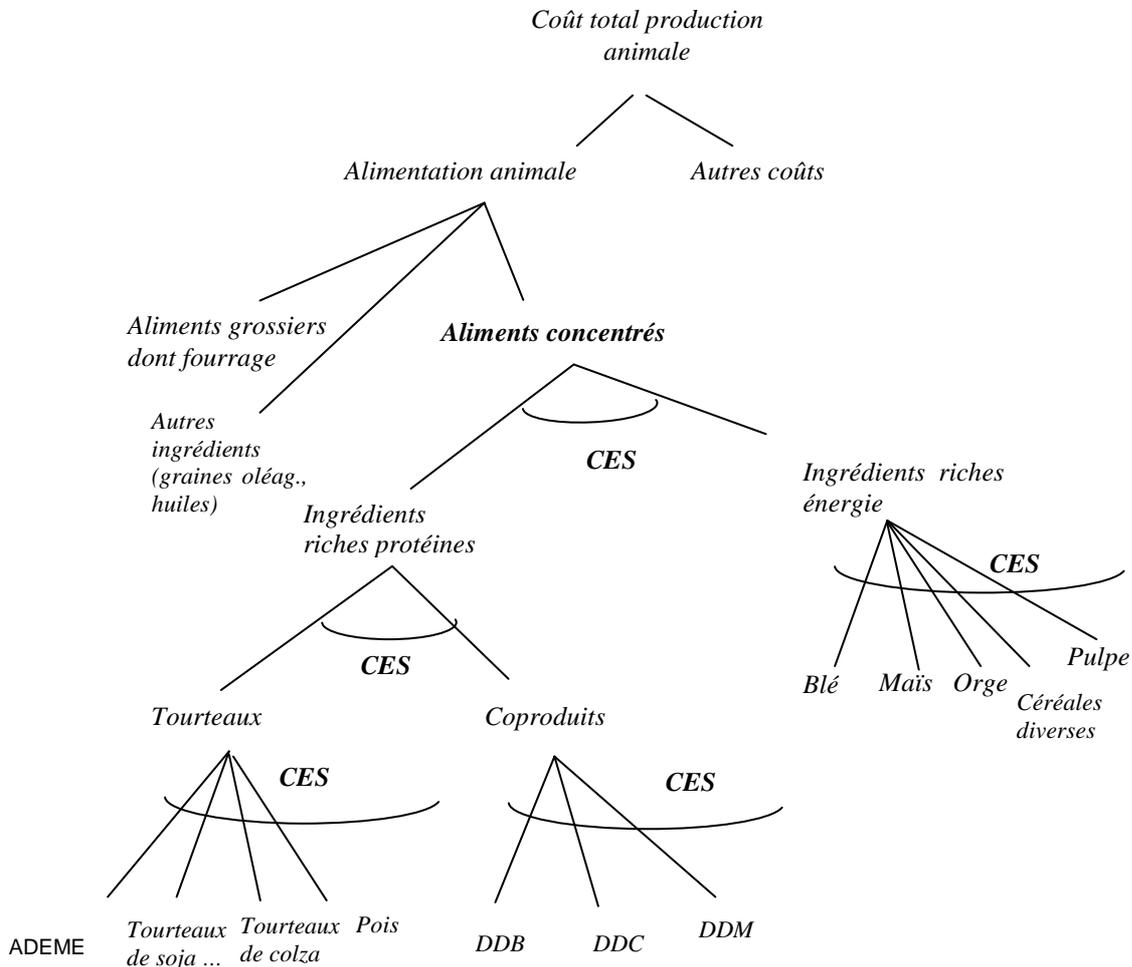
$$FOODCERE_{r,t} = FOODCERE_{r,0} \cdot \left( \frac{PFOODCERE_{r,t}}{PFOODCERE_{r,0}} \right)^{\eta_r}$$

L' élasticité de demande Marshallienne  $\eta$  permet de rendre compte très simplement des phénomènes d'expansion et de substitution au niveau de l'agrégat céréales, consécutifs à une variation de l'indice du prix de cet agrégat (cette élasticité mesure par exemple l'accroissement de la consommation globale de céréales induit par une baisse du niveau général des prix des céréales, accroissement du à une augmentation générale de la consommation de tous les paniers –effet d'expansion du à l'augmentation du pouvoir d'achat total- ou à l'accroissement de la consommation de céréales aux dépens de la consommation des autres paniers –effet de substitution-).

### 1.2.2.2 La demande animale

Nous considérons un producteur représentatif de produits animaux dont l'objectif est de minimiser ses coûts, pour un niveau donné de production de produits animaux exprimé via une fonction CES. Comme dans le cas précédent de l'alimentation humaine, nous supposons que la fonction de production du producteur de produits animaux possède les propriétés de séparabilité appropriées de sorte que le programme de minimisation du coût puisse se résoudre « par morceaux » indépendants les uns des autres. Partant du coût total, il est alors possible de raisonner au niveau du seul coût en alimentation animale. Puis partant de ce coût de l'alimentation animale, de ne retenir que le coût des aliments concentrés qui est considéré comme endogène dans le modèle (cf. Figure 10).

Figure 10 : Structure de la demande animale



Comme l'indique le Figure 10, nous considérons, de manière simplifiée, que les ingrédients riches en protéines sont les tourteaux issus de la trituration de graines oléagineuses, le pois protéagineux, ainsi que les coproduits de l'industrie de l'éthanol (drêches de céréales). Les tourteaux et le pois constituent le panier des tourteaux et les coproduits le panier des coproduits. Les ingrédients riches en énergie sont les céréales et les pulpes de betteraves.

Nous avons choisi de représenter la demande pour l'alimentation animale par un système à plusieurs étages afin de rendre compte le plus finement possible des possibilités de substitutions entre produits qui sont différentes selon les ingrédients qui composent les aliments concentrés pour animaux. Ainsi, nous supposons que l'éleveur d'animaux choisit d'abord entre les ingrédients riches en protéines (tourteaux, pois et coproduits regroupés dans le panier global « protéines ») et les ingrédients riches en énergie (les céréales et les pulpes), le degré de substitution entre ces deux « paniers » étant représenté par une fonction CES. Ensuite le choix se fait entre le nid des tourteaux (yc le pois) et le nid des coproduits, le degré de substitution entre ces deux types de produits étant ici aussi représenté par une fonction CES. Enfin, l'éleveur fait le choix entre les produits au sein de chaque nid tourteaux, coproduits et céréales/pulpe, les possibilités de substitution intra-nids étant également représentées par des fonctions CES. Les demandes pour l'alimentation animale de graines oléagineuses et d'huiles, utilisées en faibles quantités dans l'alimentation animale, sont considérées comme exogènes dans le modèle.

L'objectif de minimisation de coût de l'éleveur peut donc être décomposé en un programme en 3 étapes.

Dans l'ultime étape (choix entre les produits du même panier, ici l'illustration porte sur le panier des tourteaux), nous écrivons le sous-programme de minimisation du coût de l'éleveur d'animaux comme :

$$\begin{aligned} & \text{Min } \sum_i (Pfe_{i,r,t} \cdot FEED_{i,r,t}) \quad \text{pour } i \in \text{panier des tourteaux} \\ \text{s.c } & FEEDPROT_{r,t} = \alpha prot_{r,t} \left( \sum_i \left( \delta prot_{i,r,t} \cdot FEED_{i,r,t}^{-\rho prot_r} \right) \right)^{-1/\rho prot_r} \end{aligned}$$

Où  $FEED_{i,r,t}$  est la quantité consommée du bien  $i$  appartenant au panier des tourteaux, dans la région  $r$ , à la période  $t$ ,  $Pfe_{i,r,t}$  le prix correspondant et  $FEEDPROT_{r,t}$  la quantité consommée de l'agrégat de tourteaux.  $\alpha prot_{r,t}$ ,  $\delta prot_{i,r,t}$  et  $\rho prot_r$  sont des paramètres à calibrer. La résolution de ce programme conduit aux équations de demande animale des différents tourteaux  $i$  :

$$FEED_{i,r,t} = FEEDPROT_{r,t} \cdot \alpha prot_{r,t}^{(\sigma prot - 1)} \cdot \left( \frac{\delta prot_{i,r,t} \cdot Pfe_{i,r,t}}{Pfeedprot_{r,t}} \right)^{\sigma prot}$$

pour  $i \in \text{panier des tourteaux}$

Avec  $\sigma prot = \frac{1}{1 + \rho prot}$  l'élasticité de substitution entre les différents tourteaux.

Le prix agrégé du panier des tourteaux prend la forme :

$$Pfeedprot_{r,t} = \frac{1}{\alpha prot} \cdot \left( \sum_i \left( \delta prot_{i,r,t}^{\sigma prot} Pfe_{i,r,t}^{(1 - \sigma prot)} \right) \right)^{1 + 1/\rho prot}$$

Avec  $Pfeedprot_{r,t}$  l'indice de prix du panier des tourteaux.

L'écriture et l'approche sont les mêmes pour la demande animale de coproduits et de céréales et pulpes ainsi que pour l'indice du prix des coproduits ( $Pfeedcoprod_{r,t}$ ) et des céréales/pulpe ( $Pfeedcere_{r,t}$ ).

Dans l'étage supérieur, au niveau du panier global « protéines » où le choix porte sur les substitutions possibles entre le panier des tourteaux et le panier des coproduits, le sous-programme de l'éleveur est similaire à celui de l'étape décrite ci-dessus.

$$\text{Min} (P_{\text{feedprot}}_{r,t} \cdot \text{FEEDPROT}_{r,t} + P_{\text{feedcop}}_{r,t} \cdot \text{FEEDCOP}_{r,t})$$

$$\text{s.c. } \text{FEEDPROTCOP}_{r,t} = \alpha_{\text{protcop}}_{r,t} \left( \delta_{\text{prot}}_{r,t} \cdot \text{FEEDPROT}_{r,t}^{-\rho_{\text{protcop}}_r} + \delta_{\text{cop}}_{r,t} \cdot \text{FEEDCOP}_{r,t}^{-\rho_{\text{protcop}}_r} \right)^{-1/\rho_{\text{protcop}}_r}$$

Où  $\text{FEEDCOP}_{r,t}$  est la quantité consommée de l'agrégat de coproduits dans la région  $r$ , à la période  $t$ , et  $\text{FEEDPROTCOP}_{r,t}$  la quantité consommée du panier global « protéines » constitué à la fois de tourteaux et de coproduits.  $\alpha_{\text{protcop}}_{r,t}$ ,  $\delta_{\text{prot}}_{r,t}$ ,  $\delta_{\text{cop}}_{r,t}$  et  $\rho_{\text{protcop}}_r$  sont des paramètres à calibrer.

La résolution de ce programme nous permet de déterminer les équations de demande pour le panier des tourteaux ( $\text{FEEDPROT}_{r,t}$ ) et le panier des coproduits ( $\text{FEEDCOP}_{r,t}$ ) :

$$\text{FEEDPROT}_{r,t} = \text{FEEDPROTCOP}_{r,t} \cdot \alpha_{\text{protcop}}_{r,t}^{(\sigma_{\text{protcop}}_r - 1)} \cdot \left( \delta_{\text{prot}}_{r,t} \cdot \frac{P_{\text{feedprot}}_{r,t}}{P_{\text{feedcop}}_{r,t}} \right)^{\sigma_{\text{protcop}}_r}$$

$$\text{FEEDCOP}_{r,t} = \text{FEEDPROTCOP}_{r,t} \cdot \alpha_{\text{protcop}}_{r,t}^{(\sigma_{\text{protcop}}_r - 1)} \cdot \left( \delta_{\text{cop}}_{r,t} \cdot \frac{P_{\text{feedprot}}_{r,t}}{P_{\text{feedcop}}_{r,t}} \right)^{\sigma_{\text{protcop}}_r}$$

Avec  $\sigma_{\text{protcop}}_r = \frac{1}{1 + \rho_{\text{protcop}}_r}$  l'élasticité de substitution entre le panier des tourteaux et le panier des coproduits. Cette élasticité est plus faible que celles caractérisant l'étage inférieur, c'est-à-dire l'élasticité de substitution entre tourteaux et l'élasticité de substitution entre coproduits.

Le prix du panier global des protéines prend la forme :

$$P_{\text{feedprot}}_{r,t} = \frac{1}{\alpha_{\text{protcop}}_{r,t}} \cdot \left( \delta_{\text{prot}}_{r,t}^{\sigma_{\text{protcop}}_r} \cdot P_{\text{feedprot}}_{i,r,t}^{(1 - \sigma_{\text{protcop}}_r)} + \delta_{\text{cop}}_{r,t}^{\sigma_{\text{protcop}}_r} \cdot P_{\text{feedcop}}_{r,t}^{(1 - \sigma_{\text{protcop}}_r)} \right)^{1 + \frac{1}{\rho_{\text{protcop}}_r}}$$

Dans la première étape, à l'étage du panier global d'« aliments concentrés », où le choix porte sur les substitutions possibles entre le panier des ingrédients riches en protéines et le panier des ingrédients riches en énergie, le sous-programme de l'éleveur est également similaire à ceux décrits ci-dessus.

$$\text{Min} (P_{\text{feedac}}_{r,t} \cdot \text{FEEDAC}_{r,t} + P_{\text{feedcere}}_{i,r,t} \cdot \text{FEEDCERE}_{r,t})$$

$$\text{s.c. } \text{FEEDAC}_{r,t} = \alpha_{\text{ac}}_{r,t} \left( \delta_{\text{protcop}}_{r,t} \cdot \text{FEEDPROTCOP}_{r,t}^{-\rho_{\text{ac}}_r} + \delta_{\text{cere}}_{r,t} \cdot \text{FEEDCERE}_{r,t}^{-\rho_{\text{ac}}_r} \right)^{-1/\rho_{\text{ac}}_r}$$

Où  $\text{FEEDAC}_{r,t}$  est la quantité consommée d'aliments concentrés (tourteaux, pois, coproduits et céréales, pulpe).  $\alpha_{\text{ac}}_{r,t}$ ,  $\delta_{\text{protcop}}_{r,t}$ ,  $\delta_{\text{cere}}_{r,t}$  et  $\rho_{\text{ac}}_r$  sont des paramètres à calibrer. La résolution de ce programme nous permet de déterminer les équations de demande de protéines ( $\text{FEEDPROTCOP}_{r,t}$ ) et de céréales/pulpe ( $\text{FEEDCERE}_{r,t}$ ) :

$$\text{FEEDPROTCOP}_{r,t} = \text{FEEDAC}_{r,t} \cdot \alpha_{\text{ac}}_{r,t}^{(\sigma_{\text{ac}}_r - 1)} \cdot \left( \delta_{\text{protcop}}_{r,t} \cdot \frac{P_{\text{feedac}}_{r,t}}{P_{\text{feedcere}}_{r,t}} \right)^{\sigma_{\text{ac}}_r}$$

$$\text{FEEDCERE}_{r,t} = \text{FEEDAC}_{r,t} \cdot \alpha_{\text{ac}}_{r,t}^{(\sigma_{\text{ac}}_r - 1)} \cdot \left( \delta_{\text{cere}}_{r,t} \cdot \frac{P_{\text{feedac}}_{r,t}}{P_{\text{feedcere}}_{r,t}} \right)^{\sigma_{\text{ac}}_r}$$

Avec  $\sigma_{\text{ac}}_r = \frac{1}{1 + \rho_{\text{ac}}_r}$  l'élasticité de substitution entre le panier des protéines et le panier des aliments énergétiques. Cette élasticité est plus faible que celle de l'étage inférieur, c'est-à-dire l'élasticité de substitution entre le panier des tourteaux et le panier des coproduits.

Le prix du panier global d'aliments concentrés (tourteaux, pois, coproduits et céréales/pulpe) prend la forme :

$$Pfeedac_{r,t} = \frac{1}{\alpha c} \cdot (\delta protcop_{r,t}^{\sigma ac_r} \cdot Pfeedprotcop_{r,t}^{(1-\sigma ac_r)} + \delta cere_{r,t}^{\sigma ac_r} \cdot Pfeedcere_{r,t}^{(1-\sigma ac_r)})^{1+\frac{1}{\rho ac_r}}$$

La quantité consommée de l'agrégat global aliments concentrés ( $FEEDAC_{r,t}$ ) est quant à elle exprimée comme une fonction à élasticité constante de l'indice de prix de l'agrégat :

$$FEEDAC_{r,t} = FEEDAC_{r,0} \cdot \left( \frac{Pfeedac_{r,t}}{Pfeedac_{r,0}} \right)^{\eta_r}$$

L'élasticité prix de la demande Marshallienne  $\eta$  permet de rendre compte très simplement des phénomènes d'expansion, de contraction ou de substitution du panier global d'aliments concentrés, consécutifs à une variation de l'indice du prix de cet agrégat (cette élasticité mesure par exemple l'accroissement de la consommation globale d'aliments concentrés induit par une baisse du niveau général des prix des ingrédients compris dans l'agrégat, accroissement du à une augmentation générale de la consommation de tous les intrants et facteurs –effet d'expansion- ou à l'accroissement de la consommation d'ingrédients compris dans cet agrégat aux dépens de la consommation des autres intrants et facteurs, de fourrage notamment, non pris en compte dans notre modèle –effet de substitution-).

### 1.2.2.3 Les autres demandes

Lorsque pour un bien  $i$  du modèle, il existe d'autres demandes que la demande humaine, la demande animale et la demande dérivée en tant que consommation intermédiaire (trituration de graines oléagineuses, fabrication de sucre et fabrication de biocarburant), ces demandes sont considérées comme exogènes. Ainsi, on a :

$$OTHUS_{i,r,t} = \overline{OTHUS_{i,r,t}}$$

Où  $OTHUS_{i,r,t}$  est la somme des demandes pour usages autres que l'alimentation humaine, l'alimentation animale et l'utilisation comme consommation intermédiaire du bien  $i$ , dans la région  $r$ , à la période  $t$ . Ces demandes correspondent essentiellement à des demandes pour des usages industriels non modélisés, pour l'usage en tant que semences, ou encore à des pertes entre les stades de la production et de la consommation. Lorsque le bien  $i$  est un biocarburant, la variable  $OTHUS_{i,r,t}$  représente la demande du secteur des transports dans la région  $r$  à la période  $t$ .

Enfin, les stocks initiaux ( $STINI$ ) et finaux ( $STFIN$ ) sont considérés comme exogènes dans le modèle. Ainsi, on a pour chaque bien  $i$ , dans la région  $r$ , à la période  $t$  :

$$STINI_{i,r,t} = \overline{STINI_{i,r,t}}$$

$$STFIN_{i,r,t} = \overline{STFIN_{i,r,t}}$$

## 1.2.3 Les équations d'équilibre

### 1.2.3.1 Les échanges

Pour chaque bien  $i$  et chaque région  $r$ , le commerce est exprimé en termes d'échanges nets : c'est-à-dire que l'on ne distingue pas exportations et importations mais l'on considère leur solde net. De la même façon, nous ne distinguons pas les flux d'échanges entre régions mais considérons uniquement la confrontation des soldes nets des différentes régions. Cette approche, très courante dans les modèles de marchés et d'échanges de produits agricoles, revient à poser implicitement que les biens considérés sont homogènes, quelle que soit leur origine, et que les marchés internationaux sont totalement intégrés.

Pour chaque bien  $i$ , et chaque région  $r$ , le solde d'échanges nets  $TRADE_{i,r,t}$  équilibre les ressources et les emplois internes. On a donc à chaque période  $t$  :

$$TRADE_{i,r,t} = Y_{i,r,t} + STINI_{i,r,t} - STFIN_{i,r,t} - FEED_{i,r,t} - FOOD_{i,r,t} - OTHUS_{i,r,t} - \sum_j CI_{i,j,r,t}$$

### 1.2.3.2 Le bouclage du modèle

A l'équilibre, la somme des soldes nets des différentes régions  $r$  doit être égale à zéro (i.e., la somme des exportations doit être égale à la somme des importations au niveau mondial). Soit :

$$\sum_r TRADE_{i,r,t} = 0$$

En supposant que les prix du bien  $i$  aux différents stades de la filière dans chaque région  $r$  s'écrivent comme une fonction du prix mondial du bien  $i$   $PW_{i,t}$ , l'équation ci-dessus permet de déterminer ce prix mondial.

Le prix domestique de chaque produit  $i$  dans chaque région  $r$  peut être égal (moyennant les coûts de transport) ou différent du prix mondial correspondant selon les politiques commerciales en vigueur dans la région  $r$ . De la même façon, ces politiques commerciales fixent le degré de transmission des variations des prix mondiaux aux prix domestiques. Ce rôle des politiques commerciales est modélisé via les équations de transmission entre les prix mondiaux et les prix domestiques.

Ainsi, on a pour chaque bien  $i$  commercialisé sur les marchés internationaux et chaque région  $r$  :

$$PW_{i,t} * (1 - taxexport_{i,r,t}) = P_{i,r,t}$$

Avec  $PW_{i,t}$  le prix mondial du produit  $i$ ,  $P_{i,r,t}$  le prix du produit  $i$  sur le marché domestique de la région  $r$ ,  $taxexport_{i,r,t}$  une taxe *ad valorem* à l'exportation si  $taxexport_{i,r,t} > 0$  (réduisant d'autant le prix domestique par rapport au prix mondial) et un droit de douane *ad valorem* à l'importation si  $taxexport_{i,r,t} < 0$  (augmentant d'autant le prix domestique par rapport au prix mondial).

Les variations des prix mondiaux se transmettent aux prix domestiques en tenant compte des modifications de politiques commerciales s'il y a lieu :

$$PW_{i,t} * (1 - taxexport_{i,r,t}) - PW_{i,0} * (1 - taxexport_{i,r,0}) = P_{i,r,t} - P_{i,r,0}$$

Dans chaque région  $r$  et pour chaque produit  $i$ , les prix perçus par les producteurs peuvent être égaux (moyennant les coûts de conditionnement et de transport) ou différents des prix de marché correspondants selon les politiques de soutien à la production en vigueur. Pour représenter le rôle des politiques de soutien à la production, nous spécifions les équations de prix suivantes :

$$Py_{i,r,t} = P_{i,r,t} + subvention_{i,r,t} + fibrent_{i=coton,r} - rent_{i \in cultsuc,r}$$

Avec  $Py_{i,r,t}$  le prix au producteur du produit  $i$  dans la région  $r$  à la période  $t$ ,  $subvention_{i,r,t}$  la subvention spécifique perçue par le producteur de produit  $i$ ,  $fibrent_{i,r}$  la rente tirée de la production de fibre de coton et  $rent_{i,r}$  la rente unitaire liée à un éventuel quota de production (cas de la betterave et du sucre en France et dans l'UE à 26).

Enfin, les variations des prix de marchés domestiques se transmettent aux prix à la production et à la consommation au sein de chaque région  $r$  :

$$P_{i,r,t} - P_{i,r,0} = Py_{i,r,t} - Py_{i,r,0} = Pci_{i,r,t} - Pci_{i,r,0} = Pfo_{i,r,t} - Pfo_{i,r,0} = Pfe_{i,r,t} - Pfe_{i,r,0}$$

**Principe de la propagation des chocs entre régions lors des simulations :**

Suite à un choc exogène dans une zone particulière, les offres (par suite, les allocations de terres entre différents usages) et les demandes de produits de cette zone s'ajustent. Ceci conduit à de nouveaux soldes d'échanges nets de chaque produit pour cette zone. L'équilibrage de la somme des soldes nets au niveau mondial requière un ajustement des prix mondiaux des différents produits. Ces ajustements de prix mondiaux se transmettent aux prix de marchés domestiques des différentes régions, entraînant un ajustement des offres (et des surfaces) et des demandes de produits de chaque zone (y compris de la zone ayant subi le choc initial). Le processus continue jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit atteint. Il est ainsi possible de simuler l'impact d'un choc exogène en France (par exemple une réduction de la consommation de biocarburants) sur les surfaces cultivées dans une autre région, la propagation du choc s'effectuant via l'équilibrage des échanges nets de chaque pays et zone considérés.

## 2 Calibrage du modèle MATSIM-LUCA

L'objectif de ce deuxième chapitre est de décrire la procédure de calibrage des paramètres du modèle. Les équations du modèle, décrites dans le chapitre précédent, reposent sur un ensemble de variables (exogènes –déterminées à l'extérieur du modèle- ou endogènes –déterminées par le modèle-) et un ensemble de paramètres. La base de données, construite pour faire fonctionner le modèle et décrite dans Forslund et al. (2013a), donne une valeur initiale à chaque variable présente dans les équations du modèle, pour chaque activité/produit et chaque région considérés, pour chacune des années de la période couverte 2004-2009. Il est alors possible, à partir du système des équations du modèle et moyennant l'attribution d'une valeur spécifique à quelques paramètres, de déterminer, pour chaque produit/activité, chaque région et chaque année, les valeurs de chacun des paramètres du modèle. C'est cette procédure que décrit ce chapitre. Nous précisons également pour chaque type de paramètres clés du modèle, les valeurs que nous leur avons attribuées par hypothèse.

Précisons ici que dans ce qui suit, la procédure de calibrage des paramètres du modèle est décrite de manière générique. Il en résulte que les notations adoptées sont elles aussi génériques et ne correspondent pas aux notations spécifiques adoptées dans le chapitre I précédent.

### 2.1 Le calibrage des paramètres liés à l'offre

#### 2.1.1 Le calibrage des paramètres liés à la demande dérivée des facteurs de production agricoles

Comme explicité dans le chapitre I, la technologie utilisée dans le secteur de la production agricole est représentée par une fonction de production CES (Constant Elasticity of Substitution). Comme son nom l'indique cette fonction de production repose sur une élasticité de substitution constante entre les facteurs et intrants :  $\sigma = \frac{1}{1+\rho}$  où  $\rho$  est le paramètre de substitution de la fonction CES. Un des avantages de la fonction CES est que la technologie de production est entièrement décrite et résumée au travers de cette seule élasticité de substitution  $\sigma$ . Il en résulte qu'en attribuant une valeur spécifique à ce seul paramètre, nous sommes en mesure de calibrer l'ensemble des autres paramètres de la fonction de production.

