

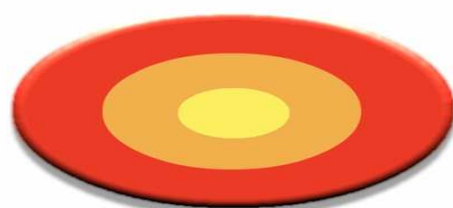
# GUIDE DES FACTEURS D'EMISSIONS

Version 6.1

Calcul des facteurs d'émissions  
et sources bibliographiques utilisées

Chapitre 6 – Prise en compte des autres produits  
entrants : produits servant aux activités agricoles,  
d'élevage, et agro-alimentaires

**Juin 2010**



**BILAN CARBONE**



## TABLE DES MATIERES

<b>6 PRISE EN COMPTE DES INTRANTS D'ORIGINE AGRICOLE ET AGRO-ALIMENTAIRE.....</b>	<b>5</b>
<b>6.1 Remarque liminaire .....</b>	<b>5</b>
<b>6.2 Production des engrais.....</b>	<b>6</b>
<b>6.3 Production des phytosanitaires .....</b>	<b>8</b>
6.3.1 Herbicides.....	8
6.3.2 Fongicides .....	10
6.3.3 Insecticides .....	10
6.3.4 Molluscides .....	11
6.3.5 Régulateurs de croissance .....	11
6.3.6 Valeur par défaut .....	11
<b>6.4 Grandes cultures .....</b>	<b>11</b>
6.4.1 Facteurs d'émissions par tonne produite .....	11
6.4.1.1 Blé conventionnel.....	12
6.4.1.2 Maïs fourrage conventionnel.....	14
6.4.1.3 Colza conventionnel .....	16
6.4.1.4 Tournesol conventionnel .....	17
6.4.2 Pommes de terre .....	18
6.4.3 Autres productions .....	19
6.4.4 Données agrégées par hectare pour les principales cultures .....	20
6.4.4.1 Utilisation d'engrais azotés à l'hectare .....	20
6.4.4.2 Consommation de carburant à l'hectare .....	21
6.4.4.3 Fabrication des engins agricoles .....	22
<b>6.5 Fruits et légumes.....</b>	<b>23</b>
6.5.1 Consommation des serres maraîchères .....	23
6.5.2 Consommation des serres horticoles .....	23
6.5.3 Facteurs d'émission de quelques fruits et légumes .....	24
6.5.3.1 Culture .....	24
6.5.3.1.1 3 légumes courants .....	24
6.5.3.1.2 Raisin.....	24

6.5.3.2 Acheminement .....	25
6.5.3.3 Valeurs globales .....	25
<b>6.6 produits végétaux transformés.....</b>	<b>26</b>
6.6.1 Farine.....	26
6.6.2 Pain.....	27
6.6.3 Alcool, sucre.....	27
6.6.4 Vin.....	29
<b>6.7 Emissions annuelles du cheptel .....</b>	<b>29</b>
<b>6.8 Bovins .....</b>	<b>31</b>
6.8.1 Contribution de l'alimentation pour les bovins.....	31
6.8.2 Affectation des vaches allaitantes .....	32
6.8.3 Veaux de lait.....	33
6.8.4 Vaches laitières et lait .....	34
6.8.5 Viande de boeuf .....	36
6.8.5.1 Races à viande .....	36
6.8.5.2 Valeur moyenne pour la viande .....	36
<b>6.9 Laitages .....</b>	<b>37</b>
6.9.1 Fromage à pâte dure (cuite ou crue).....	37
6.9.2 Yaourts .....	37
6.9.3 Fromages à pâte molle.....	37
6.9.4 Beurre, crème .....	38
<b>6.10 Porc de batterie.....</b>	<b>38</b>
<b>6.11 Volailles et produits dérivés .....</b>	<b>39</b>
6.11.1 Poulets de batterie .....	39
6.11.2 Œufs .....	40
<b>6.12 Mouton .....</b>	<b>40</b>
6.12.1 Affectation de la brebis et agneau de lait .....	41
6.12.2 Agneaux à l'herbe .....	41
6.12.3 Moutons adultes .....	42
<b>6.13 Produits de la mer .....</b>	<b>42</b>
6.13.1 Poisson pêché en métropole .....	42
6.13.2 Poisson pêché aux tropiques .....	43
6.13.3 Crevettes.....	43