Plus précisément, partons du programme de minimisation du coût d'un producteur agricole représentatif produisant un produit en quantité  $y$  en combinant des intrants  $k$  en quantités  $x_k$  via une fonction de production CES. Ce programme s'écrit (les indices liés à l'activité de production  $j$ , à la région  $r$  et au temps  $t$  sont omis pour simplifier).

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{k=1}^n w_k x_k \\ \text{s. c} \quad & y = \alpha \left( \sum_{k=1}^n \delta_k x_k^{-\rho} \right)^{-1/\rho} \end{aligned}$$

Où  $w_k$  est le prix du facteur  $k$  et  $\alpha$ ,  $\delta_k$  et  $\rho$  respectivement les paramètres d'efficacité, de distribution et de substitution de la fonction de production CES.

Les conditions du premier ordre de ce programme conduisent au système de  $k+1$  équations suivant ( $k, l, m = 1, n$ ) :

$$\frac{w_l}{w_m} = \frac{\delta_l x_l^{-\rho-1}}{\delta_m x_m^{-\rho-1}}$$

$$y = \alpha \left( \sum_{k=1}^n \delta_k x_k^{-\rho} \right)^{-1/\rho}$$

Dont on peut réorganiser les  $k$  premières équations comme suit :

$$\frac{w_l x_l^{1+\rho}}{w_m x_m^{1+\rho}} = \frac{\delta_l}{\delta_m}$$

En posant que  $\sum_k \delta_k = 1$  (hypothèse usuelle pour les fonctions de production CES), nous obtenons les  $k$  équations suivantes :

$$\delta_m = \frac{w_m x_m^{1+\rho}}{\sum_k w_k x_k^{1+\rho}}$$

Le paramètre de distribution  $\delta_k$  de la fonction de production CES peut donc s'interpréter comme une approximation de la part des dépenses en facteur/intrant  $k$  dans le coût variable total du producteur.

Par ailleurs, le système initial des  $k+1$  équations permet de déterminer les équations de demande dérivées des différents facteurs et intrants  $k$  utilisés. Soit :

$$x_k = y \cdot \alpha^{\frac{-\rho}{1+\rho}} \cdot \left( \sum_{k=1}^n \delta_k^\sigma w_k^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1+\rho}}$$

En posant l'hypothèse de rendements d'échelle constants, nous pouvons écrire qu'à l'optimum, les recettes sont égales au coût variable total, soit :

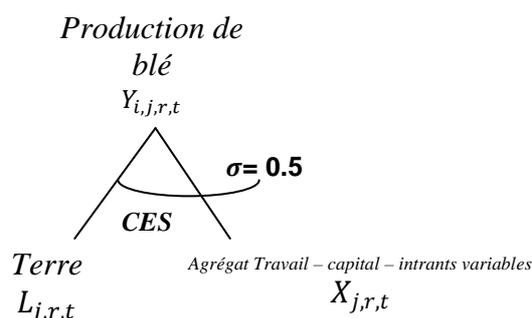
$$py - \sum_k w_k x_k = 0$$

En remplaçant, dans l'égalité ci-dessus,  $x_k$  par son expression à l'optimum (i.e., via l'équation de demande dérivée précédente), nous obtenons l'expression du paramètre d'efficacité  $\alpha$  de la fonction de production CES :

$$\alpha = \left( \sum_{k=1}^n \delta_k^\sigma w_k^{1-\sigma} \right)^{1+\frac{1}{\rho}}$$

Le paramètre d'efficacité  $\alpha$  peut donc s'interpréter comme un indice du prix des facteurs et intrants utilisés dans le processus de production.

Ainsi, l'ensemble des équations ci-dessus indique qu'en donnant une valeur spécifique à l'élasticité de substitution  $\sigma$ , et connaissant les valeurs des prix des facteurs et intrants de production ( $w_k$ ) et du niveau utilisé de ces facteurs et intrants ( $x_k$ ) pour toutes les activités/produits, pour toutes les régions et pour toutes les années de la période considérée, il est possible de calculer les valeurs des paramètres  $\delta_k$  et  $\alpha$  et ainsi de calibrer les équations correspondantes du modèle pour toutes les activités/produits, pour toutes les régions et pour chaque année de la période considérée.

**Figure 11 : Valeur de l'élasticité de substitution dans le secteur de la production agricole****L'élasticité de substitution de la fonction CES dans le secteur de la production agricole :**

L'élasticité de substitution dans le secteur de la production agricole représente la possibilité de substituer de la terre aux autres facteurs et intrants (travail, capital, engrais, etc.) ou de substituer ces autres facteurs et intrants à la terre pour atteindre un même niveau de production.

Dans la version actuelle du modèle, et comme l'indique la Figure 11, l'élasticité de substitution entre la terre et l'agrégat des autres facteurs et intrants de la fonction CES du secteur de la production agricole est fixée à  $\sigma=0,5$ , valeur fréquemment utilisée dans la littérature, notamment dans le modèle PEM de l'OCDE (OECD, 2001).

La revue de littérature effectuée au moment de l'élaboration du modèle PEM de l'OCDE situe la valeur de cette élasticité entre 0,2 et 1 selon les pays et la composition du panier des facteurs de production considérés.<sup>5</sup> Le modèle PEM lui-même retient la valeur 0,5. Keeney et Hertel (2009) choisissent une valeur beaucoup plus faible puisque, dans leur modèle, l'élasticité de substitution entre la terre et le travail et entre la terre et les autres inputs est fixée à 0,048. Pour la version du modèle MIRAGE utilisée dans Laborde (2011), l'élasticité de substitution entre la terre et les autres facteurs et intrants est également faible puisqu'elle s'établit à 0,07.

L'élasticité de substitution entre la terre et les autres facteurs et intrants, au niveau de la technologie de production agricole, est un paramètre essentiel au regard des effets, en termes de changement d'affectation des sols (CAS), du développement des biocarburants en France ou dans d'autres régions du monde. Lorsque l'on attribue une valeur faible à ce paramètre (comme dans Keeney et Hertel, 2009, ou dans Laborde, 2011) on suppose implicitement une certaine rigidité de la combinaison des différents facteurs de production. Il en résulte une faible réponse des rendements aux variations de prix. En d'autres termes, puisque l'ajustement de l'offre de produits agricoles suite à un choc peut s'effectuer via les rendements et/ou via les surfaces cultivées, une élasticité de substitution faible favorise l'ajustement par les surfaces tandis qu'une élasticité de substitution plus forte favorise l'ajustement par les rendements. Il n'est pas difficile d'imaginer alors que les effets du développement des biocarburants en termes de CAS sont très sensibles à la valeur de cette élasticité de substitution. Nous proposons, lors de l'analyse de nos résultats de simulations, une analyse de sensibilité à ce paramètre (cf. Forslund et al., 2013c).

Outre la valeur de l'élasticité de substitution, le calibrage des autres paramètres de la fonction de production CES requière des valeurs pour les prix des facteurs et intrants de production par produit, par région et pour chaque année de la période d'étude. Il existe peu d'information sur les prix des terres dans les différents pays. Aussi, dans une première version du modèle, avons-nous posé l'hypothèse simplificatrice mais restrictive que la rémunération du facteur terre représentait 25% de la valeur de la production que ce facteur avait contribué à générer (25% est une proportion couramment utilisée dans la littérature). Dans la version actuelle du modèle, nous avons calibré les prix des fermages par produit, par région et par année considérés. Pour ce faire, nous avons collecté un prix de fermage représentatif des terres cultivées hors pâtures par zone considérée, puis nous avons

<sup>5</sup> OECD (2001), annexes 2 et 3.

utilisé la base de données GTAP qui fournit la part de chaque type de cultures du modèle GTAP dans la rémunération totale de la terre.<sup>6</sup>

L'égalité entre recettes et coûts variables, vérifiée à l'optimum sous l'hypothèse des rendements d'échelle constants, permet de déduire la rémunération des autres facteurs et intrants par produit, par région et par année. Le prix de ces autres facteurs et intrants est normalisé à 100 pour tous les produits dans toutes les régions, ce qui permet de calculer la quantité utilisée de ces autres facteurs et intrants entrant dans la production des différents produits, par région et par année.

## 2.1.2 Le calibrage des paramètres liés à l'offre des facteurs et intrants de production

### 2.1.2.1 Paramètres liés à la mobilité des facteurs de production agricoles

Deux facteurs de production entrent dans la technologie agricole : la terre et un agrégat des facteurs et intrants autres que la terre (capital, travail, intrants variables). Ces deux facteurs sont supposés hétérogènes et imparfaitement mobiles entre les secteurs de production agricole. Cette hypothèse implique qu'il existe autant de marchés et de prix de la terre et autant de marchés et de prix de l'agrégat de facteurs et intrants qu'il existe de secteurs qui les utilisent. Sur chacun de ces marchés l'équilibre est assuré via l'égalisation de la demande dérivée (de la terre ou de l'agrégat de facteurs et intrants) par le secteur concerné à l'offre (de la terre et de l'agrégat de facteurs et intrants) à ce secteur. L'offre résulte du programme d'optimisation de l'agent détenteur du stock de terres ou d'agrégat de facteurs et intrants. Cet agent vise à maximiser les recettes qu'il peut retirer de l'allocation de son stock aux différents secteurs, sachant que ce stock est plus ou moins adaptable à chaque secteur.

Nous illustrons ci-dessous le calibrage des paramètres liés à l'offre de l'agrégat des facteurs et intrants autres que la terre à destination des secteurs de la production agricole. Cette méthode de calibrage s'applique également à l'offre de l'agrégat des facteurs et intrants destinée aux secteurs de la trituration de graines oléagineuses ou de la production de biocarburants. La procédure est la même pour le facteur terre.

Soit le programme d'optimisation du détenteur de stock de facteurs et intrants :

$$\begin{aligned} & \text{Max} \sum_{j=1}^{n'} w_j x_j \\ \text{s. c} \quad & x = \beta \left( \sum_{j=1}^{n'} \gamma_j x_j^\theta \right)^{-1/\theta} \end{aligned}$$

Avec  $x_j$  la quantité d'agrégat de facteurs et intrants allouée au secteur  $j$  et  $w_j$  le prix correspondant ;  $x$  le stock total de l'agrégat des facteurs et intrants ;  $\beta, \gamma_j$  et  $\theta$  les paramètres, respectivement, d'échelle, de distribution et de transformation de la fonction CET.

C'est la fonction de transformation CET (Constant Elasticity of Transformation) ci-dessus qui représente la plus ou moins grande facilité d'adaptation du stock d'agrégat de facteurs et intrants à chaque secteur  $j$ . Ainsi l'élasticité de transformation  $\varphi = \frac{1}{\theta-1}$  mesure le degré de mobilité du stock  $x$  entre les différents secteurs : si cette mobilité est grande, l'agrégat de facteurs et intrants est facilement adaptable d'un secteur à l'autre, dans le cas contraire, l'agrégat est plutôt spécifique à chaque secteur. Comme dans le cas de la fonction CES, le calibrage de l'ensemble du système ne nécessite de poser une hypothèse a priori sur la seule élasticité de transformation  $\varphi$ .

La procédure de calibrage est la même que celle décrite dans le cas précédent. Les conditions du premier ordre du programme de maximisation sous contrainte du détenteur de stock de facteurs et intrants conduisent à un système d'équations permettant de déterminer les paramètres  $\gamma_j$  ( $j, g = 1, n'$ ), sous l'hypothèse usuelle  $j\gamma_j=1$  :

<sup>6</sup> Pour plus de détails, cf. Forslund et al. (2013a).

$$\gamma_g = \frac{w_g x_g^{1-\theta}}{\sum_j w_j x_j^{1-\theta}}$$

Le paramètre de distribution  $\gamma_g$  de la fonction de transformation CET peut donc s'interpréter comme une approximation de la part des recettes émanant du secteur  $g$  dans la recette totale du détenteur de stock de facteurs et intrants.

La résolution du problème de maximisation sous contrainte du détenteur de stock de facteurs et intrants permet de déterminer les équations d'offre d'agrégat de facteurs et intrants à chaque secteur  $j$ . Sous l'hypothèse de rendements d'échelle constants, ces équations permettent de déterminer l'expression du paramètre d'efficience :

$$\beta = \left( \sum_{j=1}^n \gamma_j^{-\varphi} w_j^{\varphi+1} \right)^{\frac{1}{\varphi+1}}$$

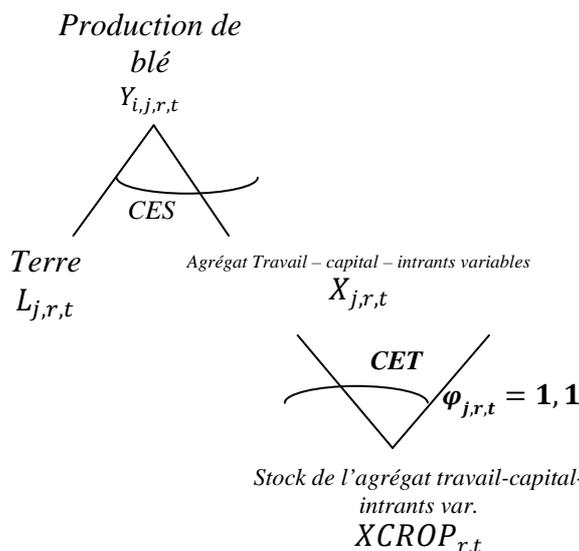
Le paramètre d'efficience  $\beta$  peut donc s'interpréter comme un indice des prix de vente de l'agrégat des autres facteurs et intrants aux différents secteurs qui l'utilisent dans leur processus de production.

Ainsi, l'ensemble des équations ci-dessus indique que, connaissant les valeurs des prix de l'agrégat des autres facteurs et intrants ( $w_j$ ) et les niveaux utilisés de ces facteurs et intrants ( $x_j$ ) dans les différents secteurs  $j$  pour toutes les activités/produits, pour toutes les régions et pour toutes les années de la période considérée, en donnant une valeur spécifique à l'élasticité de transformation  $\varphi$ , il est possible de calculer les valeurs des paramètres  $\gamma_j$  et  $\beta$  et ainsi de calibrer les équations correspondantes du modèle pour toutes les activités/produits, pour toutes les régions et pour chaque année de la période considérée.

**L'élasticité de transformation de la fonction CET des autres facteurs et intrants de la production agricole :**

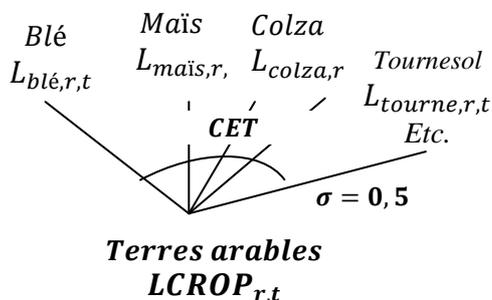
L'élasticité de transformation de la fonction CET pour les facteurs et intrants autres que la terre qui rentrent dans la technologie agricole représente la plus ou moins grande mobilité de ces facteurs et intrants entre les différents secteurs. Elle mesure par exemple la plus ou moins grande facilité d'adapter le capital ou le travail utilisé pour une culture à une autre culture. Nous considérons ici qu'il est relativement facile d'adapter le stock d'agrégat des facteurs et intrants aux différentes cultures considérées dans le modèle, ce stock étant par conséquent assez mobile entre les secteurs. Dans la version actuelle du modèle, nous fixons l'élasticité de transformation de l'agrégat des facteurs et intrants destinés à la production agricole à  $\varphi = 1,1$  pour toutes les régions du modèle. Il est à noter que l'élasticité de transformation correspondante pour la terre doit logiquement être plus faible dans la mesure où l'adaptabilité des différentes qualités de terre aux différentes cultures est a priori moins forte que celle du capital-travail-intrants variables.

**Figure 12 : Valeur de l'élasticité de transformation des facteurs et intrants autres que la terre dans le secteur de la production agricole**



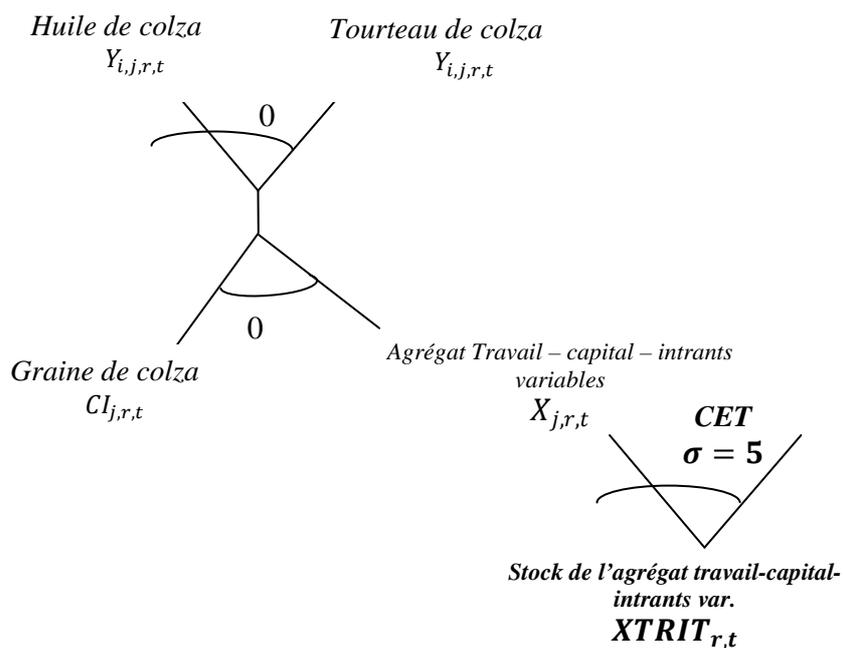
Pour ce qui concerne le facteur terre, l'élasticité de transformation de la fonction CET représente la plus ou moins grande adaptabilité de la terre aux différentes productions agricoles. Elle mesure le degré de mobilité de la terre entre les différents secteurs. Dans la version actuelle du modèle nous fixons cette élasticité à 0,5 pour toutes les régions du modèle. Cette valeur est couramment utilisée dans la littérature. Elle est notamment retenue dans le modèle PEM de l'OCDE pour figurer la mobilité de la terre entre les différentes grandes cultures.

**Figure 13 : Valeurs de l'élasticité de transformation dans l'offre de terres aux secteurs agricoles**



**2.1.2.2 Paramètres liés à la mobilité des facteurs dans le secteur de la trituration**

Comme indiqué auparavant, la procédure de calibrage des paramètres liés à l'offre de facteurs de production autres que la terre dans le secteur de la trituration est la même que celle décrite pour le secteur de la production agricole. Pour les facteurs de production utilisés dans les secteurs de la trituration de graines oléagineuses (l'agrégat de capital, de travail et d'autres intrants représentant les usines de trituration), nous avons considéré une élasticité de transformation relativement forte, égale à 5, qui indique une forte adaptabilité de l'agrégat des autres facteurs et intrants à la trituration des différentes graines. En d'autres termes, nous supposons implicitement que les usines de trituration peuvent facilement passer de la transformation d'un type de graine à un autre. Ceci n'est vrai que pour les graines autres que le coprah et le régime de palme pour lesquels en effet l'agrégat des autres facteurs et intrants est supposé spécifique à chaque activité, c'est-à-dire non mobile.

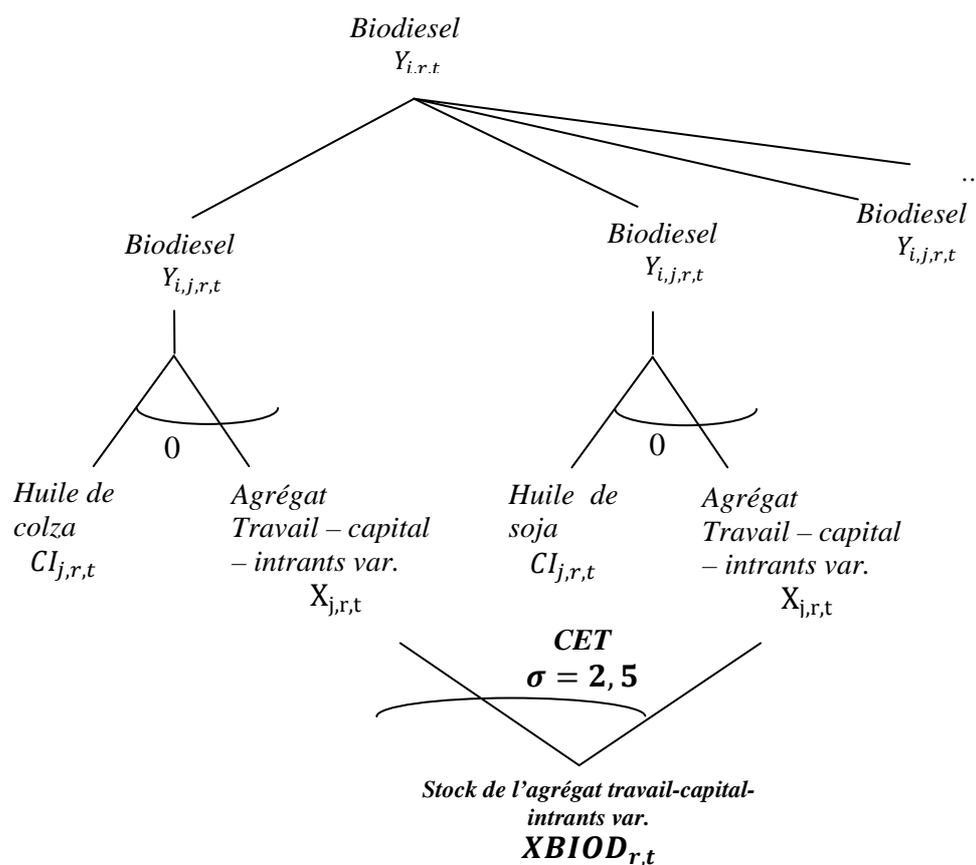
**Figure 14 : Valeur de l'élasticité de transformation utilisée dans le secteur de la trituration**

### 2.1.2.3 Paramètres liés à la mobilité des facteurs dans le secteur de la production des biocarburants

Pour les facteurs de production utilisés dans le secteur de la production des biocarburants (l'agrégat de capital, de travail et d'autres intrants représentant les usines de production de biocarburants), nous avons considéré une élasticité de transformation fixée à 2,5, à la fois pour les secteurs de production d'éthanol à partir de céréales et pour les secteurs de production de biodiesel à partir de différentes huiles végétales, et ce pour la plupart des régions. Là encore, nous supposons implicitement que les unités de production d'éthanol peuvent facilement passer du traitement d'une céréale à une autre tandis que les unités de production de biodiesel peuvent facilement passer du traitement d'une huile à une autre.

En ce qui concerne la production d'éthanol à partir de betteraves en revanche, la technologie de production étant spécifique à cette matière première, nous supposons que l'agrégat de facteurs et intrants est spécifique à cette activité et, par conséquent, non mobile.

Figure 15 : Valeur de l'élasticité de transformation dans le secteur de production du biodiesel



#### 2.1.2.4 Paramètres liés à l'offre de facteurs de production vers tous les secteurs

Nous autorisons les offres des différents facteurs de production à destination des secteurs de la production agricole (offre de terre et offre d'agrégat des autres facteurs et intrants), des secteurs de la trituration et des secteurs de la production de biocarburants (offre d'agrégat des autres facteurs et intrants) à s'ajuster à leurs prix respectifs. Les réponses aux prix de ces différentes offres sont mesurées via des élasticité-prix. Ces dernières figurent la plus ou moins grande adaptabilité du facteur correspondant entre les usages considérés dans le modèle et des usages alternatifs non considérés dans le modèle : pour la terre par exemple, les usages alternatifs en prairie, voire en forêt ; pour le travail, les emplois hors agriculture. En d'autres termes, ces élasticité-prix (que l'on nomme également élasticité d'expansion) mesurent elles aussi la plus ou moins grande mobilité des facteurs entre les secteurs considérés dans le modèle et les secteurs hors modèle. Les élasticité-prix d'offre des facteurs de production représentent également les plus ou moins grandes tensions qui existent sur les marchés de ces facteurs, c'est-à-dire la plus ou moins grande rareté du facteur pour les secteurs considérés dans le modèle.

Le Tableau 11 rapporte les valeurs des élasticité-prix des offres d'agrégat d'autres facteurs et intrants à destination de la production agricole, de la trituration et de la production de biocarburants, retenues pour toutes les régions dans le modèle MATSIM-LUCA. La valeur moins élevée attribuée à l'offre vers l'agriculture figure le caractère plus spécifique (i.e., moins adaptable) du travail formé pour l'agriculture qui est moins mobile avec le reste de l'économie. Les valeurs retenues correspondent à celles utilisées dans le modèle GTAP.

**Tableau 11 : Elasticités d'expansion des facteurs autres que la terre, toutes régions**

Secteur	Elasticité d'expansion des facteurs de production autres que la terre (toutes régions)
Production agricole	0,5
Trituration	1
Production de biodiesel	1
Production d'éthanol	1

**L'élasticité-prix de l'offre globale de terre au secteur des grandes cultures :**

La valeur donnée à l'élasticité-prix de l'offre globale de terre aux secteurs des grandes cultures considérés dans le modèle (LCROP) nécessite d'être discutée car elle est d'une grande importance quant à l'effet du développement des biocarburants en France ou dans d'autres régions du monde en termes de CAS. En effet, comme nous ne considérons dans notre modèle que les cultures arables, les usages alternatifs de la terre en prairies, en forêts, en terres artificialisées sont traités en dehors du modèle si bien que les changements d'affectation des sols entre les cultures arables, d'une part, et les autres usages, d'autre part, sont synthétisés dans cette élasticité-prix. L'élasticité-prix de l'offre globale de terre aux secteurs des grandes cultures représente le degré de mobilité de la terre entre les usages considérés dans le modèle et les usages hors modèle. La valeur de ce paramètre est donc essentielle au regard de l'entrée éventuelle de nouvelles terres dans les secteurs des grandes cultures, qui serait consécutive à une amélioration de la rentabilité de ces cultures et qui donnerait lieu à des émissions de gaz à effet de serre (GES). Al Riffai et al. (2010) mènent une discussion intéressante sur l'incertitude qui entoure la valeur de ce paramètre qui détermine les possibilités et la facilité d'expansion des terres cultivées (cf. annexe VI de Al Riffai et al.). Pour notre part, nous nous basons sur les travaux récents de Hertel (Hertel et al., 2008 ; Keeney et Hertel, 2009) pour fixer la valeur de ce paramètre dans MATSIM-LUCA. Le Tableau 12 rapporte les valeurs retenues pour les différentes zones du modèle. Cette élasticité-prix (également appelée élasticité d'expansion de la terre) étant essentielle au regard des effets du développement des biocarburants en France et/ou dans d'autres régions du monde, en termes de changement d'affectation des sols et d'émissions de GES liées, une analyse de sensibilité des résultats par rapport à la valeur de ce paramètre est menée et rapportée dans le rapport sur les résultats de simulations : Forslund et al., (2013c).

**Tableau 12 : Elasticités d'expansion des terres cultivées utilisées**

Région du modèle	Elasticité d'expansion des terres cultivées
Afrique sub-saharienne	0,2
Brésil	0,2
Autres régions	0,1

## 2.2 Le calibrage des paramètres liés à la demande

### 2.2.1 Le calibrage des paramètres liés à la demande humaine

Comme indiqué dans le chapitre précédent, nous considérons un consommateur représentatif qui cherche à minimiser ses dépenses pour un niveau d'utilité donné, exprimé via une fonction d'utilité CES.<sup>7</sup> Le programme de ce consommateur s'écrit :

<sup>7</sup> Rappelons que dans notre modèle, la fonction d'utilité du consommateur présente les propriétés de séparabilité permettant une résolution du programme de minimisation des dépenses « par morceaux » indépendants les uns des autres. Cette hypothèse nous permet alors de raisonner de façon indépendante au niveau des nids « céréales » et « huiles ». La procédure de calibrage présentée est générique : elle correspond à celle que nous avons mis en œuvre au niveau de chacun des nids.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{n''} p_i x_i$$

$$\text{s. c} \quad U = \alpha \left( \sum_{i=1}^{n''} \delta_i x_i^\rho \right)^{1/\rho}$$

Avec  $U$  le niveau d'utilité du consommateur,  $p_i$  les prix des produits,  $x_i$  la quantité de chaque produit consommée et  $\alpha$ ,  $\delta_i$  et  $\rho$  les paramètres de comportement à calibrer. Pour tout couple de produits consommés, l'élasticité de substitution est constante et égale à  $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$ .

Comme dans les cas précédents, les conditions du premier ordre du programme de minimisation sous contrainte du consommateur nous donnent le système d'équations suivant :

$$\frac{p_i}{p_h} = \frac{\delta_i x_i^{\rho-1}}{\delta_h x_h^{\rho-1}} \quad \text{avec } i \neq h$$

$$U = \alpha \left( \sum_{i=1}^{n''} \delta_i x_i^\rho \right)^{1/\rho}$$

Dont les  $n''$  premières équations peuvent être réécrites :

$$\frac{p_i x_i^{1+\rho}}{p_h x_h^{1+\rho}} = \frac{\delta_i}{\delta_h}$$

En posant que  $\sum_i \delta_i = 1$ , nous obtenons les  $n''$  équations suivantes :

$$\delta_h = \frac{p_h x_h^{1+\rho}}{\sum_i p_i x_i^{1+\rho}}$$

Le paramètre de distribution  $\delta_h$  de la fonction d'utilité CES peut donc s'interpréter comme une approximation de la part des dépenses en produit  $h$  dans les dépenses totales du consommateur.

La résolution du problème de minimisation sous contrainte du consommateur permet de déterminer les équations de demande (humaine) de chaque produit  $i$ . Sous l'hypothèse d'homothéticité des préférences, ces équations permettent de déterminer l'expression du paramètre  $\alpha$  :

$$\alpha = \left( \sum_{i=1}^{n''} \delta_i^\sigma p_i^{1-\sigma} \right)^{1+\frac{1}{\rho}}$$

Le paramètre d'efficacité  $\alpha$  peut donc s'interpréter comme un indice des prix des produits consommés par le consommateur.<sup>8</sup>

Ainsi, l'ensemble des équations ci-dessus indique qu'en donnant une valeur spécifique à l'élasticité de substitution  $\sigma$ , et connaissant les valeurs des prix des produits ( $p_i$ ) et des niveaux de consommation humaine des ces produits ( $x_i$ ), pour toutes les régions et pour toutes les années de la période considérée, il est possible de calculer les valeurs des paramètres  $\delta_i$  et  $\alpha$  et ainsi de calibrer les équations correspondantes du modèle pour tous les produits, pour toutes les régions et pour chaque année de la période considérée.

<sup>8</sup> Dans notre modèle indice des prix des céréales d'un côté, indice des prix des huiles de l'autre.

### Les élasticités de substitutions de la fonction d'utilité CES du consommateur :

Dans la version actuelle du modèle, l'élasticité de substitution de la fonction CES dans le panier des céréales est fixée à  $\sigma = 0,5$  pour toutes les régions du modèle (valeur fréquemment utilisée dans la littérature et qui indique une assez faible substitution possible entre les différents types de céréales à la demande humaine). L'élasticité de substitution dans le panier des huiles est plus forte et fixée à 3 pour toutes les régions : cette valeur suggère que nous posons l'hypothèse d'une forte substitution possible entre huiles au niveau de la demande alimentaire. L'élasticité-prix d'expansion du panier global des céréales est fixée à -0,1, de même que celles pour le panier global des huiles et pour le sucre. Ces valeurs correspondent à celles utilisées dans le modèle OLEOSIM (Dronne et al., 2003).

Figure 16 : Valeurs des élasticités utilisées dans la demande humaine, toutes régions

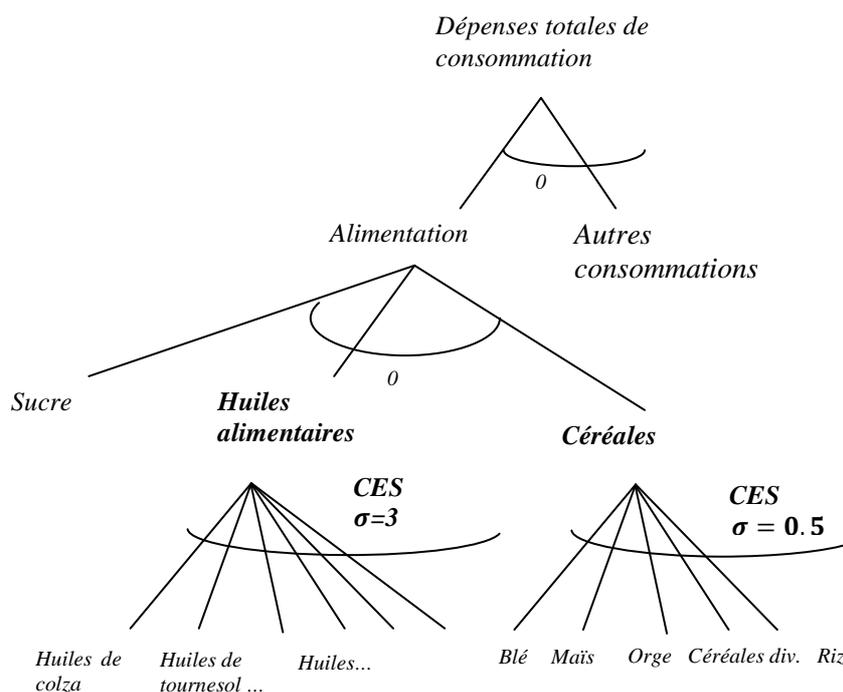


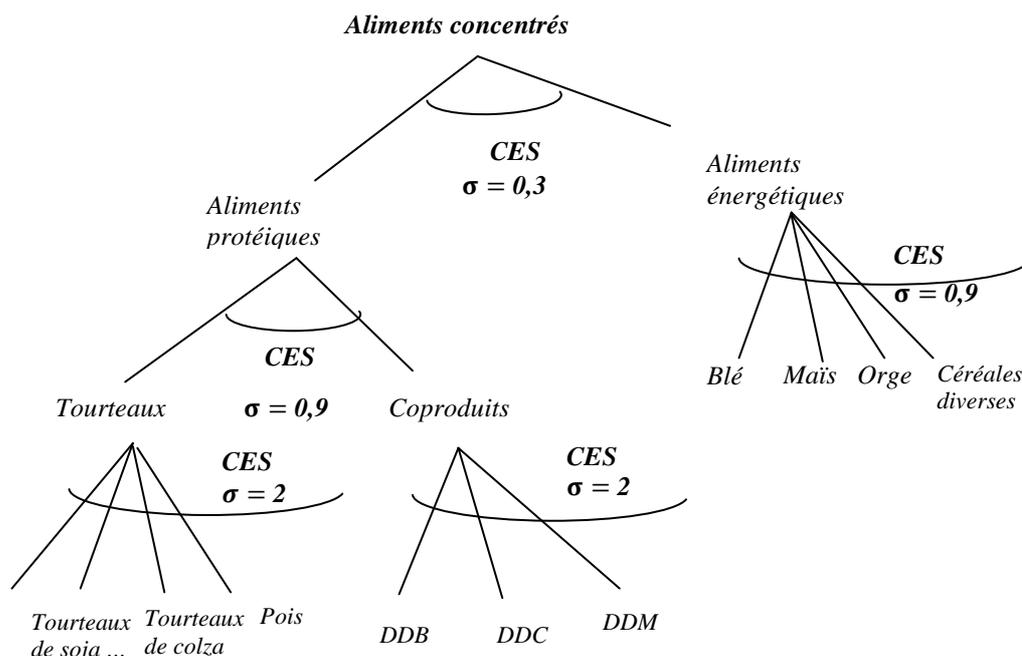
Tableau 13 : Elasticités de substitution et d'expansion utilisées dans la demande humaine, toutes régions

	Région du modèle	Elasticités de substitution $\sigma$	Elasticités d'expansion
Nid des céréales	Toutes régions	0,5	-0,1
Nid des huiles	Toutes régions	3	-0,1
Sucre	Toutes régions	-	-0,1

## 2.2.2 Le calibrage des paramètres liés à la demande animale

La procédure de calibrage des paramètres liés à la demande animale est exactement la même que celle décrite ci-dessus pour l'alimentation humaine, sauf qu'elle est répétée au niveau de chaque nid de la demande animale. Les paramètres de comportement sont à calibrer, en fonction de la valeur donnée aux élasticités de substitution  $\sigma = \frac{1}{1-\rho}$  au niveau de chacun des nids : « aliments protéiques tourteaux », « aliments protéiques coproduits », « aliments énergétiques céréales », « aliments protéiques » et « aliments concentrés » (cf. Figure 17).

Figure 17 : Valeurs des élasticités de substitution retenues dans la demande animale, toutes régions



### Les élasticités de substitutions au niveau de la demande animale :

Les valeurs des élasticités de substitution utilisées pour la demande animale sont indiquées dans le Tableau 16. Ces valeurs ont été choisies de sorte à se rapprocher le plus possible des élasticités-prix estimées à partir du modèle FEEDSIM (modèle de formulation d'aliments composés centré sur le Grand Ouest de la France, cf. annexe A). Nous considérons ainsi une plus forte possibilité de substitution au sein des nids des tourteaux et des coproduits ( $\sigma = 2$ ), qu'au sein du nid des céréales ( $\sigma = 0,9$ ). La substitution est également plus forte entre les tourteaux et les coproduits ( $\sigma = 0,9$ ) qu'entre les céréales et les aliments protéiques ( $\sigma = 0,3$ ).

### L'élasticité d'expansion de la demande en aliments concentrés :

Nous avons retenu une élasticité-prix d'expansion de -0,2 pour toutes les régions pour le nid global des aliments concentrés. Cette élasticité mesure la réponse de la demande d'aliments concentrés à une variation de leur prix : elle synthétise par conséquent, à la fois, les possibilités de substitution entre aliments concentrés et aliments grossiers (fourrages par exemple en ce qui concerne les ruminants) et les effets de changements de niveau (contraction, expansion) et/ou de structure du troupeau national (changements des parts respectives des bovins, porcins, volailles), consécutives à une variation du prix des aliments concentrés.

**Tableau 14 : Elasticités de substitution et d'expansion utilisées dans la demande animale, toutes régions**

	Région du modèle	Elasticités de substitution $\sigma$	Elasticités d'expansion
Nid tourteaux	Toutes régions	2	0
Nid coproduits	Toutes régions	2	0
Nid céréales	Toutes régions	0,9	0
Nid protéines (tourteaux et coproduits)	Toutes régions	0,9	0
Nid aliments concentrés	Toutes régions	0,3	-0,2

### 3 Validation du modèle MATSIM-LUCA

La réponse d'un modèle à un choc exogène dépend fortement des élasticités-prix utilisées à l'offre et à la demande. La comparaison des élasticités-prix du modèle MATSIM-LUCA avec celles utilisées par d'autres modèles de marchés et d'échanges agricoles constitue par conséquent une forme de validation du modèle. C'est celle qui est utilisée ici.

#### 3.1 Calcul des élasticités-prix de MATSIM-LUCA

Il existe deux types d'élasticités-prix :

- les élasticités-prix *ex-ante*, calculées à partir des élasticités de substitution et de transformation des fonctions de production, de recette, de coût et de dépenses telles que calibrées dans le chapitre précédent. Chaque élasticité-prix obtenue mesure alors la réponse de la variable endogène du modèle correspondante à une variation du prix considéré, toute chose étant égale par ailleurs, c'est-à-dire toutes les autres variables du modèle restant inchangées ;
- les élasticités-prix *ex-post*, obtenues via la simulation successive à l'aide du modèle des effets d'une variation de 1% de chacun des prix, considéré isolément. Chaque élasticité-prix calculée mesure alors la réponse de la variable endogène correspondante à une variation du prix considéré, toutes les autres variables du modèle s'étant simultanément ajustées à cette variation du prix.

Il est donc à noter que les deux types d'élasticités mesurent des phénomènes différents. Dans ce qui suit nous calculons les élasticités-prix *ex-post* des surfaces cultivées, de l'offre et des rendements des différentes cultures arables du modèle. Nous calculons ensuite les élasticités-prix *ex-ante* de l'offre des différents types de terre, de la demande animale et de la demande humaine.

Les élasticités-prix *ex-post* sont d'abord présentées pour quelques zones importantes du modèle. Les élasticités-prix *ex-ante* sont calculées et présentées pour toutes les zones du modèle. Pour ne pas alourdir le texte, les matrices correspondantes sont reportées en annexe B. Les élasticité-prix du modèle MATSIM-LUCA sont ensuite comparées à celles utilisées par d'autres modèles : selon les cas, FAPRI, PEM, Aglink, FEEDSIM, OLEOSIM. Toujours dans un souci d'alléger le texte, les élasticités-prix des autres modèles servant de base de comparaison sont reportées en annexe C.

#### 3.2 Les élasticités-prix *ex-post* des surfaces, productions, rendements de MATSIM-LUCA

Les tableaux ci-dessous rapportent les élasticités-prix *ex-post* des surfaces, des productions et des rendements des différentes cultures considérées dans le modèle, pour les zones France, reste de l'UE, Etats-Unis, Brésil, Argentine et Chine.

##### 3.2.1 Elasticités-prix des surfaces cultivées

Les élasticités-prix *ex-post* ci-dessous mesurent les variations des surfaces cultivées consécutives à la variation de 1% du prix du produit correspondant.

FR	Prix						
Surface	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,739	-0,266		-0,073		-0,080	
ABLE		0,473		-0,073		-0,080	
ACAN_SUC		-0,267	0,729	-0,073		-0,080	
AGCOLZA		-0,266		0,669		-0,080	
AGSOJA		-0,267		-0,073	0,702	-0,079	
AMAI5		-0,266		-0,073		0,668	
ARIZ		-0,266		-0,073		-0,080	0,743

ROFUE	Prix						
Surface	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,727	-0,184		-0,059		-0,069	
ABLE		0,518		-0,057		-0,069	
ACAN_SUC							
AGCOLZA		-0,184		0,686		-0,070	
AGSOJA		-0,184		-0,059	0,721	-0,070	
AMAI5		-0,183		-0,058		0,655	
ARIZ		-0,184		-0,060		-0,070	0,736

USA	Prix						
Surface	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,640	-0,106			-0,233	-0,161	
ABLE		0,518			-0,234	-0,159	
ACAN_SUC		-0,101	0,671		-0,230	-0,168	
AGCOLZA		-0,090		0,728	-0,225	-0,181	
AGSOJA		-0,087			0,527	-0,186	-0,010
AMAI5		-0,093			-0,226	0,538	
ARIZ		-0,086			-0,222	-0,187	0,745

BRESIL	Prix						
Surface	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC							
ABLE		0,589	-0,028		-0,183	-0,165	-0,017
ACAN_SUC		-0,012	0,669		-0,201	-0,149	-0,026
AGCOLZA							
AGSOJA		-0,011	-0,048		0,525	-0,146	-0,027
AMAI5		-0,011	-0,050		-0,206	0,593	-0,028
ARIZ		-0,011	-0,052		-0,207	-0,143	0,719

ARG	Prix						
Surface	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC							
ABLE		0,631			-0,384	-0,054	
ACAN_SUC		-0,064	0,720		-0,383	-0,056	
AGCOLZA							
AGSOJA		-0,062			0,357	-0,058	
AMAI		-0,062			-0,382	0,692	
ARIZ		-0,061			-0,381	-0,059	0,754

CHINE	Prix						
Surface	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,754	-0,147	-0,015	-0,037	-0,045	-0,183	-0,038
ABLE		0,590	-0,014	-0,038	-0,046	-0,185	-0,038
ACAN_SUC		-0,147	0,747	-0,036	-0,044	-0,183	-0,038
AGCOLZA		-0,148	-0,011	0,655	-0,050	-0,188	-0,039
AGSOJA		-0,149	-0,011	-0,041	0,633	-0,189	-0,039
AMAI		-0,147	-0,014	-0,038	-0,047	0,547	-0,038
ARIZ		-0,152		-0,050	-0,063	-0,199	0,499

### 3.2.2 Elasticités-prix d'offre

Les élasticités-prix *ex-post* ci-dessous mesurent les variations des quantités produites consécutives à la variation de 1% du prix du produit correspondant.

FR	Prix						
Prod	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,986	-0,252		-0,071		-0,084	
ABLE		0,729		-0,071		-0,084	
ACAN_SUC		-0,254	0,963	-0,071		-0,084	
AGCOLZA		-0,252		0,915		-0,084	
AGSOJA		-0,255		-0,071	0,919	-0,083	
AMAI		-0,252		-0,071		0,913	
ARIZ		-0,252		-0,071		-0,084	0,993

ROFUE	Prix						
Prod	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,962	-0,193		-0,070		-0,074	
ABLE		0,713		-0,067		-0,072	
ACAN_SUC							
AGCOLZA		-0,194		0,921		-0,074	
AGSOJA		-0,193		-0,071	0,958	-0,074	
AMAI		-0,192		-0,070		0,878	
ARIZ		-0,194		-0,072		-0,074	0,980

USA	Prix						
Prod	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,783	-0,081			-0,219	-0,194	-0,011
ABLE		0,674			-0,221	-0,190	-0,010
ACAN_SUC		-0,070	0,844		-0,213	-0,208	-0,013
AGCOLZA		-0,049		0,960	-0,202	-0,235	-0,016
AGSOJA		-0,041			0,805	-0,246	-0,017
AMAI5		-0,053			-0,204	0,706	-0,016
ARIZ		-0,040			-0,197	-0,247	0,994

BRESIL	Prix						
Prod	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC							
ABLE		0,704	-0,048		-0,203	-0,146	-0,027
ACAN_SUC			0,847		-0,239	-0,113	-0,045
AGCOLZA							
AGSOJA			-0,089		0,715	-0,108	-0,048
AMAI5			-0,093		-0,249	0,877	-0,050
ARIZ			-0,096		-0,252	-0,101	0,948

ARG	Prix						
Prod	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC							
ABLE		0,847			-0,376	-0,071	
ACAN_SUC		-0,045	0,946		-0,373	-0,076	
AGCOLZA							
AGSOJA		-0,042			0,610	-0,079	
AMAI5		-0,041			-0,371	0,923	
ARIZ		-0,040			-0,371	-0,082	1,012

CHINE	Prix						
Prod	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	1,010	-0,141	-0,029	-0,021	-0,023	-0,164	-0,034
ABLE		0,836	-0,027	-0,023	-0,026	-0,167	-0,035
ACAN_SUC		-0,141	0,996	-0,020	-0,022	-0,163	-0,034
AGCOLZA		-0,144	-0,022	0,864	-0,033	-0,173	-0,036
AGSOJA		-0,144	-0,021	-0,030	0,835	-0,175	-0,036
AMAI5		-0,142	-0,026	-0,024	-0,026	0,800	-0,035
ARIZ		-0,151		-0,047	-0,060	-0,196	0,541

### 3.2.3 Élasticités-prix des rendements

Les élasticités-prix *ex-post* ci-dessous mesurent les variations des rendements consécutives à la variation de 1% du prix du produit correspondant.

FR	Prix						
Rendement	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,248	0,014		0,002		-0,004	
ABLE		0,256		0,002		-0,004	
ACAN_SUC		0,013	0,233	0,002		-0,004	
AGCOLZA		0,014		0,246		-0,004	
AGSOJA		0,012		0,002	0,217	-0,004	
AMAI5		0,014		0,002		0,245	
ARIZ		0,014		0,002		-0,004	0,250

ROFUE	Prix						
Rendement	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,234	-0,009		-0,011		-0,004	
ABLE		0,195		-0,010		-0,004	
ACAN_SUC							
AGCOLZA		-0,009		0,235		-0,004	
AGSOJA		-0,009		-0,012	0,237	-0,004	
AMAI5		-0,009		-0,011		0,222	
ARIZ		-0,009		-0,012		-0,004	0,244

USA	Prix						
Rendement	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,143	0,026			0,014	-0,033	-0,011
ABLE		0,156			0,013	-0,031	-0,010
ACAN_SUC		0,031	0,173		0,017	-0,041	-0,013
AGCOLZA		0,042		0,232	0,023	-0,054	-0,016
AGSOJA		0,045			0,278	-0,059	-0,007
AMAI5		0,039			0,022	0,168	-0,016
ARIZ		0,046			0,025	-0,060	0,249

BRESIL	Prix						
Rendement	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC							
ABLE		0,115	-0,020		-0,020	0,019	-0,010
ACAN_SUC		0,012	0,178		-0,038	0,036	-0,020
AGCOLZA							
AGSOJA		0,011	-0,041		0,190	0,038	-0,021
AMAI5		0,011	-0,043		-0,043	0,283	-0,022
ARIZ		0,011	-0,044		-0,044	0,042	0,228

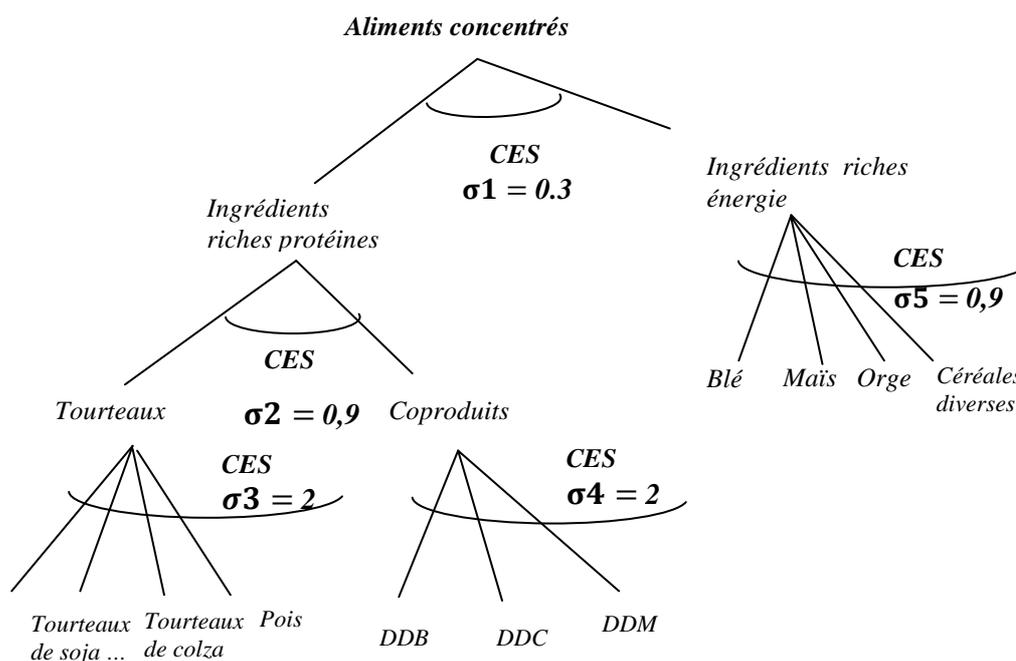
ARG	Prix						
Rendement	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC							
ABLE		0,216			0,008	-0,017	
ACAN_SUC		0,019	0,226		0,009	-0,020	
AGCOLZA							
AGSOJA		0,020			0,253	-0,021	
AMAI		0,021			0,010	0,231	
ARIZ		0,022			0,011	-0,022	0,258

CHINE	Prix						
Rendement	BET_SUC	BLE	CAN_SUC	GCOLZA	GSOJA	MAIS	RIZ
ABET_SUC	0,257	0,006	-0,014	0,016	0,022	0,019	0,003
ABLE		0,246	-0,013	0,015	0,021	0,018	0,003
ACAN_SUC		0,006	0,249	0,016	0,022	0,019	0,003
AGCOLZA		0,005	-0,011	0,209	0,017	0,015	0,003
AGSOJA		0,004	-0,010	0,011	0,202	0,014	0,002
AMAI		0,005	-0,013	0,014	0,020	0,253	0,003
ARIZ		0,001		0,003	0,004	0,003	0,042

### 3.3 Les élasticités-prix ex-ante d'offre de terre et de demandes animale et humaine de MATSIM-LUCA

Nous illustrons ci-dessous la procédure de calcul des élasticités-prix ex-ante pour le cas de la demande animale, qui est le cas le plus compliqué dans notre modèle. La procédure est la même pour calculer les autres élasticités-prix ex-ante du modèle.