<b>6.14 Valeur moyenne par repas .....</b>	<b>45</b>
6.14.1 Approche repas moyen français .....	45
6.14.2 Approche par type de repas .....	47
<b>ANNEXE 1 : REPARTITION DES TERRES AGRICOLES EN FRANCE .....</b>	<b>51</b>
<b>ANNEXE 2 : CONTENU EN CARBONE DES VOLAILLES .....</b>	<b>52</b>
<b>2.1. Dindes industrielles .....</b>	<b>52</b>
<b>2.2. Canards &amp; pintades de batterie .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3. Volailles fermières .....</b>	<b>52</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>54</b>

## **6 PRISE EN COMPTE DES INTRANTS D'ORIGINE AGRICOLE ET AGRO-ALIMENTAIRE**

### **6.1 REMARQUE LIMINAIRE**

L'agriculture et l'élevage sont à l'origine de 13,5% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde et la forêt de l'ordre de 17%<sup>1</sup>. 20% En France, les émissions de l'agriculture et l'élevage représente environ 20%, ce qui met ce secteur parmi les 3 plus gros émetteurs pour les émissions brutes (derrière les transports et l'industrie mais devant le résidentiel/tertiaire)<sup>2</sup>. Pour certains pays, le méthane engendre des émissions supérieures à celles du CO<sub>2</sub> dans les inventaires nationaux. Cette importance macroscopique des émissions liées à l'agriculture justifie qu'une attention particulière soit accordée au calcul des facteurs d'émission.

Ces derniers ont été obtenus à travers des bilans simplifiés de filière, pour lesquels, conformément aux règles habituelles pour les inventaires d'émission, nous ne comptons pas le CO<sub>2</sub> d'origine biogénique, sauf en cas de déforestation. Cela signifie que nous excluons notamment :

- la respiration des animaux élevés (le CITEPA estime que la respiration des humains et animaux représente environ un tiers des émissions fossiles<sup>3</sup>),
- les flux de carbone organique à rotation rapide, liés aux cultures annuelles (une plante pousse puis est consommée par les animaux ou les hommes et le carbone correspondant est restitué au milieu ambiant dans l'année par la respiration et les excréments, en première approximation),
- les flux de carbone liés aux cultures pérennes (sylviculture notamment) dès lors que la consommation annuelle ne dépasse pas l'accru annuel.

Par contre, si une activité agricole ou sylvicole n'est possible que suite à une déforestation préalable, les émissions découlant de cette dernière seront imputées, avec une éventuelle règle d'allocation à décider s'il y a multiplicité de cultures, aux cultures ou activités prenant place sur la parcelle défrichée.

Par ailleurs, du fait de la grande sensibilité des résultats à certaines hypothèses pour lesquelles les valeurs exactes sont difficiles à établir avec précision (par exemple le taux de volatilisation de l'azote en N<sub>2</sub>O, le taux de méthanisation des bovins en fonction de leur alimentation, etc), tous les facteurs d'émission présentés dans ce Chapitre 6 sont affectés d'une d'incertitude de 50%.

Des travaux sont actuellement en cours pour constituer des bases de données publiques sur l'impact environnemental des produits agricoles. Ces données seront notamment reprises pour alimenter la base nationale réglementaire de l'affichage environnemental des produits de

<sup>1</sup> Rapport du GIEC 2007

<sup>2</sup> CITEPA / 2007 / Inventaire des émissions de gaz à effet de serre, Format UNFCCC.

<sup>3</sup> CITEPA / Août 1999 / La France face à ses objectifs internationaux.

consommation. Ainsi, en attendant les résultats de ces travaux, les chiffres proposés ci-dessous sont considérés comme provisoire.