Pour mémoire, la demande animale est représentée dans le modèle via un arbre à plusieurs nids, à chaque nid étant attribuée une élasticité de substitution, comme indiqué ci-dessous.



Les élasticités-prix directes et croisées de la demande animale de chaque ingrédient  $i$  sont calculées comme des fonctions des élasticités de substitution et de la part de cet ingrédient dans les coûts associés aux différents nids.

Les formules génériques ci-dessous fournissent l'élasticité hicksienne *ex-ante* de la demande animale de l'ingrédient  $i$  appartenant au nid « tourteaux » par rapport au prix de l'ingrédient  $j$ , la formule variant selon le nid auquel appartient l'ingrédient  $j$ . Les formules sont similaires, mais à adapter, lorsque l'ingrédient  $i$  appartient à un autre nid.

*Les ingrédients  $i$  et  $j$  appartiennent au nid « tourteaux »*

$$\begin{aligned}\varepsilon_{i,i} &= \sigma_3(s_{i3} - 1) + s_{i3}\sigma_2(s_{prot2} - 1) + s_{i2}\sigma_1(s_{protcop1} - 1)^9 \\ \varepsilon_{i,j} &= \sigma_3 s_{j3} + s_{j3}\sigma_2(s_{prot2} - 1) + s_{j2}\sigma_1(s_{protcop1} - 1)\end{aligned}$$

Avec  $\sigma_3$  l'élasticité de substitution au sein du nid « tourteaux »,  $s_{i3}$  (resp.  $s_{j3}$ ) la part (en valeur) de l'ingrédient  $i$  (resp.  $j$ ) dans ce nid,  $\sigma_2$  l'élasticité de substitution entre le nid « tourteaux » et le nid « coproduits »,  $s_{prot2}$  la part (en valeur) du nid « tourteaux » dans le nid supérieur « ingrédients riches en protéines »,  $s_{i2}$  (resp.  $s_{j2}$ ) la part (en valeur) de l'ingrédient  $i$  (resp.  $j$ ) dans le nid « ingrédients riches en protéines »,  $\sigma_1$  l'élasticité de substitution entre ce nid et le nid « ingrédients riches en énergie »,  $s_{protcop1}$  la part du nid « ingrédients riches en protéines » dans le nid supérieur « aliments concentrés ».

*L'ingrédient  $i$  appartient au nid « tourteaux » tandis que l'ingrédient  $j$  appartient au nid « coproduits »*

$$\varepsilon_{i,j} = s_{j4}\sigma_2 s_{cop2} + s_{j2} * \sigma_1 (s_{protcop1} - 1)$$

Avec  $s_{j4}$  la part (en valeur) de l'ingrédient  $j$  dans le nid « coproduits »,  $s_{cop2}$  la part de ce nid dans le nid supérieur « ingrédients riches en protéines ».

*L'ingrédient  $i$  appartient au nid « tourteaux » tandis que l'ingrédient  $j$  appartient au nid « ingrédients riches en énergie »*

$$\varepsilon_{i,j} = s_{j5}\sigma_1(s_{cere1} - 1)$$

Avec  $s_{j5}$  la part (en valeur) de l'ingrédient  $j$  dans le nid « ingrédients riches en énergie » et  $s_{cere1}$  la part (en valeur) de ce nid dans le nid supérieur « aliments concentrés ».

Le passage des élasticités-prix hicksiennes (réponses de la demande des différents ingrédients aux variations de prix, à volume total consommé d'aliments concentrés constant) aux élasticités-prix marshalliennes (réponses de la demande des différents ingrédients aux variations de prix, y compris ajustement du volume total consommé d'aliments concentrés) s'effectue en ajoutant aux élasticités-prix hicksiennes la réponse de la demande totale d'aliments concentrés au prix des aliments concentrés, pondérée par la part en valeur des ingrédients concernés dans la dépense totale en aliments concentrés. Soit, de manière générique :

$$\varepsilon_{i,j}^M = \varepsilon_{i,j}^H - s_j * \varepsilon_{ac}$$

Où  $\varepsilon_{i,j}^M$  est l'élasticité-prix marshallienne de la demande d'ingrédient  $i$  par rapport au prix de l'ingrédient  $j$ ,  $\varepsilon_{i,j}^H$  l'élasticité-prix hicksienne correspondante,  $\varepsilon_{ac}$  l'élasticité-prix directe de la demande d'aliments composés (négative) et  $s_j$  la part (en valeur) de l'ingrédient  $j$  dans la dépense totale en aliments concentrés.

Les matrices d'élasticités-prix *ex-ante* du modèle MATSIM-LUCA, calculées comme illustrées ci-dessus, pour l'offre de terre, la demande animale et la demande humaine sont reportées en annexe B.

<sup>9</sup> La formule de l'élasticité-prix directe est similaire mais à adapter pour chacun des nids.

### 3.4 La comparaison des élasticités-prix de MATSIM-LUCA avec celles utilisées par d'autres modèles de marchés et d'échanges agricoles

Les différents modèles d'équilibre partiel de marchés et d'échanges agricoles existant ne couvrent pas forcément les mêmes produits ni les mêmes zones que MATSIM-LUCA. La comparaison des élasticités-prix ne peut donc être que très partielle. En outre aucun de ces modèles ne fournit dans une même publication le jeu complet des élasticités-prix qu'il utilise. De même, nous ne sommes pas en mesure de comparer ces élasticité-prix avec celles dérivées des modèles d'équilibre général calculable comme Mirage par exemple. Ceux-ci ne fournissent généralement qu'une information disparate sur certaines élasticités de substitution, ou d'expansion, utilisées.

Pour réaliser notre comparaison d'élasticités-prix, nous avons donc retenu les modèles existant les plus proches de MATSIM-LUCA, c'est-à-dire : FAPRI, PEM, AgLink, OLEOSIM et FEEDSIM (pour la demande animale). En dépouillant les publications disponibles relatives à ces modèles, nous avons rassemblé les différentes élasticités-prix fournies. Les matrices d'élasticités-prix, souvent incomplètes, de ces modèles sont reportées en annexe C.

Les élasticités-prix *ex-post* de surfaces de MATSIM-LUCA sont généralement un peu plus élevées que les élasticités-prix de surfaces de FAPRI. Les élasticités-prix *ex-post* d'offre de MATSIM-LUCA sont toujours inférieures aux élasticités-prix d'offre de PEM, seuls modèles pour lesquels ces élasticités sont accessibles.

Les élasticités-prix d'offre de terres de MATSIM-LUCA (annexe B) sont très proches de celles de PEM pour certaines zones (USA, Canada, Australie, Mexique par exemple, annexe C). Pour les autres zones, les élasticité-prix d'offre de terres de MATSIM-LUCA sont, en général, un peu plus élevées que celles de PEM.

En ce qui concerne la demande animale, les élasticités de substitution au sein de chacun des nids de MATSIM-LUCA ont été calibrées de façon à reproduire au mieux les élasticités-prix estimées à partir du modèle de formulation d'aliments composés FEEDSIM pour la France et le reste de l'UE. Les élasticités-prix de la demande animale de MATSIM-LUCA sont donc très comparables à celles issues de FEEDSIM pour la France et le reste de l'UE. On retrouve en particulier dans les matrices d'élasticités-prix de la demande animale de MATSIM-LUCA les caractéristiques suivantes :

- une substitution entre tourteaux d'une part et entre coproduits d'autre part plus facile qu'entre céréales,
- une substitution entre tourteaux plus facile qu'entre tourteaux et coproduits,
- des demandes de coproduits plus sensibles aux variations des prix des tourteaux qu'à celles des prix des céréales,
- une substitution plus facile entre coproduits et tourteaux (et pois, riches en protéines), qu'entre coproduits et céréales (riches en énergie).

Pour les Etats-Unis, les élasticités-prix de la demande animale de MATSIM-LUCA sont comparables à celles utilisées dans Aglink. En particulier, une augmentation du prix du maïs induit, dans les deux modèles, un accroissement de la demande de blé (qui se substitue au maïs) et, dans une moindre mesure, de la demande de tourteau de soja. Dans les deux modèles également, une hausse du prix du tourteau de soja entraîne une augmentation de la consommation de céréales. La structure de la demande animale de MATSIM-LUCA ne permet pas toutefois de représenter la substitution plus forte du soja par le blé que par le maïs observée dans le modèle FAPRI.

Deux références récentes de la littérature nous permettent en général de conforter les valeurs de nos élasticités-prix de la demande animale, en particulier pour les Etats-Unis. Mathews et McConnell (2012) confirment les ordres de grandeur des substitutions entre maïs et tourteau de soja : même si nos élasticités-prix sont nettement plus fortes en valeur absolue, comme Mathews et McConnell nous avons une demande de tourteau de soja plus élastique que la demande de maïs. De même, comme Mathews et McConnell nos demandes animales de drêches sont plus sensibles aux variations de prix des tourteaux qu'aux variations de prix des céréales. Par ailleurs, l'élasticité-prix propre de la demande de coproduits (drêches issues de la production d'éthanol de céréales) est de -0,66 dans notre modèle. Elle est supérieure à l'élasticité de -0,21 de Mathews et McConnell mais inférieure à celle de Beckman et al. (2011) de -2,66.

Pour les autres zones, les élasticités-prix de la demande animale de MATSIM-LUCA sont, en général, plus fortes en valeur absolue que les élasticités-prix correspondantes de Aglink et de FAPRI.

En ce qui concerne la demande humaine, les élasticités-prix d'Aglink et de FAPRI sont souvent assez différentes pour une même zone. Les élasticités-prix directes des demandes de céréales de MATSIM-LUCA prennent souvent des valeurs intermédiaires entre celles d'Aglink et celles de FAPRI, quelle que soit la zone considérée. Les élasticités-prix directes et croisées des demandes d'huiles sont en revanche, le plus souvent, plus élevées en valeur absolue dans MATSIM-LUCA que dans les deux autres modèles : nous avons en effet retenu une élasticité de substitution assez élevée entre les huiles, en particulier en France et dans le reste de l'Europe.

## 4 Perspectives

Le modèle MATSIM-LUCA a été développé spécifiquement pour analyser et évaluer les effets en termes de changement d'affectation des sols (CAS) du développement des biocarburants en France et dans d'autres régions du monde. La terre en tant que facteur de production agricole et les processus d'allocation de la terre entre différents usages, agricoles et non agricoles, tiennent donc une place centrale dans la modélisation.

La version actuelle du modèle MATSIM-LUCA propose une spécification simplifiée de l'offre de terre en direction du secteur de la production de grandes cultures.

A court terme, cette spécification pourrait être affinée à l'instar de ce que propose le modèle PEM de l'OCDE : une optimisation du programme du détenteur de stock de terre en plusieurs étapes permettant de considérer différents « nids » d'allocation (par exemple nid « riz », nid « autres céréales », nid « graines oléagineuses ») et ainsi de différencier les élasticités de transformation attribuées aux différents nids de sorte à différencier le degré de mobilité de la terre entre différents types d'usages.

A plus long terme, cette spécification pourrait être largement améliorée en élargissant le modèle aux produits animaux. L'usage agricole de la terre en prairie et pour produire des plantes fourragères pourrait alors devenir partie intégrante de l'arbitrage du détenteur de stock de terre. De la même façon, du côté des éleveurs, l'arbitrage et les possibilités de substitution entre aliments concentrés et fourrages, qui sont essentiels au regard des effets de chocs exogènes en termes de CAS, seraient représentés explicitement dans le modèle.

Dans cette optique, le modèle MATSIM-LUCA pourrait alors être utilisé pour contribuer à répondre à des questions toujours liées au changement d'affectation des sols, mais qui dépassent la problématique des biocarburants, comme par exemple l'impact en termes de CAS de l'extensification des systèmes de production agricole dans diverses régions du monde, ou bien l'impact en termes de CAS de changements de régime alimentaire dans diverses régions du monde, ou encore quel arbitrage entre sécurité alimentaire mondiale d'une part et CAS et émissions de GES, d'autre part.

## 5 Références

Al-Riffai, P., Dimaranan, B. and Laborde, D. (2010), *Global Trade and Environmental Impact Study of the EU Biofuels Mandate*, Final Report for the Directorate General for Trade of the European Commission, International Food Policy Research Institute.  
[http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2010/march/tradoc\\_145954.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2010/march/tradoc_145954.pdf)

Beckman, J., R. Keeney, and W. Tyner. 2011. Feed Demands and Coproduct Substitution in the Biofuel Era. *Agribusiness* 27(1):1–18.

Dronne, Y., Gautier, P., Gohin, A., & Levert, F. (2003). *Oléosim – Modélisation du marché mondial des oléagineux*. INRA.

Forslund, A., Levert, F., Cuvelette, C., Le Mouël, C., Gohin, A. (2013a). *Etude complémentaire à l'analyse rétrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés français et mondiaux et les changements d'affectation des sols. Volet 2 : Evaluation des effets du développement des biocarburants en France sur les marchés nationaux et internationaux des grandes cultures et sur le changement d'affectation des sols : La base de données du modèle MATSIM-LUCA*. Rapport final pour l'ADEME, mars 2013.

Forslund, A., Levert, F., Gohin, A., Le Mouël, C. (2013c). *Etude complémentaire à l'analyse rétrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés français et mondiaux et les changements d'affectation des sols. Volet 2 : Evaluation des effets du développement des biocarburants en France sur les marchés nationaux et internationaux des grandes cultures et sur le changement d'affectation des sols : Une analyse à l'aide du modèle MATSIM-LUCA. Les résultats de simulations*. Rapport final pour l'ADEME, mars 2013.

Hertel, T.H., Tyner, W.E., & Birur, D.K. (2008). *Biofuels for all? Understanding the global impacts of multinational mandates*. West LaFayette, IN: Purdue University, Department of Agricultural Economics, Center for Global Trade Analysis.

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, rapport final, février 2012.

Keeney, R., Hertel, T. W. (2009). The Indirect Land Use Impacts of United States Biofuel Policies: The Importance of Acreage, Yield, and Bilateral Trade Responses. *Amer. J. Agr. Econ.* 91(4)

Laborde, D. (2011). *Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies*. Final report for the Directorate General for Trade of the European Commission. IFPRI, October 2011.  
[http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc\\_148289.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc_148289.pdf)

Le Mouël C. (2004). *Modelling land supply in the PEM: Literature review, specification and calibration*. Report for the OECD, Directorate for Food, Agriculture and Fisheries.

Mathews, K. H. and M. J. McConnell (2012). The Market for U.S. Livestock Feed Proteins. *Applied Economic Perspectives and Policy*.

OECD (2001). *Market effects of crop support measures*. OECD, Paris.

## **Annexe A : Méthode d'estimation des élasticités-prix de la demande animale issues de FEEDSIM**



### **Calculs d'élasticités-prix et d'élasticités de substitution pour les principaux ingrédients utilisés en alimentation animale dans l'UE par la méthode des pseudo-données**

**Feedsim Avenir  
Rennes, Décembre 2012**

[Association FEEDSIM AVENIR](#)  
AGROCAMPUS OUEST, 65 rue de Saint Briec, Bâtiment 25  
CS 84215 - 35042 RENNES CEDEX - Tél : 02.23.48.53.82 (ld 54.15) – port 06.31.52.87.44  
Email : [feedsimavenir@agrocampus-ouest.fr](mailto:feedsimavenir@agrocampus-ouest.fr)

## Méthodologie générale

Une version simplifiée du modèle FEEDSIM a été utilisée pour générer des pseudo-données permettant de calculer les élasticités-prix de demande (directes et croisées) ainsi que les élasticités de substitution pour les principaux ingrédients utilisés en alimentation animale dans l'UE. Cette version du modèle est basée (comme la version de base de FEEDSIM) sur :

- Une matrice de compositions nutritionnelles (énergie nette porc, énergie métabolisable volailles, acides aminés digestibles pour porcs ou volailles, énergie nette pour ruminants (UFL et UFV), protéines disponibles pour ruminants (PDIE, PDIN), cellulose, etc..) d'une cinquantaine de matières premières utilisées classiquement dans les aliments composés de l'UE. Cette matrice dérive largement de la table de composition publiée par l'INRA et l'AFZ en 2004<sup>10</sup>, mais certaines valeurs ont été ajoutées (nouvelles matières premières telles que le tourteau de tournesol ukrainien et certaines drèches de blé et de maïs issues de l'industrie du bioéthanol européenne) ou ajustées pour se rapprocher des valeurs effectivement retenues par les professionnels bretons de la nutrition animale.
- Un ensemble de vecteurs de « contraintes nutritionnelles » (besoins minimum et/ou maximum par kilo d'aliment) concernant une quarantaine de nutriments (énergie, acides aminés indispensables « disponibles », cellulose brute, minéraux, etc..). Pour chaque vecteur, spécifique à une espèce animale et à un âge physiologique de l'animal (porcelet 2ème âge, truie gestante, poulet de chair croissance, dinde finition, vache laitière complémentaire protéique, etc..), les valeurs retenues sont issues en partie de la Recherche Publique (INRA) et en grande partie des indications des nutritionnistes et formulateurs des entreprises membres de FEEDSIM AVENIR. A ce titre, les valeurs précises ont un caractère confidentiel<sup>11</sup>.
- Un ensemble de vecteurs de « limites d'incorporation » (taux maximum ou minimum) pour des matières premières spécifiques (urée en aliments bovins) ou des familles de matières premières (céréales en poulet label), spécifiques à chaque type d'aliment et correspondant à des critères nutritionnels, technologiques ou de cahier des charges des abatteurs ou distributeurs.

Contrairement au modèle FEEDSIM Grand-Ouest standard, cette version simplifiée utilise un vecteur unique de prix (pour chaque matière première potentiellement utilisable) et n'inclut aucun cout de transport. Par ailleurs toutes les matières premières sont supposées disponibles en quantité illimitée. Globalement le modèle s'écrit de la manière suivante :

Fonction économique à minimiser : Cout matière de l'ensemble des aliments composés

$$\text{Min} \sum_{i,j} x_{ij} * P_i$$

Où  $x_{ij}$  représente la quantité de l'ingrédient  $i$  utilisé dans l'aliment composé  $j$  et  $P_i$  le prix de cet ingrédient.

Sous les contraintes

$$\sum_j x_{ij} * C_{in} >< B_{jn} * T_j$$

Où  $C_{in}$  représente la teneur de l'ingrédient  $i$  pour le nutriment  $n$ ,  $B_{jn}$  le besoin (minimum ou maximum) par kilo du nutriment  $n$  dans l'aliment composé  $j$  et  $T_j$  le tonnage fabriqué de l'aliment composé  $j$ .

<sup>10</sup> Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage 2ème édition revue et corrigée, mars 2004.

<sup>11</sup> La validité des valeurs retenues découle des nombreuses utilisations du modèle qui, notamment dans le cadre du baromètre mensuel, permettent de retrouver les tonnages régionaux des diverses matières premières effectivement utilisées dans les aliments composés du Grand-ouest (Bretagne, Pays de la Loire, Basse Normandie) connus a posteriori, soit directement par certaines statistiques publiques (AGRESTE, FRANCEAGRIMER) et/ou professionnelles, soit indirectement par certains autres indicateurs (activités des ports d'importation, fourniture de divers coproduits par les usines françaises de trituration (tourteaux), de meunerie (son et issues de céréales), d'amidonnerie et de bioéthanol (wheat-feed, corn-gluten-feed, drèches),etc.).

Et

$$x_{ij} >< L_{ij} * T_j$$

Où  $L_{ij}$  est le pourcentage (minimum ou maximum) d'incorporation de l'ingrédient  $i$  dans l'aliment composé  $j$ <sup>12</sup>.

Le logiciel utilisé pour écrire le modèle est GAMS et le solveur utilisé pour optimiser la fonction économique (qui est linéaire, de même que les contraintes) est CPLEX.

A partir des  $x^*_{ij}$  fournies par le solveur pour chaque vecteur de prix  $P_i$  on peut calculer :

- pour chaque formule  $l_{ij} = x^*_{ij} / T_j$  qui est le pourcentage d'incorporation de chaque ingrédient dans chaque aliment composé,
- pour l'ensemble des aliments composés :  $IM_i = \sum_j x * ij / \sum_j T_j$  qui est le taux moyen d'incorporation de l'ingrédient  $i$  dans l'ensemble des aliments composés.

Dans la présente note on s'intéressera aux consommations totales de chaque matière première  $xt_i = \sum_j x_{ij}$  ou, de façon équivalente aux  $IM_i$  (taux moyens d'incorporation) qui dépendent évidemment tous deux soit des tonnages soit de la répartition en tonnage des différents types d'aliments composés (considérée comme fixe) et du vecteur de prix  $p_i$  considéré comme une variable.

On peut écrire :  $xt_i = f(P_i)$  et supposer que la fonction de demande totale de chaque ingrédient dérive d'une fonction de coût de la forme :

$$\ln(C) = \beta_0 + \sum \beta_i \ln(P_i) + \frac{1}{2} \sum \beta_{ij} \ln(P_i) * \ln(P_j)$$

où les  $\beta_{ij}$  sont soumis à des contraintes de symétrie et d'homogénéité. Dans la pratique on estime les  $N_i - 1$  parts de coût total ( $N_i$  étant le nombre de matières premières prises en compte) :

$$S_i = x_{ti} * \frac{P_i}{C} = \partial \ln(C) / \partial \ln(P_i) = \beta_i + \sum \beta_{ij} \ln(P_j)$$

par la méthode Full Information Maximum Likelihood (FIML) ou la méthode Seemingly Unrelated Iterative (SURi) qui sont équivalentes et fournissent des résultats indépendants de l'équation éliminée. Le logiciel utilisé est GRETL. Les élasticités-prix directes et croisées sont classiquement calculées par les formules :

$$E_{ii} = \partial \ln(x_{ti}) / \partial \ln(P_i) = (\beta_{ii} + S_i S_i - S_i) / S_i$$

$$E_{ij} = \partial \ln(x_{ti}) / \partial \ln(P_j) = (\beta_{ij} + S_j S_i) / S_i$$

et les élasticités de substitution d'Allen  $A_{ij}$  (matrice symétrique) sont calculées par la formule :

$$A_{ij} = E_{ij} / S_j$$

## Génération des pseudo-données avec FEEDSIM

La version du modèle FEEDSIM utilisée pour la génération des pseudo-données comporte 21 types d'aliments composés (5 aliments bovins, 6 aliments porcs, 8 aliments volailles, un aliment ovine et un aliment lapin), une quarantaine de matières premières et une trentaine de contraintes nutritionnelles (énergie, protéine et acides aminés digestible, cellulose, phosphore, calcium etc..). Les contraintes nutritionnelles utilisées sont celles en vigueur actuellement en France, mais on peut considérer qu'il y a (en particulier pour les monogastriques) une certaine homogénéité dans les modes de formulation au niveau de l'UE et que la France se situe dans une certaine moyenne entre les pays du Nord et ceux du Sud.

<sup>12</sup> Dans la pratique les contraintes d'incorporation concernant des familles de matières premières sont incluses dans les contraintes nutritionnelles.

Les tonnages d'aliments composés pour chaque espèce animale correspondent pour les grandes catégories (porcs, volailles de chair, etc..) aux chiffres publiés par la FEFAC (total pour l'ensemble de l'UE) et les tonnages des sous-catégories (troues gestantes, troues allaitantes, etc..) ont été estimés par FEEDSIM sur la base de coefficients techniques. Ces chiffres ne concernant que les aliments composés industriels, ils ne correspondent donc pas directement au champ couvert par le modèle MATSIM-LUCA qui concerne en termes de tonnages de matières premières consommés le total des usages industriels et fermiers (céréales et tourteaux autoconsommés et/ou achetés).

Des travaux internes ont été menés par FEEDSIM AVENIR visant à valider ce modèle simplifié pour l'année 2010 sur l'ensemble de l'UE à 27 (France incluse) par comparaison entre les résultats de simulations du modèle et les statistiques disponibles (notamment FEFAC, USDA/PSD et Oil World) sur les consommations de diverses familles de matières premières. De ces travaux il ressort :

- 1) Au niveau des céréales sur les 167 Mt de céréales indiquées par PSD comme ayant été consommées en alimentation animale, environ 74 Mt selon FEEDSIM et 71 selon la FEFAC ont été incorporées dans les aliments composés industriels, le solde, soit plus de 90 Mt (54% du total) ayant été utilisé « à la ferme » dont une bonne part dans la FAF (Fabrication à la Ferme) pour les porcs<sup>13</sup>.
- 2) Au niveau des tourteaux, on peut considérer que sur les 52 Mt (source PSD) ou 53 Mt (source Oil World) utilisées en 2010 en alimentation animale environ 40 Mt ont été incorporées aux aliments composés industriels et donc 12 à 13 Mt ont été utilisées en direct dont 8 à 10 pour la FAF porcs et 4 à 5 pour les ruminants (surtout vaches laitières)

Un premier ajustement doit être fait sur les données de tonnages d'aliments « formulés » pour « coller » aux chiffres du modèle MATSIM-LUCA. En effet le total des matières premières prises en compte dans l'UE hors France ressort à 196 Mt (hors graines oléagineuses utilisées en l'état et huiles végétales) dont 149 Mt de céréales, 43 de tourteaux, 2.4 de protéagineux et 1.7 de coproduits des usines UE de bioéthanol.

Un second ajustement doit être fait sur ces même données de tonnages d'aliments « formulés » dans la mesure où les matières premières prises en compte dans le modèle MATSIM-LUCA (céréales, tourteaux, protéagineux, coproduits de bioéthanol) ne constituent qu'une partie des matières premières concentrées effectivement utilisées en alimentation animale. Il manque en particulier les minéraux, les acides aminés industriels, les issues de meunerie et d'amidonnerie etc. qui sont indispensables pour que les rations puissent être équilibrées au niveau nutritionnel.

On a donc procédé de la façon suivante :

Le tonnage  $T_j$  introduit dans le modèle pour chacun des 21 types « d'aliment composé » est calculé par la formule :

$T_j = \text{tonnage FEFAC d'aliment composé} \cdot \frac{\text{Somme des tonnages de matières premières utilisées dans les pays de l'UE hors France}}{\text{Somme des tonnages d'aliment composé}} \cdot \text{ALPHA}$

Le coefficient ALPHA est calculé de telle sorte que la somme des tonnages calculés par le modèle dans la situation de référence en céréales, tourteaux, protéagineux, coproduits de bioéthanol soit égal à la somme de ces matières premières prises en compte dans le modèle MATSIM-LUCA.

En ce qui concerne les prix, pour les matières premières prises en compte dans le modèle MATSIM-LUCA on a retenu les valeurs fournies par la base de données initiales de ce modèle (les prix de MATSIM-LUCA étant des prix mondiaux et non des prix européens). Pour les prix des autres matières premières on a utilisé la base de donnée FEEDSIM (prix français en euros/tonne considérés comme représentatifs au niveau de l'ensemble de l'UE convertis en dollars sur la base d'une parité de 1.41 \$/€).

Les données utilisées pour les simulations correspondent à l'année 2009 et à la zone « reste de l'UE ». On a réalisé 200 itérations du modèle avec passage du vecteur de prix de l'ensemble des matières premières prises en compte par MATSIM-LUCA défini par :

<sup>13</sup> On peut considérer que la « FAF porc » représente un tonnage à peu près équivalent à celui des aliments porcs industriels (environ 50 Mt dans l'UE) et incorpore environ 35 Mt de céréales, 8 à 10 Mt de tourteaux et 7 à 5 Mt d'ingrédients divers. Le reste des céréales utilisées en direct (environ 50 Mt) seraient utilisées par les gros et petits ruminants, les chevaux, lapins etc.. et une faible part (environ 5 Mt) par les volailles.

$$PP_{i,n} = P_i * ALEA_{i,n}$$

Où  $P_i$  est le prix de référence et  $ALEA_{i,n}$  une variable aléatoire indépendante normale de moyenne 1 et d'écart type 0.20 différente pour chaque produit.

Les prix de tous les autres ingrédients ont été maintenus inchangés.

Les prix et les quantités utilisées de chaque matière première correspondant à chacun des 200 passages ont été stockés dans un fichier Excel pour être traités par GRETL

### Calcul des élasticités avec GRETL

Après estimation du modèle translog concernant les 21 produits retenus par MATSIM-LUCA comme ayant été utilisés en alimentation animale, on a calculé la matrice d'élasticités-prix directes et croisées ainsi que la matrice des élasticités de substitution de Allen en utilisant les **parts moyennes** en valeur des produits dans le coût total calculé pour la situation de référence de FEEDSIM.

**Tableau 1 : Elasticités prix**

	HTOURNE	HCOLZA	HSOJA	HPALME	GSOJA	GCOLZA	GTOURNE	DDM	DOB	TSOJA	TCOLZA	TTOURNE	TPALMIS	TCOTON	TARACHI	TCOPRAH	POIS	ORGE	MAIS	CERDI	BLE
HTOURNE	-6,575	1,472	1,453	1,607	-0,429	0,013	0,073	-0,125	0,540	0,541	0,286	0,090	-0,013	0,036	0,156	0,033	-0,202	-0,049	1,237	-0,233	-0,073
HCOLZA	1,327	-6,780	1,558	2,028	-0,317	0,008	0,236	-0,407	0,059	0,252	-0,379	-0,310	-0,023	-0,270	0,702	-0,075	0,146	-0,280	0,801	0,242	1,478
HSOJA	1,238	1,480	-6,411	1,766	-0,333	0,013	-0,211	-0,092	-0,156	1,154	0,143	-0,102	0,002	-0,149	-0,092	-0,005	0,028	0,194	0,742	-0,417	0,776
HPALME	0,752	1,049	0,970	-3,416	-0,130	-0,001	0,082	0,131	-0,306	0,404	0,023	-0,003	0,010	-0,033	0,023	-0,012	0,151	-0,012	0,150	0,034	0,134
GSOJA	-0,278	-0,227	-0,253	-0,181	-1,157	0,027	0,870	-0,111	0,089	0,908	0,188	0,099	0,008	0,067	0,535	-0,115	-0,026	-0,084	-0,327	-0,014	-0,019
GCOLZA	1,542	0,987	1,824	-0,200	4,989	-5,521	-0,186	0,134	1,501	-0,589	-0,398	1,651	0,994	-2,020	-4,019	-0,186	-0,047	0,378	-0,282	0,758	-0,229
GTOURNE	0,465	0,447	0,442	0,297	2,293	-0,003	-2,024	0,290	-0,359	-0,937	-0,187	-0,246	0,009	0,066	-1,440	0,061	0,013	-0,061	0,735	0,015	0,124
DDM	-0,063	-0,228	-0,054	0,142	-0,087	0,001	0,086	-3,612	0,343	0,885	0,457	0,095	0,026	0,248	0,555	0,134	0,088	0,154	0,537	0,074	0,220
DOB	0,230	0,030	-0,084	-0,300	0,063	0,006	-0,097	0,312	-5,711	2,568	1,019	0,043	-0,016	0,217	0,513	0,088	0,710	0,106	0,282	0,049	-0,027
TSOJA	0,033	0,017	0,084	0,054	0,087	0,000	-0,034	0,108	0,347	-2,675	0,329	0,003	0,001	0,138	0,824	0,031	0,156	0,086	0,047	0,083	0,282
TCOLZA	0,089	-0,132	0,052	0,015	0,091	-0,001	-0,034	0,283	0,695	1,653	-3,810	0,347	0,017	0,437	0,483	0,176	0,073	0,070	-0,313	-0,055	-0,099
TTOURNE	0,139	-0,528	-0,184	-0,009	0,235	0,022	-0,222	0,289	0,143	0,077	1,707	4,250	0,014	0,688	0,279	0,534	0,352	0,169	0,030	0,061	0,493
TPALMIS	-0,542	-1,047	0,104	-0,028	0,520	0,341	0,205	2,070	-1,401	0,818	2,214	-0,730	-7,936	0,042	-0,534	1,153	-0,432	0,178	1,061	0,414	1,573
TCOTON	0,038	-0,317	-0,185	-0,075	0,109	-0,018	0,041	0,519	0,500	2,350	1,476	0,474	0,001	-5,888	-0,135	0,136	0,383	0,403	-0,057	0,483	-0,237
TARACHI	0,032	0,158	-0,022	0,010	0,188	-0,007	-0,171	0,223	0,227	2,702	0,287	0,037	-0,003	-0,026	-2,813	-0,040	-0,021	0,040	-0,354	-0,172	-0,275
TCOPRAH	0,037	-0,043	-0,003	-0,013	-0,093	-0,001	0,019	0,138	0,100	0,260	0,296	0,382	0,015	0,067	-0,403	-0,018	-0,052	-0,051	0,037	0,081	0,067
POIS	-0,092	0,074	0,015	0,147	-0,018	0,000	0,003	0,079	0,704	1,146	0,106	0,104	-0,005	0,165	-0,047	-0,046	-4,738	0,765	0,485	0,097	1,116
ORGE	-0,009	-0,056	0,041	-0,005	-0,023	0,001	-0,006	0,055	0,042	0,249	0,040	0,020	0,001	0,068	0,053	-0,018	0,302	-2,892	0,176	0,147	1,815
MAIS	0,126	0,090	0,089	0,033	-0,051	0,000	0,044	0,108	0,063	0,077	-0,101	0,002	0,003	-0,006	-0,177	0,007	0,108	0,099	-1,763	0,155	1,096
CERDI	-0,065	0,075	-0,136	0,020	-0,008	0,002	0,002	0,041	0,029	0,373	-0,057	0,011	0,003	0,127	-0,235	0,043	0,059	0,227	0,423	-1,760	0,824
BLE	-0,005	0,104	0,058	0,018	-0,002	0,000	0,005	0,028	-0,004	0,288	-0,020	0,020	-0,014	-0,086	0,008	0,155	0,639	0,683	0,188	-2,066	

**Tableau 2 : Elasticités de substitution**

	HTOURNE	HCOLZA	HSOJA	HPALME	GSOJA	GCOLZA	GTOURNE	DDM	DOB	TSOJA	TCOLZA	TTOURNE	TPALMIS	TCOTON	TARACHI	TCOPRAH	POIS	ORGE	MAIS	CERDI	BLE
HTOURNE	-503,307	101,606	94,730	57,555	-21,281	118,020	35,627	-4,835	17,613	2,563	6,848	10,621	-41,462	2,936	2,422	1,319	-7,024	-0,667	9,613	-4,956	-0,354
HCOLZA	101,606	-467,914	102,178	72,377	-15,701	68,129	30,859	-15,768	2,067	1,194	-9,076	-36,447	-72,261	-21,897	10,902	-2,999	5,097	-3,853	6,226	5,145	7,160
HSOJA	94,730	102,178	-417,860	63,241	-15,515	118,961	28,819	-3,552	-5,484	5,468	3,418	-11,982	6,751	-12,852	-1,433	-0,210	0,968	2,669	5,722	-8,849	3,756
HPALME	57,555	72,377	63,241	-122,301	-6,467	-7,164	10,651	5,087	-10,755	1,916	0,542	-0,308	29,630	-2,682	0,361	-0,470	5,260	-0,167	1,164	0,730	0,650
GSOJA	-21,281	-15,701	-15,515	-6,467	-57,415	243,501	113,733	-4,313	3,129	4,304	4,516	11,661	25,790	5,389	8,317	-4,591	-9,902	-1,156	-2,543	-0,295	-0,091
GCOLZA	118,020	68,129	118,961	-7,164	243,501	-584,5	-24,303	5,198	52,706	-2,792	-9,540	194,257	305,873	-163,592	-62,424	-7,465	-1,837	5,202	-2,189	16,096	-1,111
GTOURNE	35,627	30,859	28,819	10,651	113,733	-24,303	-265,536	11,242	-12,611	-4,442	-4,476	-28,992	26,865	5,325	-22,371	2,444	0,443	-0,325	5,716	0,308	0,601
DDM	-4,835	-15,768	-3,552	5,087	-4,313	5,196	11,242	-139,794	12,060	4,193	10,951	11,190	80,125	20,079	8,628	5,352	3,074	2,116	4,171	1,575	1,056
DOB	17,613	2,067	-5,484	-10,755	3,129	52,706	-12,611	12,060	-200,547	12,169	24,414	5,009	-49,202	17,548	7,971	3,515	24,732	1,464	2,195	1,035	-0,129
TSOJA	2,563	1,194	5,468	1,916	4,304	-2,792	-4,442	4,193	12,169	-12,679	7,883	0,366	3,876	11,135	12,804	1,233	5,430	1,178	0,367	1,768	1,365
TCOLZA	6,848	-9,076	3,418	0,542	4,516	-9,540	-4,476	10,951	24,414	-9,540	7,883	-91,265	40,996	53,047	35,362	6,875	7,063	2,535	0,956	-2,431	-1,372
TTOURNE	10,621	-36,447	-11,982	-0,308	11,661	194,257	-28,992	11,190	5,009	0,366	40,996	-504,825	43,526	55,747	4,339	21,386	12,263	2,319	0,231	1,299	2,387
TPALMIS	-41,462	-72,261	6,751	29,630	25,790	305,873	26,865	80,125	-49,202	3,876	53,047	43,526	-24412,303	3,428	-8,295	46,173	-15,047	2,451	8,251	8,798	7,614
TCOTON	2,936	-21,897	-12,052	-2,682	5,325	20,079	17,548	11,135	35,362	55,747	3,428	-476,815	-2,094	5,444	13,359	5,542	-0,447	10,262	-1,145		
TARACHI	2,422	10,902	-1,433	0,361	7,971	-62,424	-22,371	8,628	7,971	12,804	6,875	4,339	-8,295	-2,094	-43,695	-1,604	-0,734	0,830	-2,751	-3,647	-1,331
TCOPRAH	1,319	-2,999	-0,210	0,470	-4,591	-7,465	2,444	5,352	3,515	1,233	7,063	21,386	46,173	5,444	-1,804	-36,771	-1,828	0,702	0,291	1,716	0,323
POIS	-7,024	5,097	0,968	5,260	-0,167	-1,637	0,443	3,074	24,732	5,430	2,515	12,263	-15,047	13,359	-0,734	-1,828	-163,998	10,521	3,770	2,058	5,402
ORGE	-0,667	-3,853	2,669	-0,167	-1,156	5,202	-0,325	2,116	1,464	1,178	0,956	2,319	2,451	5,542	0,830	-0,702	10,521	-39,777	1,166	3,121	8,788
MAIS	9,613	6,226	5,722	1,164	-2,543	-2,189	5,716	1,575	2,195	0,367	-2,431	0,231	8,251	5,542	0,830	-0,702	10,521	-39,777	1,166	3,121	8,788
CERDI	-4,956	5,145	-8,849	0,730	-0,295	16,096	0,308	1,575	1,035	1,768	-1,372	1,299	8,798	10,262	-3,647	1,716	2,058	3,121	3,289	-37,383	3,989
BLE	-0,354	7,160	3,756	0,650	-0,091	-1,111	0,601	1,066	-0,129	1,365	-0,477	2,387	7,614	-1,145	-1,331	0,323	5,402	8,789	5,307	3,989	-9,998

On peut vérifier que les matrices d'élasticités-prix et d'élasticités de substitution de Allen vérifient les propriétés théoriques : élasticités-prix directes négatives et sommes nulles des élasticités-prix en ligne ; élasticités de substitution symétriques.

### Limites des résultats

Il existe certaines limites à l'utilisation des matrices d'élasticités calculées dans cette note pour les besoins du modèle MATSIM-LUCA. Ces limites sont liées, d'une part, à certaines simplifications dans la version du modèle FEEDSIM utilisée pour calculer ces élasticités, et d'autre part à la méthodologie utilisée pour générer et traiter les pseudo-données.

En ce qui concerne les simplifications du modèle : 1) on ne prend pas en compte les disponibilités des différentes matières premières dans chaque pays ; 2) on suppose que les mêmes prix (pas de coûts de transport) et les mêmes modes de formulation nutritionnelles s'appliquent dans toute l'UE ; 3) on a utilisé des prix moyens annuels et non des prix trimestriels (voire mensuels) alors que les ajustements de demande de la part des fabricants s'effectuent à un rythme beaucoup plus rapide<sup>14</sup> ; 4) faute de séparation dans le modèle MATSIM-LUCA entre les matières premières utilisées en direct et celles

<sup>14</sup> Ainsi une matière première peut ne pas être compétitive en termes de prix moyen annuel mais avoir été utilisée pendant une partie de l'année lorsque son prix était intéressant.

incorporées dans les aliments composés, on a supposé qu'elles correspondaient toutes à des demandes issues d'une formulation rationnelle<sup>15</sup>.

En ce qui concerne la méthodologie d'estimation : 1) on a utilisé une forme translog (en raison des possibilités d'estimation du modèle GRETLM limité aux systèmes linéaires) alors que le modèle MATSIM-LUCA repose sur une fonction de coût des aliments composés de type CES (beaucoup plus compliqué à estimer, cf. par exemple l'approche avec R proposée par Henningsen A. et Henningsen G.<sup>16</sup>) ; 2) lors de la génération des pseudo-données, on a considéré que tous les prix pouvaient varier de façon indépendante alors que dans la réalité on constate de fortes corrélations (par exemple entre les prix des différents tourteaux) et des cointégrations (entre les prix d'une graine oléagineuse de son huile et de son tourteau). Des analyses ont été menées sur ces liaisons par FEEDSIM et montrent que l'on peut distinguer parmi les ingrédients un certain nombre de produits leaders (tourteau de soja, huile de palme, blé) et des produits « dérivés » dont le rapport de prix et/ou le différentiel de prix est plus ou moins stable sur longue période. Dans cette approche c'est la relation entre prix du ou des produits leader et prix du produit dérivé qui devient une variable aléatoire dans le court terme.

L'ensemble de ces remarques conduit à conclure que les élasticités présentées dans cette note aux tableaux 1 et 2 surestiment probablement les élasticités réelles (même si la hiérarchie entre produits d'une même famille semble pertinente). Il convient donc de leur appliquer des coefficients de réduction en particulier pour les céréales en raison du poids de l'autoconsommation.

### **Prolongations possibles du travail**

Pour arriver à des élasticités plus pertinentes pour une utilisation, sans transformation, dans le cadre du modèle MATSIM-LUCA, il conviendrait de réaliser un travail spécifique qui consisterait à :

- 1) Distinguer par famille d'ingrédients ce qui est effectivement utilisé dans les aliments composés et ce qui est utilisé en direct. Estimer les élasticités pour chacun de ces secteurs (on sait qu'elles sont très faibles pour les usages fermiers) et calculer des élasticités pondérées pour la totalité de la demande de chaque matière première.
- 2) Calculer non pas des élasticités totales agrégées comme précédemment mais des élasticités par grande famille animale (porcs, volailles et ruminants) puis les appliquer pour chaque espèce à la demande totale en équivalent aliment composé.
- 3) Prolonger l'analyse des séries chronologiques des évolutions mensuelles des prix des différents ingrédients pour établir les équations reliant les prix des produits dérivés à ceux des produits leader. A partir de celles-ci, il faudrait alors générer des pseudo données de consommation des différents ingrédients en faisant varier indépendamment les prix des produits leader et en introduisant un alea dans la relation entre les prix des produits dérivés et ceux des produits leader.
- 4) Affiner l'analyse des consommations de matières premières, les prix et les tonnages d'aliments composés pour se centrer effectivement sur plusieurs zones prises en compte par le modèle MATSIM-LUCA.

---

<sup>15</sup> On sait qu'au niveau des aliments fermiers, les substitutions entre matières premières sont beaucoup plus faibles que dans les aliments composés. Ceci s'explique par le fait qu'en raison du poids de l'autoconsommation les éleveurs utilisent d'abord les céréales qu'ils ont produites indépendamment des prix de marché. En outre, disposant d'un nombre limité de cellules de stockage les éleveurs ne peuvent jouer que sur un nombre de matières premières beaucoup plus limité que les fabricants d'aliments composés.

<sup>16</sup> Econometric Estimation of the Constant Elasticity of Substitution Function in R: Package micEconCES

## Annexe B : Élasticités-prix *ex-ante* de MATSIM-LUCA

### Elasticités-prix d'offre de terre

Les élasticités-prix d'offre de terre présentées ici mesurent la réponse de l'offre de terre de différentes catégories aux variations des prix des terres. Il est à noter qu'elles sont différentes des élasticités-prix *ex-post* de surfaces présentées dans le corps du rapport qui mesurent quant à elle la réponse des surfaces cultivées aux variations des prix des produits agricoles.

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI	ACERDI	APOIS	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC	ACAN_SUC	ABET_SUCQUOTA
FR	AORGE	0,45	0,00	-0,18	-0,05	-0,02	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
FR	ARIZ	-0,05	0,50	-0,18	-0,05	-0,02	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
FR	ABLE	-0,05	0,00	0,32	-0,05	-0,02	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
FR	AMAI	-0,05	0,00	-0,18	0,45	-0,02	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
FR	ACERDI	-0,05	0,00	-0,18	-0,05	0,48	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
FR	APOIS	-0,05	0,00	-0,18	-0,05	-0,02	0,50	-0,05	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
FR	AGCOLZA	-0,05	0,00	-0,18	-0,05	-0,02	0,00	0,45	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
FR	AGSOJA	-0,05	0,00	-0,18	-0,05	-0,02	0,00	-0,05	0,50	-0,02	0,00	0,00	-0,01
FR	AGTOURNE	-0,05	0,00	-0,18	-0,05	-0,02	0,00	-0,05	0,00	0,48	0,00	0,00	-0,01
FR	ABET_SUC	-0,05	0,00	-0,18	-0,05	-0,02	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,50	0,00	-0,01
FR	ACAN_SUC	-0,05	0,00	-0,18	-0,05	-0,02	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,00	0,50	-0,01
FR	ABET_SUCQUOTA	-0,05	0,00	-0,18	-0,05	-0,02	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,49

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI	ACERDI	APOIS	AGCOTON	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC	ACAN_SUC	ABET_SUCQUOTA
ROFUE	AORGE	0,43	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	ARIZ	-0,07	0,50	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	ABLE	-0,07	0,00	0,34	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	AMAI	-0,07	0,00	-0,16	0,46	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	ACERDI	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	0,43	0,00	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	APOIS	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,50	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	AGCOTON	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,50	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	AGCOLZA	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,00	0,47	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	AGSOJA	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,50	-0,02	0,00	0,00	0,00
ROFUE	AGTOURNE	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00
ROFUE	ABET_SUC	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,50	0,00	0,00
ROFUE	ACAN_SUC	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,50	0,00
ROFUE	ABET_SUCQUOTA	-0,07	0,00	-0,16	-0,04	-0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,50

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI	ACERDI	APOIS	AGCOTON	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC	ACAN_SUC
USA	AORGE	0,49	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	ARIZ	-0,01	0,49	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	ABLE	-0,01	-0,01	0,40	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	AMAI	-0,01	-0,01	-0,10	0,31	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	ACERDI	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	0,49	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	APOIS	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,50	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	AGCOTON	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	0,49	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	AGARACHI	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,50	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	AGCOLZA	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,50	-0,07	0,00	0,00	0,00
USA	AGSOJA	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00
USA	AGTOURNE	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,50	0,00	0,00
USA	ABET_SUC	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,50	0,00
USA	ACAN_SUC	-0,01	-0,01	-0,10	-0,19	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,50

	Surface	AORGE	ABLE	AMAI5	ACERDI	APOIS	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC
CANADA	AORGE	0,47	-0,20	-0,01	-0,01	-0,03	-0,10	-0,02	0,00	0,00
CANADA	ABLE	-0,03	0,30	-0,01	-0,01	-0,03	-0,10	-0,02	0,00	0,00
CANADA	AMAI5	-0,03	-0,20	0,49	-0,01	-0,03	-0,10	-0,02	0,00	0,00
CANADA	ACERDI	-0,03	-0,20	-0,01	0,49	-0,03	-0,10	-0,02	0,00	0,00
CANADA	APOIS	-0,03	-0,20	-0,01	-0,01	0,47	-0,10	-0,02	0,00	0,00
CANADA	AGCOLZA	-0,03	-0,20	-0,01	-0,01	-0,03	0,40	-0,02	0,00	0,00
CANADA	AGSOJA	-0,03	-0,20	-0,01	-0,01	-0,03	-0,10	0,48	0,00	0,00
CANADA	AGTOURNE	-0,03	-0,20	-0,01	-0,01	-0,03	-0,10	-0,02	0,50	0,00
CANADA	ABET_SUC	-0,03	-0,20	-0,01	-0,01	-0,03	-0,10	-0,02	0,00	0,50

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	ACERDI	APOIS	AGCOTON	AGPALME	AGARACHI	AGSOJA	AGTOURNE	ACAN_SUC
BRESIL	AORGE	0,50	-0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	ARIZ	0,00	0,48	-0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	ABLE	0,00	-0,02	0,48	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	AMAI5	0,00	-0,02	-0,02	0,46	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	ACERDI	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,50	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	APOIS	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,50	-0,01	0,00	0,00	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	AGCOTON	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	AGPALME	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,50	0,00	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	AGARACHI	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,50	-0,14	0,00	-0,08
BRESIL	AGSOJA	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,36	0,00	-0,08
BRESIL	AGTOURNE	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,14	0,50	-0,08
BRESIL	ACAN_SUC	0,00	-0,02	-0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,42

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	ACERDI	APOIS	AGCOTON	AGARACHI	AGSOJA	AGTOURNE	ACAN_SUC
ARG	AORGE	0,49	0,00	-0,05	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,24	-0,02	-0,01
ARG	ARIZ	-0,01	0,50	-0,05	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,24	-0,02	-0,01
ARG	ABLE	-0,01	0,00	0,45	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,24	-0,02	-0,01
ARG	AMAI5	-0,01	0,00	-0,05	0,46	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,24	-0,02	-0,01
ARG	ACERDI	-0,01	0,00	-0,05	-0,04	0,49	0,00	-0,01	0,00	-0,24	-0,02	-0,01
ARG	APOIS	-0,01	0,00	-0,05	-0,04	-0,01	0,50	-0,01	0,00	-0,24	-0,02	-0,01
ARG	AGCOTON	-0,01	0,00	-0,05	-0,04	-0,01	0,00	0,49	0,00	-0,24	-0,02	-0,01
ARG	AGARACHI	-0,01	0,00	-0,05	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,50	-0,24	-0,02	-0,01
ARG	AGSOJA	-0,01	0,00	-0,05	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,26	-0,02	-0,01
ARG	AGTOURNE	-0,01	0,00	-0,05	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,24	0,48	-0,01
ARG	ACAN_SUC	-0,01	0,00	-0,05	-0,04	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,24	-0,02	0,49

	Surface	ARIZ	AMAI5	APOIS	AGCOPRAH	AGCOTON	AGPALME	AGARACHI	AGSOJA	ACAN_SUC
ASI_SE	ARIZ	0,16	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
ASI_SE	AMAI5	-0,34	0,48	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
ASI_SE	APOIS	-0,34	-0,02	0,50	-0,01	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
ASI_SE	AGCOPRAH	-0,34	-0,02	0,00	0,49	0,00	-0,02	0,00	0,00	-0,01
ASI_SE	AGCOTON	-0,34	-0,02	0,00	-0,01	0,50	-0,02	0,00	0,00	-0,01
ASI_SE	AGPALME	-0,34	-0,02	0,00	-0,01	0,00	0,48	0,00	0,00	-0,01
ASI_SE	AGARACHI	-0,34	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,50	0,00	-0,01
ASI_SE	AGSOJA	-0,34	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,00	0,50	-0,01
ASI_SE	ACAN_SUC	-0,34	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,49