Pour les produits importés (en DOM et métropole), il serait normalement nécessaire d'inclure dans le facteur d'émission l'acheminement de ces derniers. Cela étant, les facteurs d'émissions n'ont pas été modifiés pour les raisons suivantes :

- il est difficile de déterminer l'origine des produits importés, dont l'origine ne se limite pas à la métropole, mais aussi aux pays voisins (Etats-Unis et Amérique du Sud dans les Caraïbes par exemple) ;
- le transport par bateau n'engendre pas d'émissions supplémentaires supérieures à la barre d'erreur. A titre d'exemple, la culture d'une tonne de blé engendre des émissions d'environ 100 kg équivalent carbone  $\pm$  30 kg, et le transport de cette même tonne sur 8000 km par bateau engendre des émissions d'environ 6 kg équivalent carbone.
- pour les productions transportées par avion, il appartiendra à la personne qui effectue le Bilan Carbone de rajouter les émissions des trajets correspondants dans la partie « fret ».

## **6.2 PRODUCTION DES ENGRAIS**

Les valeurs proposées ci-dessous sont issues du guide GES'TIM. Cette publication, reconnue par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et l'ADEME, est un guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre<sup>4</sup>. Les valeurs proposées dans la publication étaient basées sur les PRG de 2001 (CH<sub>4</sub> : 23 et N<sub>2</sub>O : 296). Les valeurs proposées ci-dessous ont été actualisées et sont basées sur les PRG de 2007 (CH<sub>4</sub> : 25 et N<sub>2</sub>O : 298).



---

<sup>4</sup> Travaux réalisés par l'Institut de l'élevage, IFIP, ITAVI, ARVALIS Institut du Végétal, CETIOM, ITB)

Type d'intrant	Unité d'élément nutritif	kg éq.C/kg d'élément nutritif
Ammoniaque anhydre	kg N	0,802
Ammonirate 33,5%		1,693
Ammonirate calcaire 30% (CAN)		1,757
Solution azotée		1,408
Urée		0,995
Trisuperphosphate (TSP)	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,155
Clorure de Potasse (KCl)	kg K <sub>2</sub> O	0,121
Engrais ternaire	kgN	1,445
	kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,256
	kg K <sub>2</sub> O	0,139
Engrais binaire PK	kgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,155
	kg K <sub>2</sub> O	0,121
Engrais binaire NK	kg N	0,802
	kg K <sub>2</sub> O	0,121
Engrais binaire NP	kg N	1,164
Engrais azoté moyen	kg N	1,455
Engrais phosphaté moyen	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,155
Engrais potassique moyen	kg K <sub>2</sub> O	0,121

**Tableau 1 : Emissions de fabrication des engrais en kgeqC par kg d'élément nutritif. - PRG IPCC 2007**

Pour obtenir les émissions il faut multiplier la dose d'élément nutritif par le facteur d'émission correspondant. Pour les engrais binaires ou ternaire, il faut sommer les émissions de chaque élément nutritif.

Par exemple pour l'utilisation d'un engrais ternaire, les émissions à l'hectare (kgeqC/Ha) se calculeront comme suit : dose N (kgN/ha) \*1,445 +dose P (kgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)\*0,256+dose K (kg K<sub>2</sub>O/ha)\*0,139

Par ailleurs, une publication de la Station Fédérale de Recherches en Economie et Technologie Agricoles (en abrégé FAT)<sup>5</sup>, en Suisse présente des données complémentaires rassemblées dans le tableau ci-dessous :

<sup>5</sup> Gaillard & al. / 1997 / Inventaire environnemental des intrants agricoles en production végétale / Comptes rendus de la FAT.