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI	ACERDI	APOIS	AGCOPRAH	AGCOTON	AGPALME	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC	ACAN_SUC
ASI_SUD	AORGE	0,50	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	ARIZ	0,00	0,19	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	ABLE	0,00	-0,31	0,47	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	AMAI	0,00	-0,31	-0,03	0,49	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	ACERDI	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	0,48	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	APOIS	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,50	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	AGCOPRAH	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,50	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	AGCOTON	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	AGPALME	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,50	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	AGARACHI	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,50	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	AGCOLZA	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,49	-0,01	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	AGSOJA	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,49	0,00	0,00	-0,01
ASI_SUD	AGTOURNE	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,50	0,00	-0,01
ASI_SUD	ABET_SUC	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,50	-0,01
ASI_SUD	ACAN_SUC	0,00	-0,31	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,49

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	ACERDI	APOIS	AGCOTON	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC	ACAN_SUC
CHINE	AORGE	0,50	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	ARIZ	0,00	0,22	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	ABLE	0,00	-0,28	0,47	-0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	AMAI5	0,00	-0,28	-0,03	0,46	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	ACERDI	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,50	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	APOIS	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,50	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	AGCOTON	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,00	0,49	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	AGARACHI	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	0,49	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	AGCOLZA	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,49	-0,01	0,00	0,00	0,00
CHINE	AGSOJA	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,49	0,00	0,00	0,00
CHINE	AGTOURNE	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,50	0,00	0,00
CHINE	ABET_SUC	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,50	0,00
CHINE	ACAN_SUC	0,00	-0,28	-0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,50

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	ACERDI	APOIS	AGCOPRAH	AGCOTON	AGPALME	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC	ACAN_SUC
AFR_SUB	AORGE	0,50	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	ARIZ	0,00	0,46	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	ABLE	0,00	-0,04	0,49	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	AMAI5	0,00	-0,04	-0,01	0,46	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	ACERDI	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	APOIS	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,50	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	AGCOPRAH	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,50	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	AGCOTON	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,50	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	AGPALME	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	AGARACHI	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	AGCOLZA	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,50	0,00	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	AGSOJA	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,50	0,00	0,00	-0,01
AFR_SUB	AGTOURNE	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,50	0,00	-0,01
AFR_SUB	ABET_SUC	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,01
AFR_SUB	ACAN_SUC	0,00	-0,04	-0,01	-0,04	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	ACERDI	APOIS	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	ABET_SUC	ACAN_SUC
ASI_EST	AORGE	0,50	-0,37	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
ASI_EST	ARIZ	0,00	0,13	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
ASI_EST	ABLE	0,00	-0,37	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
ASI_EST	AMAI5	0,00	-0,37	-0,01	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
ASI_EST	ACERDI	0,00	-0,37	-0,01	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
ASI_EST	APOIS	0,00	-0,37	-0,01	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
ASI_EST	AGARACHI	0,00	-0,37	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	-0,01	0,00	0,00
ASI_EST	AGCOLZA	0,00	-0,37	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,01	0,00	0,00
ASI_EST	AGSOJA	0,00	-0,37	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00
ASI_EST	ABET_SUC	0,00	-0,37	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,50	0,00
ASI_EST	ACAN_SUC	0,00	-0,37	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,50

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	ACERDI	APOIS	AGCOTON	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC	ACAN_SUC
AFR_NOR	AORGE	0,45	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	ARIZ	-0,05	0,47	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	ABLE	-0,05	-0,03	0,22	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	AMAI5	-0,05	-0,03	-0,28	0,49	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	ACERDI	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	APOIS	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	AGCOTON	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	AGARACHI	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	AGCOLZA	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	AGSOJA	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	-0,01	-0,01
AFR_NOR	AGTOURNE	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,01	-0,01
AFR_NOR	ABET_SUC	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	-0,01
AFR_NOR	ACAN_SUC	-0,05	-0,03	-0,28	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,49

	Surface	ARIZ	AMAI5	ACERDI	AGCOPRAH	AGPALME	AGARACHI	AGSOJA	ACAN_SUC
THAI	ARIZ	0,12	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
THAI	AMAI5	-0,38	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
THAI	ACERDI	-0,38	-0,01	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01
THAI	AGCOPRAH	-0,38	-0,01	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	-0,01
THAI	AGPALME	-0,38	-0,01	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	-0,01
THAI	AGARACHI	-0,38	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	-0,01
THAI	AGSOJA	-0,38	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,01
THAI	ACAN_SUC	-0,38	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI	ACERDI	APOIS	AGCOTON	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ACAN_SUC
AUS	AORGE	0,39	0,00	-0,20	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,02
AUS	ARIZ	-0,11	0,50	-0,20	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,02
AUS	ABLE	-0,11	0,00	0,30	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,02
AUS	AMAI	-0,11	0,00	-0,20	0,50	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,02
AUS	ACERDI	-0,11	0,00	-0,20	0,00	0,48	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,02
AUS	APOIS	-0,11	0,00	-0,20	0,00	-0,02	0,50	-0,01	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,02
AUS	AGCOTON	-0,11	0,00	-0,20	0,00	-0,02	0,00	0,49	0,00	-0,04	0,00	0,00	-0,02
AUS	AGARACHI	-0,11	0,00	-0,20	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,50	-0,04	0,00	0,00	-0,02
AUS	AGCOLZA	-0,11	0,00	-0,20	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	0,46	0,00	0,00	-0,02
AUS	AGSOJA	-0,11	0,00	-0,20	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,50	0,00	-0,02
AUS	AGTOURNE	-0,11	0,00	-0,20	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,00	0,50	-0,02
AUS	ACAN_SUC	-0,11	0,00	-0,20	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,48

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI	ACERDI	APOIS	AGCOPRAH	AGCOTON	AGPALME	AGARACHI	AGSOJA	AGTOURNE	ACAN_SUC
MEX	AORGE	0,49	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	ARIZ	-0,01	0,50	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	ABLE	-0,01	0,00	0,47	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	AMAI	-0,01	0,00	-0,03	0,26	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	ACERDI	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	APOIS	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	AGCOPRAH	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	AGCOTON	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	AGPALME	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	-0,04
MEX	AGARACHI	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	-0,04
MEX	AGSOJA	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	-0,04
MEX	AGTOURNE	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	-0,04
MEX	ACAN_SUC	-0,01	0,00	-0,03	-0,24	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46

	Surface	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI	ACERDI	APOIS	AGCOTON	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	ABET_SUC
EX_URSS	AORGE	0,44	0,00	-0,23	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,01
EX_URSS	ARIZ	-0,06	0,50	-0,23	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,01
EX_URSS	ABLE	-0,06	0,00	0,27	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,01
EX_URSS	AMAI	-0,06	0,00	-0,23	0,49	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,01
EX_URSS	ACERDI	-0,06	0,00	-0,23	-0,01	0,47	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,01
EX_URSS	APOIS	-0,06	0,00	-0,23	-0,01	-0,03	0,50	-0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,01
EX_URSS	AGCOTON	-0,06	0,00	-0,23	-0,01	-0,03	0,00	0,49	-0,01	0,00	-0,04	-0,01
EX_URSS	AGCOLZA	-0,06	0,00	-0,23	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	0,49	0,00	-0,04	-0,01
EX_URSS	AGSOJA	-0,06	0,00	-0,23	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,50	-0,04	-0,01
EX_URSS	AGTOURNE	-0,06	0,00	-0,23	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,46	-0,01
EX_URSS	ABET_SUC	-0,06	0,00	-0,23	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,04	0,49

**Elasticités-prix de la demande animale**

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	POIS	TCOPRAH	TPALMIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	DDM	DDB	PULP
FR	2009	ORGE	-0,75	0,26	0,14	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04
FR	2009	BLE	0,15	-0,64	0,14	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04
FR	2009	MAIS	0,15	0,26	-0,76	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04
FR	2009	CERDI	0,15	0,26	0,14	-0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04
FR	2009	POIS	0,01	0,03	0,01	0,01	-1,93	0,00	0,01	0,01	0,40	1,08	0,16	0,01	0,01	0,00
FR	2009	TCOPRAH	0,01	0,03	0,01	0,01	0,07	-2,00	0,01	0,01	0,40	1,08	0,16	0,01	0,01	0,00
FR	2009	TPALMIS	0,01	0,03	0,01	0,01	0,07	0,00	-1,99	0,01	0,40	1,08	0,16	0,01	0,01	0,00
FR	2009	TARACHI	0,01	0,03	0,01	0,01	0,07	0,00	0,01	-1,99	0,40	1,08	0,16	0,01	0,01	0,00
FR	2009	TCOLZA	0,01	0,03	0,01	0,01	0,07	0,00	0,01	0,01	-1,60	1,08	0,16	0,01	0,01	0,00
FR	2009	TSOJA	0,01	0,03	0,01	0,01	0,07	0,00	0,01	0,01	0,40	-0,92	0,16	0,01	0,01	0,00
FR	2009	TTOURNE	0,01	0,03	0,01	0,01	0,07	0,00	0,01	0,01	0,40	1,08	-1,84	0,01	0,01	0,00
FR	2009	DDM	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,14	0,39	0,06	-1,64	0,76	0,00
FR	2009	DDB	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,14	0,39	0,06	0,36	-1,24	0,00
FR	2009	PULP	0,15	0,26	0,14	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,86

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	POIS	TCOPRAH	TCOTON	TPALMIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	DDM	DDB	DDC	PULP
ROFUE	2009	ORGE	-0,71	0,23	0,15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
ROFUE	2009	BLE	0,19	-0,67	0,15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
ROFUE	2009	MAIS	0,19	0,23	-0,75	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
ROFUE	2009	CERDI	0,19	0,23	0,15	-0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
ROFUE	2009	POIS	0,02	0,02	0,02	0,01	-1,92	0,00	0,00	0,02	0,00	0,28	1,21	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	TCOPRAH	0,02	0,02	0,02	0,01	0,08	-2,00	0,00	0,02	0,00	0,28	1,21	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	TCOTON	0,02	0,02	0,02	0,01	0,08	0,00	-2,00	0,02	0,00	0,28	1,21	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	TPALMIS	0,02	0,02	0,02	0,01	0,08	0,00	0,00	-1,98	0,00	0,28	1,21	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	TARACHI	0,02	0,02	0,02	0,01	0,08	0,00	0,00	0,02	-2,00	0,28	1,21	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	TCOLZA	0,02	0,02	0,02	0,01	0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	-1,72	1,21	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	TSOJA	0,02	0,02	0,02	0,01	0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	0,28	-0,79	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	TTOURNE	0,02	0,02	0,02	0,01	0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	0,28	1,21	-1,88	0,01	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	DDM	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,44	0,04	-1,55	0,39	0,27	0,00
ROFUE	2009	DDB	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,44	0,04	0,45	-1,61	0,27	0,00
ROFUE	2009	DDC	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,44	0,04	0,45	0,39	-1,73	0,00
ROFUE	2009	BET_SUC	-0,04	-0,05	-0,03	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ROFUE	2009	PULP	0,19	0,23	0,15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,88

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TCOTON	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	DDM	PULP
USA	2009	ORGE	-0,89	0,02	0,60	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
USA	2009	BLE	0,01	-0,88	0,60	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
USA	2009	MAIS	0,01	0,02	-0,30	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
USA	2009	CERDI	0,01	0,02	0,60	-0,88	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
USA	2009	TCOTON	0,00	0,00	0,05	0,00	-1,98	0,00	0,05	1,42	0,01	0,24	0,00
USA	2009	TARACHI	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	-2,00	0,05	1,42	0,01	0,24	0,00
USA	2009	TCOLZA	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	-1,95	1,42	0,01	0,24	0,00
USA	2009	TSOJA	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,05	-0,58	0,01	0,24	0,00
USA	2009	TTOURNE	0,00	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,05	1,42	-1,99	0,24	0,00
USA	2009	DDM	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,01	0,38	0,00	-0,66	0,00
USA	2009	PULP	0,01	0,02	0,60	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	-0,90

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	POIS	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	DDM	DDB	PULP
CANADA	2009	ORGE	-0,59	0,09	0,23	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CANADA	2009	BLE	0,31	-0,81	0,23	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CANADA	2009	MAIS	0,31	0,09	-0,67	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CANADA	2009	CERDI	0,31	0,09	0,23	-0,86	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CANADA	2009	POIS	0,03	0,01	0,03	0,00	-1,81	0,24	1,19	0,00	0,08	0,03	0,00
CANADA	2009	TCOLZA	0,03	0,01	0,03	0,00	0,19	-1,76	1,19	0,00	0,08	0,03	0,00
CANADA	2009	TSOJA	0,03	0,01	0,03	0,00	0,19	0,24	-0,81	0,00	0,08	0,03	0,00
CANADA	2009	TTOURNE	0,03	0,01	0,03	0,00	0,19	0,24	1,19	-2,00	0,08	0,03	0,00
CANADA	2009	DDM	0,03	0,01	0,03	0,00	0,06	0,08	0,38	0,00	-1,11	0,31	0,00
CANADA	2009	DDB	0,03	0,01	0,03	0,00	0,06	0,08	0,38	0,00	0,89	-1,69	0,00
CANADA	2009	BET_SUC	-0,07	-0,02	-0,05	-0,01	-0,01	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	0,00	0,00
CANADA	2009	PULP	0,31	0,09	0,23	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,90

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TCOTON	TPALMIS	TARACHI	TSOJA	TTOURNE	PULP
BRESIL	2009	ORGE	-0,90	0,01	0,62	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
BRESIL	2009	BLE	0,00	-0,89	0,62	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
BRESIL	2009	MAIS	0,00	0,01	-0,28	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
BRESIL	2009	CERDI	0,00	0,01	0,62	-0,87	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
BRESIL	2009	TCOTON	0,00	0,00	0,06	0,00	-1,92	0,00	0,00	1,65	0,00	0,00
BRESIL	2009	TPALMIS	0,00	0,00	0,06	0,00	0,08	-2,00	0,00	1,65	0,00	0,00
BRESIL	2009	TARACHI	0,00	0,00	0,06	0,00	0,08	0,00	-2,00	1,65	0,00	0,00
BRESIL	2009	TSOJA	0,00	0,00	0,06	0,00	0,08	0,00	0,00	-0,35	0,00	0,00
BRESIL	2009	TTOURNE	0,00	0,00	0,06	0,00	0,08	0,00	0,00	1,65	-2,00	0,00
BRESIL	2009	PULP	0,00	0,01	0,62	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	-0,90

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TCOTON	TARACHI	TSOJA	TTOURNE
ARG	2009	ORGE	-0,89	0,00	0,50	0,16	0,00	0,00	0,01	0,01
ARG	2009	BLE	0,01	-0,90	0,50	0,16	0,00	0,00	0,01	0,01
ARG	2009	MAIS	0,01	0,00	-0,40	0,16	0,00	0,00	0,01	0,01
ARG	2009	CERDI	0,01	0,00	0,50	-0,74	0,00	0,00	0,01	0,01
ARG	2009	TCOTON	0,00	0,00	0,05	0,02	-1,86	0,13	0,91	0,55
ARG	2009	TARACHI	0,00	0,00	0,05	0,02	0,14	-1,87	0,91	0,55
ARG	2009	TSOJA	0,00	0,00	0,05	0,02	0,14	0,13	-1,09	0,55
ARG	2009	TTOURNE	0,00	0,00	0,05	0,02	0,14	0,13	0,91	-1,45

		FEED	BLE	MAIS	CERDI	TCOPRAH	TPALMIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA
ASI_SE	2009	BLE	-0,84	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
ASI_SE	2009	MAIS	0,06	-0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
ASI_SE	2009	CERDI	0,06	0,59	-0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
ASI_SE	2009	TCOPRAH	0,00	0,05	0,00	-1,95	0,07	0,01	0,02	1,61
ASI_SE	2009	TPALMIS	0,00	0,05	0,00	0,05	-1,93	0,01	0,02	1,61
ASI_SE	2009	TARACHI	0,00	0,05	0,00	0,05	0,07	-1,99	0,02	1,61
ASI_SE	2009	TCOLZA	0,00	0,05	0,00	0,05	0,07	0,01	-1,98	1,61
ASI_SE	2009	TSOJA	0,00	0,05	0,00	0,05	0,07	0,01	0,02	-0,39

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	POIS	TCOPRAH	TCOTON	TPALMIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	PULP
ASI_SUD	2009	ORGE	-0,88	0,03	0,48	0,10	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
ASI_SUD	2009	BLE	0,02	-0,87	0,48	0,10	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
ASI_SUD	2009	MAIS	0,02	0,03	-0,42	0,10	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
ASI_SUD	2009	CERDI	0,02	0,03	0,48	-0,80	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00
ASI_SUD	2009	POIS	0,00	0,00	0,03	0,01	-1,99	0,01	0,55	0,00	0,21	0,35	0,57	0,07	0,00
ASI_SUD	2009	TCOPRAH	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	-1,99	0,55	0,00	0,21	0,35	0,57	0,07	0,00
ASI_SUD	2009	TCOTON	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	-1,45	0,00	0,21	0,35	0,57	0,07	0,00
ASI_SUD	2009	TPALMIS	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,55	-2,00	0,21	0,35	0,57	0,07	0,00
ASI_SUD	2009	TARACHI	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,55	0,00	-1,79	0,35	0,57	0,07	0,00
ASI_SUD	2009	TCOLZA	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,55	0,00	0,21	-1,65	0,57	0,07	0,00
ASI_SUD	2009	TSOJA	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,55	0,00	0,21	0,35	-1,43	0,07	0,00
ASI_SUD	2009	TTOURNE	0,00	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,55	0,00	0,21	0,35	0,57	-1,93	0,00
ASI_SUD	2009	PULP	0,02	0,03	0,48	0,10	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	-0,90

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	POIS	TCOTON	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	DDM	DDB	PULP
CHINE	2009	ORGE	-0,90	0,06	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
CHINE	2009	BLE	0,00	-0,84	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
CHINE	2009	MAIS	0,00	0,06	-0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
CHINE	2009	CERDI	0,00	0,06	0,60	-0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
CHINE	2009	POIS	0,00	0,01	0,06	0,00	-1,98	0,09	0,09	0,19	1,33	0,01	0,01	0,00	0,00
CHINE	2009	TCOTON	0,00	0,01	0,06	0,00	0,02	-1,91	0,09	0,19	1,33	0,01	0,01	0,00	0,00
CHINE	2009	TARACHI	0,00	0,01	0,06	0,00	0,02	0,09	-1,91	0,19	1,33	0,01	0,01	0,00	0,00
CHINE	2009	TCOLZA	0,00	0,01	0,06	0,00	0,02	0,09	0,09	-1,81	1,33	0,01	0,01	0,00	0,00
CHINE	2009	TSOJA	0,00	0,01	0,06	0,00	0,02	0,09	0,09	0,19	-0,67	0,01	0,01	0,00	0,00
CHINE	2009	TTOURNE	0,00	0,01	0,06	0,00	0,02	0,09	0,09	0,19	1,33	-1,99	0,01	0,00	0,00
CHINE	2009	DDM	0,00	0,01	0,06	0,00	0,01	0,03	0,03	0,07	0,48	0,00	-1,11	0,22	0,00
CHINE	2009	DDB	0,00	0,01	0,06	0,00	0,01	0,03	0,03	0,07	0,48	0,00	0,89	-1,78	0,00
CHINE	2009	PULP	0,00	0,06	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,90

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TCOPRAH	TCOTON	TPALMIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	PULP
AFR_SUB	2009	ORGE	-0,90	0,01	0,57	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
AFR_SUB	2009	BLE	0,00	-0,89	0,57	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
AFR_SUB	2009	MAIS	0,00	0,01	-0,33	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
AFR_SUB	2009	CERDI	0,00	0,01	0,57	-0,82	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
AFR_SUB	2009	TCOPRAH	0,00	0,00	0,05	0,01	-1,99	0,17	0,10	0,51	0,00	0,82	0,12	0,00
AFR_SUB	2009	TCOTON	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	-1,83	0,10	0,51	0,00	0,82	0,12	0,00
AFR_SUB	2009	TPALMIS	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,17	-1,90	0,51	0,00	0,82	0,12	0,00
AFR_SUB	2009	TARACHI	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,17	0,10	-1,49	0,00	0,82	0,12	0,00
AFR_SUB	2009	TCOLZA	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,17	0,10	0,51	-2,00	0,82	0,12	0,00
AFR_SUB	2009	TSOJA	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,17	0,10	0,51	0,00	-1,18	0,12	0,00
AFR_SUB	2009	TTOURNE	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,17	0,10	0,51	0,00	0,82	-1,88	0,00
AFR_SUB	2009	BET_SUC	0,00	0,00	-0,11	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,00	-0,04	-0,01	0,00
AFR_SUB	2009	PULP	0,00	0,01	0,57	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	-0,90

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TCOPRAH	TCOTON	TPALMIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	PULP
ASI_EST	2009	ORGE	-0,71	0,06	0,37	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
ASI_EST	2009	BLE	0,19	-0,84	0,37	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
ASI_EST	2009	MAIS	0,19	0,06	-0,53	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
ASI_EST	2009	CERDI	0,19	0,06	0,37	-0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01
ASI_EST	2009	TCOPRAH	0,02	0,01	0,04	0,00	-1,96	0,01	0,06	0,00	0,19	1,43	0,00
ASI_EST	2009	TCOTON	0,02	0,01	0,04	0,00	0,04	-1,99	0,06	0,00	0,19	1,43	0,00
ASI_EST	2009	TPALMIS	0,02	0,01	0,04	0,00	0,04	0,01	-1,94	0,00	0,19	1,43	0,00
ASI_EST	2009	TARACHI	0,02	0,01	0,04	0,00	0,04	0,01	0,06	-2,00	0,19	1,43	0,00
ASI_EST	2009	TCOLZA	0,02	0,01	0,04	0,00	0,04	0,01	0,06	0,00	-1,81	1,43	0,00
ASI_EST	2009	TSOJA	0,02	0,01	0,04	0,00	0,04	0,01	0,06	0,00	0,19	-0,57	0,00
ASI_EST	2009	PULP	0,19	0,06	0,37	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	-0,89

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TCOTON	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	PULP
AFR_NOR	2009	ORGE	-0,76	0,13	0,38	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
AFR_NOR	2009	BLE	0,14	-0,77	0,38	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
AFR_NOR	2009	MAIS	0,14	0,13	-0,52	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
AFR_NOR	2009	CERDI	0,14	0,13	0,38	-0,88	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
AFR_NOR	2009	TCOTON	0,02	0,01	0,04	0,00	-1,98	0,00	1,64	0,06	0,00
AFR_NOR	2009	TCOLZA	0,02	0,01	0,04	0,00	0,02	-2,00	1,64	0,06	0,00
AFR_NOR	2009	TSOJA	0,02	0,01	0,04	0,00	0,02	0,00	-0,36	0,06	0,00
AFR_NOR	2009	TTOURNE	0,02	0,01	0,04	0,00	0,02	0,00	1,64	-1,94	0,00
AFR_NOR	2009	BET_SUC	-0,03	-0,03	-0,09	0,00	0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00
AFR_NOR	2009	PULP	0,14	0,13	0,38	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	-0,88

		FEED	BLE	MAIS	CERDI	TCOPRAH	TPALMIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA
THAI	2009	BLE	-0,83	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
THAI	2009	MAIS	0,07	-0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
THAI	2009	CERDI	0,07	0,56	-0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
THAI	2009	TCOPRAH	0,00	0,03	0,00	-2,00	0,04	0,01	0,07	1,64
THAI	2009	TPALMIS	0,00	0,03	0,00	0,00	-1,96	0,01	0,07	1,64
THAI	2009	TARACHI	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	-1,99	0,07	1,64
THAI	2009	TCOLZA	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,01	-1,93	1,64
THAI	2009	TSOJA	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,01	0,07	-0,36

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	POIS	TCOTON	TPALMIS	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	DDC
AUS	2009	ORGE	-0,56	0,18	0,02	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
AUS	2009	BLE	0,34	-0,72	0,02	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
AUS	2009	MAIS	0,34	0,18	-0,88	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
AUS	2009	CERDI	0,34	0,18	0,02	-0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
AUS	2009	POIS	0,04	0,02	0,00	0,02	-1,87	0,18	0,04	0,38	0,95	0,03	0,02
AUS	2009	TCOTON	0,04	0,02	0,00	0,02	0,13	-1,82	0,04	0,38	0,95	0,03	0,02
AUS	2009	TPALMIS	0,04	0,02	0,00	0,02	0,13	0,18	-1,96	0,38	0,95	0,03	0,02
AUS	2009	TCOLZA	0,04	0,02	0,00	0,02	0,13	0,18	0,04	-1,62	0,95	0,03	0,02
AUS	2009	TSOJA	0,04	0,02	0,00	0,02	0,13	0,18	0,04	0,38	-1,05	0,03	0,02
AUS	2009	TTOURNE	0,04	0,02	0,00	0,02	0,13	0,18	0,04	0,38	0,95	-1,97	0,02
AUS	2009	DDC	0,04	0,02	0,00	0,02	0,05	0,06	0,01	0,13	0,34	0,01	-0,88

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TCOPRAH	TCOTON	TPALMIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	PULP
MEX	2009	ORGE	-0,89	0,02	0,40	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
MEX	2009	BLE	0,01	-0,88	0,40	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
MEX	2009	MAIS	0,01	0,02	-0,50	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
MEX	2009	CERDI	0,01	0,02	0,40	-0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
MEX	2009	TCOPRAH	0,00	0,00	0,04	0,03	-1,99	0,05	0,00	0,00	0,21	1,46	0,00	0,00
MEX	2009	TCOTON	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	-1,95	0,00	0,00	0,21	1,46	0,00	0,00
MEX	2009	TPALMIS	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	0,05	-2,00	0,00	0,21	1,46	0,00	0,00
MEX	2009	TARACHI	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	0,05	0,00	-2,00	0,21	1,46	0,00	0,00
MEX	2009	TCOLZA	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	0,05	0,00	0,00	-1,79	1,46	0,00	0,00
MEX	2009	TSOJA	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	0,05	0,00	0,00	0,21	-0,54	0,00	0,00
MEX	2009	TTOURNE	0,00	0,00	0,04	0,03	0,01	0,05	0,00	0,00	0,21	1,46	-2,00	0,00
MEX	2009	PULP	0,01	0,02	0,40	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	-0,90

		FEED	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	POIS	TCOTON	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	PULP
EX_URSS	2009	ORGE	-0,67	0,32	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
EX_URSS	2009	BLE	0,23	-0,58	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
EX_URSS	2009	MAIS	0,23	0,32	-0,83	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
EX_URSS	2009	CERDI	0,23	0,32	0,07	-0,84	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
EX_URSS	2009	POIS	0,03	0,04	0,01	0,01	-1,80	0,18	0,11	0,86	0,36	0,00
EX_URSS	2009	TCOTON	0,03	0,04	0,01	0,01	0,20	-1,82	0,11	0,86	0,36	0,00
EX_URSS	2009	TCOLZA	0,03	0,04	0,01	0,01	0,20	0,18	-1,89	0,86	0,36	0,00
EX_URSS	2009	TSOJA	0,03	0,04	0,01	0,01	0,20	0,18	0,11	-1,14	0,36	0,00
EX_URSS	2009	TTOURNE	0,03	0,04	0,01	0,01	0,20	0,18	0,11	0,86	-1,64	0,00
EX_URSS	2009	BET_SUC	-0,06	-0,08	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,02	-0,01	0,00
EX_URSS	2009	PULP	0,23	0,32	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,89

**Elasticités-prix de la demande humaine**

	FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
FR	ORGE	-0,48	0,03	0,30	0,04	0,00								
FR	RIZ	0,02	-0,47	0,30	0,04	0,00								
FR	BLE	0,02	0,03	-0,20	0,04	0,00								
FR	MAIS	0,02	0,03	0,30	-0,46	0,00								
FR	CERDI	0,02	0,03	0,30	0,04	-0,50								
FR	HCOPRAH						-2,94	0,00	0,42	0,07	0,10	0,77	0,27	1,21
FR	HCOTON						0,06	-3,00	0,42	0,07	0,10	0,77	0,27	1,21
FR	HPALME						0,06	0,00	-2,58	0,07	0,10	0,77	0,27	1,21
FR	HPALMIS						0,06	0,00	0,42	-2,93	0,10	0,77	0,27	1,21
FR	HARACHI						0,06	0,00	0,42	0,07	-2,90	0,77	0,27	1,21
FR	HCOLZA						0,06	0,00	0,42	0,07	0,10	-2,23	0,27	1,21
FR	HSOJA						0,06	0,00	0,42	0,07	0,10	0,77	-2,73	1,21
FR	HTOURNE						0,06	0,00	0,42	0,07	0,10	0,77	0,27	-1,79

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
ROFUE	2009	ORGE	-0,44	0,03	0,25	0,04	0,02								
ROFUE	2009	RIZ	0,06	-0,47	0,25	0,04	0,02								
ROFUE	2009	BLE	0,06	0,03	-0,25	0,04	0,02								
ROFUE	2009	MAIS	0,06	0,03	0,25	-0,46	0,02								
ROFUE	2009	CERDI	0,06	0,03	0,25	0,04	-0,48								
ROFUE	2009	HCOPRAH						-2,87	0,02	0,67	0,10	0,03	0,73	0,36	0,85
ROFUE	2009	HCOTON						0,13	-2,98	0,67	0,10	0,03	0,73	0,36	0,85
ROFUE	2009	HPALME						0,13	0,02	-2,33	0,10	0,03	0,73	0,36	0,85
ROFUE	2009	HPALMIS						0,13	0,02	0,67	-2,90	0,03	0,73	0,36	0,85
ROFUE	2009	HARACHI						0,13	0,02	0,67	0,10	-2,97	0,73	0,36	0,85
ROFUE	2009	HCOLZA						0,13	0,02	0,67	0,10	0,03	-2,27	0,36	0,85
ROFUE	2009	HSOJA						0,13	0,02	0,67	0,10	0,03	0,73	-2,64	0,85
ROFUE	2009	HTOURNE						0,13	0,02	0,67	0,10	0,03	0,73	0,36	-2,15

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
USA	2009	ORGE	-0,48	0,05	0,13	0,20	0,01								
USA	2009	RIZ	0,02	-0,45	0,13	0,20	0,01								
USA	2009	BLE	0,02	0,05	-0,37	0,20	0,01								
USA	2009	MAIS	0,02	0,05	0,13	-0,30	0,01								
USA	2009	CERDI	0,02	0,05	0,13	0,20	-0,49								
USA	2009	HCOPRAH						-2,93	0,09	0,20	0,04	0,04	0,28	2,10	0,08
USA	2009	HCOTON						0,07	-2,91	0,20	0,04	0,04	0,28	2,10	0,08
USA	2009	HPALME						0,07	0,09	-2,80	0,04	0,04	0,28	2,10	0,08
USA	2009	HPALMIS						0,07	0,09	0,20	-2,96	0,04	0,28	2,10	0,08
USA	2009	HARACHI						0,07	0,09	0,20	0,04	-2,96	0,28	2,10	0,08
USA	2009	HCOLZA						0,07	0,09	0,20	0,04	0,04	-2,72	2,10	0,08
USA	2009	HSOJA						0,07	0,09	0,20	0,04	0,04	0,28	-0,90	0,08
USA	2009	HTOURNE						0,07	0,09	0,20	0,04	0,04	0,28	2,10	-2,92

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
CANADA	2009	ORGE	-0,44	0,04	0,18	0,09	0,03						
CANADA	2009	RIZ	0,06	-0,46	0,18	0,09	0,03						
CANADA	2009	BLE	0,06	0,04	-0,32	0,09	0,03						
CANADA	2009	MAIS	0,06	0,04	0,18	-0,41	0,03						
CANADA	2009	CERDI	0,06	0,04	0,18	0,09	-0,47						
CANADA	2009	HCOPRAH						-2,98	0,08	0,24	1,51	0,90	0,15
CANADA	2009	HCOTON						0,02	-2,92	0,24	1,51	0,90	0,15
CANADA	2009	HPALME						0,02	0,08	-2,76	1,51	0,90	0,15
CANADA	2009	HCOLZA						0,02	0,08	0,24	-1,49	0,90	0,15
CANADA	2009	HSOJA						0,02	0,08	0,24	1,51	-2,10	0,15
CANADA	2009	HTOURNE						0,02	0,08	0,24	1,51	0,90	-2,85

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOTON	HPALME	HARACHI	HSOJA	HTOURNE
BRESIL	2009	ORGE	-0,49	0,25	0,09	0,05	0,00					
BRESIL	2009	RIZ	0,01	-0,25	0,09	0,05	0,00					
BRESIL	2009	BLE	0,01	0,25	-0,41	0,05	0,00					
BRESIL	2009	MAIS	0,01	0,25	0,09	-0,45	0,00					
BRESIL	2009	CERDI	0,01	0,25	0,09	0,05	-0,50					
BRESIL	2009	HCOTON						-2,78	0,06	0,01	2,55	0,06
BRESIL	2009	HPALME						0,22	-2,94	0,01	2,55	0,06
BRESIL	2009	HARACHI						0,22	0,06	-2,99	2,55	0,06
BRESIL	2009	HSOJA						0,22	0,06	0,01	-0,45	0,06
BRESIL	2009	HTOURNE						0,22	0,06	0,01	2,55	-2,94

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOTON	HARACHI	HSOJA	HTOURNE
ARG	2009	ORGE	-0,46	0,03	0,25	0,07	0,01				
ARG	2009	RIZ	0,04	-0,47	0,25	0,07	0,01				
ARG	2009	BLE	0,04	0,03	-0,25	0,07	0,01				
ARG	2009	MAIS	0,04	0,03	0,25	-0,43	0,01				
ARG	2009	CERDI	0,04	0,03	0,25	0,07	-0,49				
ARG	2009	HCOTON						-2,71	0,01	1,21	1,40
ARG	2009	HARACHI						0,29	-2,99	1,21	1,40
ARG	2009	HSOJA						0,29	0,01	-1,79	1,40
ARG	2009	HTOURNE						0,29	0,01	1,21	-1,60

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
CHINE	2009	ORGE	-0,50	0,21	0,13	0,05	0,00								
CHINE	2009	RIZ	0,00	-0,29	0,13	0,05	0,00								
CHINE	2009	BLE	0,00	0,21	-0,37	0,05	0,00								
CHINE	2009	MAIS	0,00	0,21	0,13	-0,45	0,00								
CHINE	2009	CERDI	0,00	0,21	0,13	0,05	-0,50								
CHINE	2009	HCOPRAH						-2,97	0,20	0,37		0,33	0,66	1,25	0,06
CHINE	2009	HCOTON						0,03	-2,80	0,37		0,33	0,66	1,25	0,06
CHINE	2009	HPALME						0,03	0,20	-2,63		0,33	0,66	1,25	0,06
CHINE	2009	HARACHI						0,03	0,20	0,37		-2,67	0,66	1,25	0,06
CHINE	2009	HCOLZA						0,03	0,20	0,37		0,33	-2,34	1,25	0,06
CHINE	2009	HSOJA						0,03	0,20	0,37		0,33	0,66	-1,75	0,06
CHINE	2009	HTOURNE						0,03	0,20	0,37		0,33	0,66	1,25	-2,94

		FOOD	RIZ	BLE	MAIS	HCOPRAH	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HCOLZA	HSOJA
ASI_SE	2009	RIZ	-0,14	0,02	0,02						
ASI_SE	2009	BLE	0,36	-0,48	0,02						
ASI_SE	2009	MAIS	0,36	0,02	-0,48						
ASI_SE	2009	HCOPRAH				-2,69	2,30	0,19	0,02	0,00	0,07
ASI_SE	2009	HPALME				0,31	-0,70	0,19	0,02	0,00	0,07
ASI_SE	2009	HPALMIS				0,31	2,30	-2,81	0,02	0,00	0,07
ASI_SE	2009	HARACHI				0,31	2,30	0,19	-2,98	0,00	0,07
ASI_SE	2009	HCOLZA				0,31	2,30	0,19	0,02	-3,00	0,07
ASI_SE	2009	HSOJA				0,31	2,30	0,19	0,02	0,00	-2,93

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
ASI_SUD	2009	ORGE	-0,50	0,24	0,14	0,01	0,01								
ASI_SUD	2009	RIZ	0,00	-0,26	0,14	0,01	0,01								
ASI_SUD	2009	BLE	0,00	0,24	-0,36	0,01	0,01								
ASI_SUD	2009	MAIS	0,00	0,24	0,14	-0,49	0,01								
ASI_SUD	2009	CERDI	0,00	0,24	0,14	0,01	-0,49								
ASI_SUD	2009	HCOPRAH						-2,96	0,31	1,19	0,02	0,28	0,40	0,48	0,19
ASI_SUD	2009	HCOTON						0,04	-2,69	1,19	0,02	0,28	0,40	0,48	0,19
ASI_SUD	2009	HPALME						0,04	0,31	-1,81	0,02	0,28	0,40	0,48	0,19
ASI_SUD	2009	HPALMIS						0,04	0,31	1,19	-2,98	0,28	0,40	0,48	0,19
ASI_SUD	2009	HARACHI						0,04	0,31	1,19	0,02	-2,72	0,40	0,48	0,19
ASI_SUD	2009	HCOLZA						0,04	0,31	1,19	0,02	0,28	-2,60	0,48	0,19
ASI_SUD	2009	HSOJA						0,04	0,31	1,19	0,02	0,28	0,40	-2,52	0,19
ASI_SUD	2009	HTOURNE						0,04	0,31	1,19	0,02	0,28	0,40	0,48	-2,81

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
AFR_SUB	2009	ORGE	-0,49	0,14	0,06	0,10	0,09								
AFR_SUB	2009	RIZ	0,01	-0,36	0,06	0,10	0,09								
AFR_SUB	2009	BLE	0,01	0,14	-0,44	0,10	0,09								
AFR_SUB	2009	MAIS	0,01	0,14	0,06	-0,40	0,09								
AFR_SUB	2009	CERDI	0,01	0,14	0,06	0,10	-0,41								
AFR_SUB	2009	HCOPRAH						-2,96	0,13	1,53	0,17	0,62	0,00	0,27	0,15
AFR_SUB	2009	HCOTON						0,04	-2,87	1,53	0,17	0,62	0,00	0,27	0,15
AFR_SUB	2009	HPALME						0,04	0,13	-1,47	0,17	0,62	0,00	0,27	0,15
AFR_SUB	2009	HPALMIS						0,04	0,13	1,53	-2,83	0,62	0,00	0,27	0,15
AFR_SUB	2009	HARACHI						0,04	0,13	1,53	0,17	-2,38	0,00	0,27	0,15
AFR_SUB	2009	HCOLZA						0,04	0,13	1,53	0,17	0,62	-3,00	0,27	0,15
AFR_SUB	2009	HSOJA						0,04	0,13	1,53	0,17	0,62	0,00	-2,73	0,15
AFR_SUB	2009	HTOURNE						0,04	0,13	1,53	0,17	0,62	0,00	0,27	-2,85

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
ASI_EST	2009	ORGE	-0,49	0,33	0,03	0,02	0,00								
ASI_EST	2009	RIZ	0,01	-0,17	0,03	0,02	0,00								
ASI_EST	2009	BLE	0,01	0,33	-0,47	0,02	0,00								
ASI_EST	2009	MAIS	0,01	0,33	0,03	-0,48	0,00								
ASI_EST	2009	CERDI	0,01	0,33	0,03	0,02	-0,50								
ASI_EST	2009	HCOPRAH						-2,93	0,04	0,75	0,04	0,00	1,05	0,92	0,03
ASI_EST	2009	HCOTON						0,07	-2,96	0,75	0,04	0,00	1,05	0,92	0,03
ASI_EST	2009	HPALME						0,07	0,04	-2,25	0,04	0,00	1,05	0,92	0,03
ASI_EST	2009	HPALMIS						0,07	0,04	0,75	-2,96	0,00	1,05	0,92	0,03
ASI_EST	2009	HARACHI						0,07	0,04	0,75	0,04	-3,00	1,05	0,92	0,03
ASI_EST	2009	HCOLZA						0,07	0,04	0,75	0,04	0,00	-1,95	0,92	0,03
ASI_EST	2009	HSOJA						0,07	0,04	0,75	0,04	0,00	1,05	-2,08	0,03
ASI_EST	2009	HTOURNE						0,07	0,04	0,75	0,04	0,00	1,05	0,92	-2,97

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOTON	HPALME	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
AFR_NOR	2009	ORGE	-0,49	0,06	0,32	0,01	0,00					
AFR_NOR	2009	RIZ	0,01	-0,44	0,32	0,01	0,00					
AFR_NOR	2009	BLE	0,01	0,06	-0,18	0,01	0,00					
AFR_NOR	2009	MAIS	0,01	0,06	0,32	-0,49	0,00					
AFR_NOR	2009	CERDI	0,01	0,06	0,32	0,01	-0,50					
AFR_NOR	2009	HCOTON						-2,98	0,67	0,00	1,45	0,75
AFR_NOR	2009	HPALME						0,02	-2,33	0,00	1,45	0,75
AFR_NOR	2009	HCOLZA						0,02	0,67	-3,00	1,45	0,75
AFR_NOR	2009	HSOJA						0,02	0,67	0,00	-1,55	0,75
AFR_NOR	2009	HTOURNE						0,02	0,67	0,00	1,45	-2,25

		FOOD	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HPALME	HPALMIS	HARACHI	HSOJA
THAI	2009	RIZ	-0,11	0,01	0,00	0,00					
THAI	2009	BLE	0,39	-0,49	0,00	0,00					
THAI	2009	MAIS	0,39	0,01	-0,50	0,00					
THAI	2009	CERDI	0,39	0,01	0,00	-0,50					
THAI	2009	HCOPRAH					-2,75	1,54	0,08	0,05	0,98
THAI	2009	HPALME					0,25	-1,46	0,08	0,05	0,98
THAI	2009	HPALMIS					0,25	1,54	-2,92	0,05	0,98
THAI	2009	HARACHI					0,25	1,54	0,08	-2,95	0,98
THAI	2009	HSOJA					0,25	1,54	0,08	0,05	-2,02

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
AUS	2009	ORGE	-0,40	0,06	0,24	0,01	0,00						
AUS	2009	RIZ	0,10	-0,44	0,24	0,01	0,00						
AUS	2009	BLE	0,10	0,06	-0,26	0,01	0,00						
AUS	2009	MAIS	0,10	0,06	0,24	-0,49	0,00						
AUS	2009	CERDI	0,10	0,06	0,24	0,01	-0,50						
AUS	2009	HCOPRAH						-2,97	0,48	0,76	0,94	0,27	0,43
AUS	2009	HCOTON						0,03	-2,52	0,76	0,94	0,27	0,43
AUS	2009	HPALME						0,03	0,48	-2,24	0,94	0,27	0,43
AUS	2009	HCOLZA						0,03	0,48	0,76	-2,06	0,27	0,43
AUS	2009	HSOJA						0,03	0,48	0,76	0,94	-2,73	0,43
AUS	2009	HTOURNE						0,03	0,48	0,76	0,94	0,27	-2,57

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HARACHI	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
MEX	2009	ORGE	-0,49	0,03	0,11	0,24	0,00							
MEX	2009	RIZ	0,01	-0,47	0,11	0,24	0,00							
MEX	2009	BLE	0,01	0,03	-0,39	0,24	0,00							
MEX	2009	MAIS	0,01	0,03	0,11	-0,26	0,00							
MEX	2009	CERDI	0,01	0,03	0,11	0,24	-0,50							
MEX	2009	HCOPRAH						-2,92	0,12	0,11	0,00	1,05	1,52	0,01
MEX	2009	HCOTON						0,08	-2,88	0,11	0,00	1,05	1,52	0,01
MEX	2009	HPALME						0,08	0,12	-2,89	0,00	1,05	1,52	0,01
MEX	2009	HARACHI						0,08	0,12	0,11	-3,00	1,05	1,52	0,01
MEX	2009	HCOLZA						0,08	0,12	0,11	0,00	-1,95	1,52	0,01
MEX	2009	HSOJA						0,08	0,12	0,11	0,00	1,05	-1,48	0,01
MEX	2009	HTOURNE						0,08	0,12	0,11	0,00	1,05	1,52	-2,99

		FOOD	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOPRAH	HCOTON	HPALME	HPALMIS	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
EX_URSS	2009	ORGE	-0,46	0,02	0,31	0,00	0,03							
EX_URSS	2009	RIZ	0,04	-0,48	0,31	0,00	0,03							
EX_URSS	2009	BLE	0,04	0,02	-0,19	0,00	0,03							
EX_URSS	2009	MAIS	0,04	0,02	0,31	-0,50	0,03							
EX_URSS	2009	CERDI	0,04	0,02	0,31	0,00	-0,47							
EX_URSS	2009	HCOPRAH						-2,97	0,30	0,28	0,03	0,25	0,20	1,81
EX_URSS	2009	HCOTON						0,03	-2,70	0,28	0,03	0,25	0,20	1,81
EX_URSS	2009	HPALME						0,03	0,30	-2,72	0,03	0,25	0,20	1,81
EX_URSS	2009	HPALMIS						0,03	0,30	0,28	-2,97	0,25	0,20	1,81
EX_URSS	2009	HCOLZA						0,03	0,30	0,28	0,03	-2,75	0,20	1,81
EX_URSS	2009	HSOJA						0,03	0,30	0,28	0,03	0,25	-2,80	1,81
EX_URSS	2009	HTOURNE						0,03	0,30	0,28	0,03	0,25	0,20	-1,19

## Annexe C. Elasticités-prix des autres modèles existants

### Elasticités-prix de surfaces du modèle FAPRI

Les élasticités-prix de surfaces du modèle FAPRI sont des élasticités par rapport aux prix de produits Agricoles. Seules les élasticités-prix directes du modèle sont disponibles.

#### UE :

##### FAPRI (moyenne UE15 et NMS)

	ABET_SUC	ABLE	ACAN_SUC	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	AMAI	AORGE	ARIZ
ABET_SUC	0.60								
ABLE		0.21							
ACAN_SUC			0.31						
AGCOLZA				0.27					
AGSOJA					0.25				
AGTOURNE						0.28			
AMAI							0.17		
AORGE								0.24	
ARIZ									0.15

#### CANADA :

##### FAPRI

	ABET_SUC	ABLE	AGCOLZA	AGSOJA	AMAI	AORGE
ABET_SUC	0.17					
ABLE		0.39				
AGCOLZA			0.26			
AGSOJA				0.32		
AMAI					0.18	
AORGE						0.37

#### BRESIL :

##### FAPRI

	ABLE	ACAN_SUC	AGSOJA	AMAI	AORGE	ARIZ
ABLE	0.43					
ACAN_SUC		0.20				
AGSOJA			0.34			
AMAI				0.42		
AORGE					0.11	
ARIZ						0.07

ARG :

FAPRI

	ABLE	ACAN_SUC	ACERDI	AGARACHI	AGSOJA	AGTOURNE	AMAI	AORGE	ARIZ
ABLE	0.41								
ACAN_SUC		0.09							
ACERDI			0.53						
AGARACHI				0.25					
AGSOJA					0.32				
AGTOURNE						0.15			
AMAI							0.70		
AORGE								0.17	
ARIZ									0.24

AFR\_NOR :

FAPRI

	ABLE	ACAN_SUC	AMAI	AORGE
ABLE	0.15			
ACAN_SUC		0.10		
AMAI			0.25	
AORGE				0.17

AFR\_SUB :

FAPRI

	ACAN_SUC	ACERDI	AMAI	AORGE	ARIZ
ACAN_SUC	0.12				
ACERDI		0.28			
AMAI			0.28		
AORGE				0.44	
ARIZ					0.23

ASI-EST :

FAPRI

	ABET_SUC	ABLE	ACAN_SUC	AGCOLZA	AGSOJA	AORGE
ABET_SUC	0.22					
ABLE		0.16				
ACAN_SUC			0.19			
AGCOLZA				0.36		
AGSOJA					0.37	
AORGE						0.45

**ASI\_SE :****FAPRI**

	ACAN_SUC	AMAI5	ARIZ
ACAN_SUC	0.09		
AMAI5		0.26	
ARIZ			0.23

**ASI\_SUD :****FAPRI**

	ABLE	ACAN_SUC	ACERDI	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	AMAI5	ARIZ
ABLE	0.29							
ACAN_SUC		0.21						
ACERDI			0.30					
AGARACHI				0.40				
AGCOLZA					0.34			
AGSOJA						0.36		
AMAI5							0.21	
ARIZ								0.11

**AUS :****FAPRI**

	ABLE	ACAN_SUC	ACERDI	AGCOLZA	AMAI5	AORGE
ABLE	0.33					
ACAN_SUC		0.14				
ACERDI			0.35			
AGCOLZA				0.26		
AMAI5					0.23	
AORGE						0.29

**CHINE :**

**FAPRI**

	ABET_SUC	ABLE	ACAN_SUC	AGARACHI	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	AMAI5	AORGE	ARIZ
ABET_SUC	0.13									
ABLE		0.09								
ACAN_SUC			0.09							
AGARACHI				0.04						
AGCOLZA					0.26					
AGSOJA						0.45				
AGTOURNE							0.41			
AMAI5								0.13		
AORGE									0.25	
ARIZ										0.16

**EX\_URSS :**

**FAPRI**

	ABET_SUC	ABLE	AGCOLZA	AGSOJA	AGTOURNE	AMAI5	AORGE
ABET_SUC	0.10						
ABLE		0.19					
AGCOLZA			0.31				
AGSOJA				0.42			
AGTOURNE					0.31		
AMAI5						0.31	
AORGE							0.35

**MEX :**

**FAPRI**

	ABLE	ACAN_SUC	ACERDI	AGARACHI	AMAI5	AORGE	ARIZ
ABLE	0.24						
ACAN_SUC		0.20					
ACERDI			0.20				
AGARACHI				0.24			
AMAI5					0.22		
AORGE						0.17	
ARIZ							0.10

**THAI :**

**FAPRI**

	AMAI5	ARIZ
AMAI5	0.15	
ARIZ		0.22

**Elasticités-prix de l'offre agricole de PEM****ROFUE**

	<b>BLE</b>	<b>OLEAGINEUX</b>	<b>MAIS</b>	<b>RIZ</b>
<b>BLE</b>	1,75	-0,11	-0,57	-0,09
<b>OLEAGINEUX</b>	-0,41	1,61	-0,38	-0,06
<b>MAIS</b>	-0,68	-0,12	1,99	-0,12
<b>RIZ</b>	-0,39	-0,07	-0,37	1,87

**USA :**

	<b>BLE</b>	<b>OLEAGINEUX</b>	<b>MAIS</b>	<b>RIZ</b>
<b>BLE</b>	1,33	-0,16	-0,36	-0,17
<b>OLEAGINEUX</b>	-0,08	1,11	-0,36	-0,11
<b>MAIS</b>	-0,12	-0,26	1,31	-0,17
<b>RIZ</b>	-0,08	-0,11	-0,24	1,46

**CANADA**

	<b>BLE</b>	<b>OLEAGINEUX</b>	<b>MAIS</b>	<b>RIZ</b>
<b>BLE</b>	1,58	-0,65	-0,2	0
<b>OLEAGINEUX</b>	-0,6	1,82	-0,3	0
<b>MAIS</b>	-0,36	-0,57	1,71	0
<b>RIZ</b>	0	0	0	0

**ASI\_EST****(JAPON)**

	<b>BLE</b>	<b>OLEAGINEUX</b>	<b>MAIS</b>	<b>RIZ</b>
<b>BLE</b>				
<b>OLEAGINEUX</b>				
<b>MAIS</b>				
<b>RIZ</b>				0,81

**MEX :****UE**

	<b>BLE</b>	<b>OLEAGINEUX</b>	<b>MAIS</b>	<b>RIZ</b>
<b>BLE</b>	1,25	-0,01	-0,41	0
<b>OLEAGINEUX</b>	-0,1	1,47	-0,44	0
<b>MAIS</b>	-0,07	-0,01	0,72	0
<b>RIZ</b>	0	0	0	0

**Elasticités-prix de l'offre de terre de PEM**

Les élasticités-prix de l'offre de terres de PEM sont des élasticités par rapport aux prix des terres.

**PEM (UE 15)**

	<b>AORGE</b>	<b>ARIZ</b>	<b>ABLE</b>	<b>AMAI5</b>	<b>AGCOLZA</b>	<b>AGSOJA</b>	<b>AGTOURNE</b>	<b>ABET_SUC</b>	<b>ACAN_SUC</b>
<b>AORGE</b>									
<b>ARIZ</b>		0.05	0.00	0.00	0.00			0.00	
<b>ABLE</b>		0.00	0.21	-0.02	-0.01			-0.01	
<b>AMAI5</b>		0.00	-0.02	0.21	-0.01			-0.01	
<b>AGCOLZA</b>		0.00	-0.02	-0.02	0.22			-0.01	
<b>AGSOJA</b>									
<b>AGTOURNE</b>									
<b>ABET_SUC</b>		0.00	-0.01	-0.01	-0.01			0.20	
<b>ACAN_SUC</b>									

**USA :**

	<b>ARIZ</b>	<b>ABLE</b>	<b>AMAI5</b>	<b>AGSOJA</b>	<b>ABET_SUC</b>
<b>ARIZ</b>	0.10	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
<b>ABLE</b>	0.00	0.48	-0.20	-0.18	0.00
<b>AMAI5</b>	-0.01	-0.07	0.35	-0.18	0.00
<b>AGSOJA</b>	-0.01	-0.07	-0.20	0.37	0.00
<b>ABET_SUC</b>	0.00	-0.01	-0.02	-0.02	0.14

**CANADA :**

	<b>AORGE</b>	<b>ABLE</b>	<b>AMAI5</b>	<b>AGCOLZA</b>	<b>AGSOJA</b>	<b>ABET_SUC</b>
<b>AORGE</b>		-0.01	0.00			0.00
<b>ABLE</b>		0.35	-0.14	-0.12		0.00
<b>AMAI5</b>		-0.23	0.44	-0.12		0.00
<b>AGCOLZA</b>		-0.23	-0.14	0.46		0.00
<b>AGSOJA</b>						
<b>ABET_SUC</b>		-0.02	-0.01	-0.01		0.14

## AFR\_NOR :

## PEM (Turquie)

	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	AGARACHI	ACAN_SUC
AORGE						
ARIZ		0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
ABLE		0.00	0.21	-0.06	-0.04	-0.01
AMAI5		0.00	-0.14	0.29	-0.04	-0.01
AGARACHI		0.00	-0.14	-0.06	0.31	-0.01
ACAN_SUC		0.00	-0.02	-0.01	-0.01	0.14

## ASI-EST :

## PEM (Japon)

	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	AGCOLZA	AGSOJA	ABET_SUC	ACAN_SUC
AORGE								
ARIZ		0.04	0.00	0.00		0.00	0.00	
ABLE		0.00	0.15	-0.02		-0.03	0.00	
AMAI5		0.00	-0.05	0.19		-0.03	0.00	
AGCOLZA								
AGSOJA		0.00	-0.05	-0.02		0.17	0.00	
ABET_SUC		0.00	0.00	0.00		0.00	0.10	
ACAN_SUC								

## AUS :

## PEM (Australie et Nouvelle Zélande)

	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	ACERDI	AGCOLZA	ACAN_SUC
AORGE							
ARIZ		0.05	-0.01	0.00		0.00	0.00
ABLE		-0.01	0.31	-0.14		-0.05	0.00
AMAI5		0.00	-0.27	0.45		-0.05	0.00
ACERDI							
AGCOLZA		0.00	-0.27	-0.14		0.54	0.00
ACAN_SUC		0.00	-0.02	-0.01		0.00	0.16

## MEX :

	AORGE	ARIZ	ABLE	AMAI5	ACERDI	AGARACHI	AGSOJA	ACAN_SUC
AORGE								
ARIZ		0.10	0.00	-0.01			0.00	0.00
ABLE		0.00	0.52	-0.39			-0.04	-0.01
AMAI5		-0.01	-0.07	0.20			-0.04	-0.01
ACERDI								
AGARACHI								
AGSOJA			-0.07	-0.39			0.55	-0.01
ACAN_SUC		0.00	0.00	-0.01			0.00	0.11

## Elasticités-prix de la demande animale de FEEDSIM, FAPRI et Aglink

Nous reportons ci-dessous les élasticités-prix de la demande animale, estimées à partir du modèle de formulation d'aliments FEEDSIM d'une part (cf. annexe A), disponibles dans FAPRI et Aglink d'autre part. FAPRI ne fournit que des élasticités-prix directes, Aglink (devenu Aglink/Cosimo depuis quelques années) donne des matrices d'élasticités-prix directes et croisées pour quelques zones de l'OCDE. Les élasticités-prix d'AgLink/Cosimo proviennent de la version 2011 du modèle. Celles présentées ci-dessous correspondent à la moyenne des élasticités-prix disponibles pour les pays constituant la zone géographique considérée dans MATSIM-LUCA.

### Les élasticité-prix pour la France et le reste de l'UE de FEEDSIM

Les élasticités-prix issues de FEEDSIM sont présentées ci-dessous. Dans le modèle MATSIM-LUCA, les élasticités de substitution au niveau de chacun des nids de l'arbre de l'alimentation animale ont été calibrées de façon à représenter au mieux les élasticités-prix de FEEDSIM. Ces dernières avaient toutefois été au préalable réduites d'un tiers pour les tourteaux et les coproduits et de la moitié pour les céréales pour tenir compte du fait que FEEDSIM est un modèle de formulation d'aliments composés utilisé par les industriels tandis que MATSIM-LUCA couvre la demande globale d'aliments, c'est-à-dire y compris les aliments utilisés et fabriqués directement à la ferme.

	orge	blete	mais	tritic	pois	tcoprah	tpalme	tarach	tcolza	tsoj	ttou	ddgs	Ddb
orge	-1,45	0,91	0,09	0,07	0,15	-0,01	0,00	0,03	0,02	0,12	0,01	0,03	0,02
bleten	0,32	-1,03	0,34	0,09	0,08	0,00	0,00	-0,04	-0,01	0,14	0,01	0,01	0,00
mais	0,05	0,55	-0,88	0,08	0,05	0,00	0,00	-0,09	-0,05	0,04	0,00	0,05	0,03
tritical	0,11	0,41	0,21	-0,88	0,03	0,02	0,00	-0,12	-0,03	0,19	0,01	0,02	0,01
poisprot	0,38	0,56	0,24	0,05	-3,20	-0,03	0,00	-0,03	0,07	0,76	0,07	0,04	0,35
tcoprah	-0,03	0,03	0,02	0,04	-0,03	-0,61	0,01	-0,07	0,20	0,17	0,12	0,07	0,05
tpalme	0,09	0,79	0,53	0,21	-0,29	0,77	-5,29	-0,36	1,48	0,55	0,25	1,04	-0,70
tarach	0,03	-0,14	-0,18	-0,09	-0,01	-0,03	0,00	-1,88	0,19	1,80	0,02	0,11	0,11
tcolza	0,04	-0,05	-0,16	-0,03	0,05	0,12	0,01	0,30	-2,54	1,11	0,23	0,14	0,35
tsoj	0,04	0,14	0,02	0,04	0,10	0,02	0,00	0,55	0,22	-1,78	0,00	0,05	0,17
ttoume	0,08	0,25	0,02	0,03	0,23	0,36	0,01	0,19	1,14	0,05	-2,86	0,14	0,07
ddgs	0,08	0,11	0,27	0,04	0,04	0,07	0,01	0,28	0,23	0,44	0,05	-2,41	0,23
ddb	0,05	-0,01	0,14	0,02	0,36	0,04	-0,01	0,26	0,51	1,28	0,02	0,21	-3,81

**Les élasticités-prix d'Aglink et de FAPRI****Reste de l'UE****AGLINK**

	ORGE	BLE	MAIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	DDM
ORGE								
BLE		-0.10	0.48			-0.05		0.01
MAIS		0.05	-0.10			0.12		0.00
TARACHI								
TCOLZA								
TSOJA	-0.12		0.17			-0.04		0.00
TTOURNE								
DDM		0.28	-0.12			-0.10		-0.06

**FAPRI**

	ORGE	BLE	MAIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE	DDM
ORGE								
BLE		-0.33						
MAIS			-0.29					
TARACHI				-0.35				
TCOLZA					-0.35			
TSOJA						-0.42		
TTOURNE							-0.33	
DDM								

USA :

AgLink

	BLE	MAIS	TSOJA	DDM
BLE		1.53	0.47	
MAIS		-0.13	0.03	
TSOJA	0.01	0.69	-0.70	
DDM				

Mathews &amp; McConnell (2012)

	BLE	MAIS	TSOJA	DDM
BLE				
MAIS		-0.14	0.12	0.00
TSOJA		0.30	-0.35	0.03
DDM		0.02	0.17	-0.21

Beckman, Keeney, Tyner (2011)

	BLE	MAIS	TSOJA	DDM
BLE				
MAIS				
TSOJA				
DDM				-2.66

**CANADA :****Aglink**

	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>BLE</b>		0.66	0.40
<b>MAIS</b>		-0.09	-0.06
<b>TSOJA</b>			

**FAPRI**

	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>BLE</b>			
<b>MAIS</b>		-0.21	
<b>TSOJA</b>			

**BRESIL :****AgLink**

	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>BLE</b>	-1.00	0.69	0.31
<b>MAIS</b>	0.01	-0.41	0.40
<b>TSOJA</b>	0.01	0.69	-0.70

**FAPRI**

	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>BLE</b>	-0.38		
<b>MAIS</b>		-0.39	
<b>TSOJA</b>			-0.35

**ARG :**

**AGLINK**

	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TARACHI	TSOJA	TTOURNE
ORGE							
BLE							
MAIS			-0.19			0.07	
CERDI							
TARACHI							
TSOJA							
TTOURNE							

**FAPRI**

	ORGE	BLE	MAIS	CERDI	TARACHI	TSOJA	TTOURNE
ORGE	-0.17						
BLE		-0.28					
MAIS			-0.33				
CERDI				-0.49			
TARACHI					-0.30		
TSOJA						-0.35	
TTOURNE							-0.35

**ASI\_SE :**

**Aglink**

	BLE	MAIS	CERDI	TARACHI	TCOLZA	TSOJA
BLE	-0.50	0.15				0.10
MAIS	0.10	-0.25				0.15
CERDI						
TARACHI						
TCOLZA						
TSOJA	0.15	0.25				-0.40

**FAPRI**

	BLE	MAIS	CERDI	TARACHI	TCOLZA	TSOJA
BLE	-0.37					
MAIS		-0.28				
CERDI			-0.47			
TARACHI				-0.25		
TCOLZA					-0.35	
TSOJA						-0.25

**ASI\_SUD :****Aglink**

	BLE	MAIS	CERDI	TARACHI	TCOLZA	TSOJA
BLE	-0.50	0.15				0.10
MAIS	0.10	-0.35				0.15
CERDI						
TARACHI						
TCOLZA						
TSOJA	0.15	0.25				-0.40

**FAPRI**

	BLE	MAIS	CERDI	TARACHI	TCOLZA	TSOJA
BLE	-0.37					
MAIS		-0.28				
CERDI			-0.47			
TARACHI				-0.25		
TCOLZA					-0.35	
TSOJA						-0.25

**CHINE :****Aglink**

	ORGE	BLE	MAIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE
ORGE							
BLE			0.44			0.27	
MAIS			-0.27			0.02	
TARACHI							
TCOLZA							
TSOJA			0.04			-0.34	
TTOURNE							

**FAPRI**

	ORGE	BLE	MAIS	TARACHI	TCOLZA	TSOJA	TTOURNE
ORGE	-0.32						
BLE		-0.18					
MAIS			-0.06				
TARACHI				-0.20			
TCOLZA					-0.23		
TSOJA						-0.35	
TTOURNE							-0.30

**AFR\_SUB :**

**Aglink**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>				
<b>BLE</b>		-0.50	0.15	0.10
<b>MAIS</b>		0.10	-0.35	0.15
<b>TSOJA</b>		0.15	0.25	-0.40

**FAPRI**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>	-0.25			
<b>BLE</b>				
<b>MAIS</b>			-0.13	
<b>TSOJA</b>				

**ASI\_EST :**

**Aglink**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>CERDI</b>	<b>TCOLZA</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>	-0.90					
<b>BLE</b>			0.66			0.24
<b>MAIS</b>		0.16	-0.32			0.05
<b>CERDI</b>						
<b>TCOLZA</b>						
<b>TSOJA</b>	0.02		0.18			

**FAPRI**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>CERDI</b>	<b>TCOLZA</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>	-0.08					
<b>BLE</b>		-0.05				
<b>MAIS</b>			-0.12			
<b>CERDI</b>				-0.06		
<b>TCOLZA</b>					-0.25	
<b>TSOJA</b>						-0.25

**AFR\_NOR :****Aglink**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>				
<b>BLE</b>			0.15	0.10
<b>MAIS</b>		0.10	-0.35	0.15
<b>TSOJA</b>		0.15	0.25	-0.40

**FAPRI**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>		-0.37		
<b>BLE</b>				
<b>MAIS</b>			-0.27	
<b>TSOJA</b>				

**THAI :****Aglink**

	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>BLE</b>		-0.50	0.15
<b>MAIS</b>		0.10	-0.35
<b>TSOJA</b>		0.15	0.25

**FAPRI**

	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TSOJA</b>
<b>BLE</b>			
<b>MAIS</b>			-0.03
<b>TSOJA</b>			

**AUS :****Aglink**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>CERDI</b>	<b>TCOLZA</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>						
<b>BLE</b>		-1.00	0.75			0.25
<b>MAIS</b>		0.75	-1.00			0.25
<b>CERDI</b>						
<b>TCOLZA</b>						
<b>TSOJA</b>		0.40	0.60			

**FAPRI**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>CERDI</b>	<b>TCOLZA</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>	-0.40					
<b>BLE</b>		-0.28				
<b>MAIS</b>			-0.35			
<b>CERDI</b>				-0.44		
<b>TCOLZA</b>					-0.35	
<b>TSOJA</b>						-1.00

**MEX :****Aglink**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>CERDI</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>					
<b>BLE</b>		-1.88	1.87		0.01
<b>MAIS</b>		0.15	-0.19		0.04
<b>CERDI</b>					
<b>TSOJA</b>		0.00	0.14		-0.15

**FAPRI**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>CERDI</b>	<b>TSOJA</b>
<b>ORGE</b>	-0.24				
<b>BLE</b>		-0.31			
<b>MAIS</b>			-0.15		
<b>CERDI</b>				-0.44	
<b>TSOJA</b>					

**EX\_URSS :****Aglink**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TCOLZA</b>	<b>TSOJA</b>	<b>TTOURNE</b>
<b>ORGE</b>						
<b>BLE</b>		-0.81	0.42		0.27	
<b>MAIS</b>		0.08	-0.23		-0.07	
<b>TCOLZA</b>						
<b>TSOJA</b>		0.55	-0.15		-0.50	
<b>TTOURNE</b>						

**FAPRI**

	<b>ORGE</b>	<b>BLE</b>	<b>MAIS</b>	<b>TCOLZA</b>	<b>TSOJA</b>	<b>TTOURNE</b>
<b>ORGE</b>	-0.22					
<b>BLE</b>		-0.21				
<b>MAIS</b>			-0.20			
<b>TCOLZA</b>				-0.35		
<b>TSOJA</b>					-0.35	
<b>TTOURNE</b>						-0.35

## Elasticités-prix de la demande humaine

Nous répertorions ci-dessous, les élasticités-prix de la demande humaine issues des modèles Aglink et FAPRI. FAPRI ne fournit que des élasticités-prix directes, Aglink (devenu Aglink/Cosimo depuis quelques années) donne des matrices d'élasticités-prix directes et croisées plus ou moins complètes selon les zones. Les élasticités-prix d'AgLink/Cosimo proviennent de la version 2011 du modèle. Celles présentées ci-dessous correspondent à la moyenne des élasticités-prix disponibles pour les pays constituant la zone géographique considérée dans MATSIM-LUCA.

### E26

#### AGLINK

	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HPALME	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
ORGE								
RIZ		-0,2	0,04	0,08				
BLE		0,05	-0,2	0,08				
MAIS		0,08	0,15	-0,3				
HPALME								
HCOLZA								
HSOJA								
HTOURNE								

#### FAPRI

	ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HPALME	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
ORGE	-0,37							
RIZ								
BLE			-0,3					
MAIS				-0,35				
HPALME					-0,38			
HCOLZA						-0,37		
HSOJA							-0,34	
HTOURNE								-0,42

**USA**

AGLINK		RIZ	BLE	MAIS
	RIZ	-0,22	0,03	0,15
	BLE	0,00	-0,53	0,04
	MAIS	0,01	0,03	-1,00

**CANADA**

		RIZ	BLE	MAIS	HCOLZA	HSOJA
AGLINK	RIZ	-0,67	0,31	0,00		
AGLINK	BLE	0,02	-0,05	0,00		
AGLINK	MAIS	0,00	0,00	-0,58		
AGLINK	HCOLZA					
AGLINK	HSOJA					

		RIZ	BLE	MAIS	HCOLZA	HSOJA
FAPRI	RIZ					
FAPRI	BLE		-0,22			
FAPRI	MAIS			-0,25		
FAPRI	HCOLZA				-0,35	
FAPRI	HSOJA					-0,17

**BRESIL**

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HSOJA
AGLINK	ORGE					
AGLINK	RIZ		-0,80	0,11	0,06	
AGLINK	BLE		0,09	-0,92	0,09	
AGLINK	MAIS		0,09	0,16	-0,80	
AGLINK	HSOJA					

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HSOJA
FAPRI	ORGE	-0,40				
FAPRI	RIZ					
FAPRI	BLE			-0,27		
FAPRI	MAIS				-0,11	
FAPRI	HSOJA					-0,15

**ARGENTINE**

GO=-0,5?		ORGE	BLE	MAIS	CERDI	HSOJA	HTOURNE
FAPRI	ORGE	-0,38					
FAPRI	BLE		-0,39				
FAPRI	MAIS			-0,37			
FAPRI	CERDI				-0,30		
FAPRI	HSOJA					-0,35	
FAPRI	HTOURNE						-0,28

**ASIE DU SUD EST**

		RIZ	BLE	MAIS	HPALME
AGLINK	RIZ		-0,33	0,09	0,04
AGLINK	BLE		0,13	-0,32	0,01
AGLINK	MAIS		0,12	0,03	-0,32
AGLINK	HPALME				

		RIZ	BLE	MAIS	HPALME
FAPRI	RIZ				
FAPRI	BLE				
FAPRI	MAIS				-0,19
FAPRI	HPALME				-0,38

**ASIE DU SUD**

		RIZ	BLE	MAIS	HPALME	HCOLZA	HSOJA
AGLINK	RIZ	-0,39	0,15	0,04			
AGLINK	BLE	0,15	-0,39	0,04			
AGLINK	MAIS	0,10	0,09	-0,39			
AGLINK	HPALME						
AGLINK	HCOLZA						
AGLINK	HSOJA						

		RIZ	BLE	MAIS	HPALME	HCOLZA	HSOJA
FAPRI	RIZ						
FAPRI	BLE		-0,32				
FAPRI	MAIS			-0,22			
FAPRI	HPALME				-0,38		
FAPRI	HCOLZA					-0,38	
FAPRI	HSOJA						-0,38

**CHINE**

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HPALME	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
AGLINK	ORGE								
AGLINK	RIZ		-0,40	0,08	0,01				
AGLINK	BLE		0,11	-0,44	0,02				
AGLINK	MAIS		0,07	0,09	-0,40				
AGLINK	HPALME								
AGLINK	HCOLZA								
AGLINK	HSOJA								
AGLINK	HTOURNE								

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HPALME	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
FAPRI	ORGE	-0,25							
FAPRI	RIZ								
FAPRI	BLE			-0,07					
FAPRI	MAIS				-0,14				
FAPRI	HPALME					-0,38			
FAPRI	HCOLZA						-0,35		
FAPRI	HSOJA							-0,38	
FAPRI	HTOURNE								-0,38

**AFRIQUE SUB-SAHARIENNE**

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI
AGLINK	ORGE					
AGLINK	RIZ		-0,42	0,07	0,10	
AGLINK	BLE		0,06	-0,42	0,11	
AGLINK	MAIS		0,06	0,09	-0,43	
AGLINK	CERDI					

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI
FAPRI	ORGE	-0,09				
FAPRI	RIZ					
FAPRI	BLE					
FAPRI	MAIS				-0,25	
FAPRI	CERDI					-0,34

**ASIE DE L'EST**

			ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HCOLZA	HSOJA
ASI_EST	AGLINK	ORGE						
ASI_EST	AGLINK	RIZ		-0,11	0,02	0,00		
ASI_EST	AGLINK	BLE		0,05	-0,30	0,02		
ASI_EST	AGLINK	MAIS		0,02	0,15	-0,27		
ASI_EST	AGLINK	HCOLZA						
ASI_EST	AGLINK	HSOJA						

			ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HCOLZA	HSOJA
ASI_EST	FAPRI	ORGE	-0,17					
ASI_EST	FAPRI	RIZ						
ASI_EST	FAPRI	BLE			-0,14			
ASI_EST	FAPRI	MAIS				-0,30		
ASI_EST	FAPRI	HCOLZA					-0,28	
ASI_EST	FAPRI	HSOJA						-0,38

**AFRIQUE DU NORD**

			ORGE	RIZ	BLE	MAIS
AFR_NOR	AGLINK	ORGE				
AFR_NOR	AGLINK	RIZ		-0,32	0,14	0,02
AFR_NOR	AGLINK	BLE		0,04	-0,33	0,10
AFR_NOR	AGLINK	MAIS		0,01	0,15	-0,32

			ORGE	RIZ	BLE	MAIS
AFR_NOR	FAPRI	ORGE	-0,12			
AFR_NOR	FAPRI	RIZ				
AFR_NOR	FAPRI	BLE			-0,24	
AFR_NOR	FAPRI	MAIS				-0,36

**THAILANDE**

			RIZ	BLE	MAIS
THAI	AGLINK	RIZ	-0,35	0,14	0,03
THAI	AGLINK	BLE	0,18	-0,34	0,00
THAI	AGLINK	MAIS	0,17	0,02	-0,34

			RIZ	BLE	MAIS
THAI	FAPRI	RIZ			
THAI	FAPRI	BLE			
THAI	FAPRI	MAIS			-0,21

**AUSTRALIE**

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOLZA
AGLINK	ORGE						
AGLINK	RIZ		-0,14				
AGLINK	BLE			-0,07			
AGLINK	MAIS				-0,07		
AGLINK	CERDI						
AGLINK	HCOLZA						

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	CERDI	HCOLZA
FAPRI	ORGE	-0,47					
FAPRI	RIZ						
FAPRI	BLE			-0,26			
FAPRI	MAIS				-0,30		
FAPRI	CERDI					-0,35	
FAPRI	HCOLZA						-0,38

**MEXIQUE**

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS
AGLINK	ORGE				
AGLINK	RIZ		-0,05	0,00	0,04
AGLINK	BLE		0,00	-0,51	0,05
AGLINK	MAIS		0,00	0,02	-0,28

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS
FAPRI	ORGE	-0,24			
FAPRI	RIZ				
FAPRI	BLE			-0,16	
FAPRI	MAIS				-0,12

**EX-URSS**

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
AGLINK	ORGE							
AGLINK	RIZ		-0,29	0,08	0,04			
AGLINK	BLE		0,01	-0,34	0,06			
AGLINK	MAIS		0,02	0,10	-0,21			
AGLINK	HCOLZA							
AGLINK	HSOJA							
AGLINK	HTOURNE							

		ORGE	RIZ	BLE	MAIS	HCOLZA	HSOJA	HTOURNE
FAPRI	ORGE	-0,26						
FAPRI	RIZ							
FAPRI	BLE			-0,15				
FAPRI	MAIS				-0,37			
FAPRI	HCOLZA					-0,36		
FAPRI	HSOJA						-0,36	
FAPRI	HTOURNE							-0,46

## Le SUCRE

Nous détaillons ci-dessous les valeurs des élasticités-prix directes de la demande humaine de sucre par zone géographique dans les modèles Aglink et FAPRI.

**Tableau 15 : Elasticités prix de la demande humaine du sucre**

Elasticités prix direct du sucre	MATSIM	AgLink	FAPRI
AUS		-0,05	-0,13
BRA		-0,92	-0,08
CAN		-0,43	-0,06
CHN		-0,65	-0,17
NAF		-0,52	-0,10
SSA		-0,61	-0,13
SEA		-0,57	-0,09
SA		-0,60	-0,14
EA		-0,39	-0,10
MEX		-0,35	-0,12
CIS		-0,34	-0,19
THA		-0,56	-0,12
USA		-0,33	
ARG			-0,11
E26			-0,105
Moyenne toutes zones confondues	-0.1	-0.49	-0.12

Les élasticités-prix directes de la demande humaine de sucre de FAPRI sont très inférieures à leurs homologues dans Aglink : la moyenne des élasticités-prix toutes zones confondues de FAPRI est de -0.12 alors que la moyenne correspondante dans Aglink est de -0.49. Dans MATSIM-LUCA, nous avons fixé l'élasticité-prix directe de la demande humaine de sucre à une valeur proche de celle de Fapri : -0.1.