Type d'engrais	Unité	Emissions en mg de gaz/unité					
		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	CF <sub>4</sub>
Nitrate ammoniacal phosphate	kg N	1,41E+06	21	3140	9420	0,018	0,142
Nitrate d'ammoniacal phosphate (ASP)	kg P	1,54E+06	40	13300	2490	0,024	0,193
Scories thomas	kg P	1,10E+06	22,6	3080	1440	0,010	0,079
Fumier en tas	tonne	2,94E+06	64,7	12700	9120	0,028	0,227
Lisier	m <sup>3</sup>	2,92E+06	98,8	10300	6960	0,054	0,430

**Tableau 2 : Emissions de gaz à effet de serre par kg d'azote dans l'engrais.**

Type d'engrais	Unité	Equivalent carbone en kg/unité						Total
		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	CF <sub>4</sub>	
Nitrate ammoniacal phosphate	kg N	0,385	0,002	0,009	0,064	6E-05	2E-04	0,46
Nitrate d'ammoniacal phosphate (ASP)	kg P	0,42	0,003	0,036	0,017	8E-05	3E-04	0,48
Scories thomas	kg P	0,3	0,002	0,008	0,010	3E-05	1E-04	0,32
Fumier en tas	tonne	0,802	0,005	0,035	0,062	9E-05	4E-04	0,90
Lisier	m <sup>3</sup>	0,796	0,008	0,028	0,047	2E-04	7E-04	0,88

**Tableau 3 : Facteurs d'émission de la production d'engrais par kg d'azote dans l'engrais.**

Par exemple, le nitrate d'ammoniacal phosphate, engendre des émissions de fabrication de 0,46 kg équivalent carbone par kg d'azote (les engrais sont généralement comptés en kg d'azote, ou encore en unités d'azote).

Le poids d'azote dans la majorité des engrais de synthèse varie de 30% à 50%.

L'incertitude sur ces valeurs - valables pour l'Europe - est de 30%.

## 6.3 PRODUCTION DES PHYTOSANITAIRES

Les mêmes publications de GES'TIM et de la FAT propose des analyses de cycle de vie permettant de déboucher sur les émissions dans l'air liées à la production des phytosanitaires désormais utilisés de manière courante en agriculture (herbicides, insecticides, fongicides...).

### 6.3.1 Herbicides

Comme les engrais sont mesurés en unités d'azote, les phytosanitaires en agriculture sont souvent mesurés en "kg de matières actives" : on ne regarde alors que le seul poids du principe actif, lequel est généralement dilué dans un ou plusieurs excipient(s) (qui peu(ven)t n'être que de l'eau, tout simplement) pour aboutir à une formulation vendue avec une dénomination commerciale.

La difficulté pratique sur laquelle on bute souvent pour appliquer les facteurs d'émission ci-dessous, qui se rapportent à des noms de principes actifs, est que la dénomination commerciale n'a souvent pas de consonance évidente avec le nom du principe actif, exactement comme pour les médicaments.



Les chiffres de la publication de la FAT pour les herbicides sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Matière actives herbicides	Emissions en mg par kg de matière active						Kg équivalent carbone par kg de matière active
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	CF <sub>4</sub>	
Amidosulfuron	9,59E+06	258	25500	31500	0,131	1,05	2,92
Asulame	8,03E+06	222	20800	28500	0,113	0,901	2,46
Atrazine	5,02E+06	126	13600	21000	0,059	0,469	1,56
Bifenox	2,63E+06	76,5	6560	6920	0,04	0,319	0,79
Carbétamide	8,03E+06	222	20800	28500	0,113	0,901	2,46
Chlortoluron	9,59E+06	258	25500	31500	0,131	1,05	2,92
Dinosèbe	2,21E+06	43,2	6560	7710	0,016	0,128	0,68
Ethofumesate	8,64E+06	231	22600	25900	0,114	0,91	2,62
Fluroxypyr	2,00E+07	538	50700	49000	0,258	2,06	5,97
Glyphosate	1,59E+07	495	38800	44700	0,273	2,19	4,79
Ioxynil	8,64E+06	231	22600	25900	0,114	0,91	2,62
Isoproturon	9,59E+06	258	25500	31500	0,131	1,05	2,92
MCPA	4,22E+06	103	11500	11900	0,047	0,375	1,27
MCPB	7,86E+06	208	20400	20400	0,1	0,802	2,36
Mecoprop P	7,86E+06	208	20400	20400	0,1	0,802	2,36
Metamitron	8,16E+06	208	21600	25500	0,096	0,769	2,48
Metolachlore	9,03E+06	233	24100	25500	0,114	0,91	2,72
Pendimethaline	3,59E+06	104	9440	13500	0,058	0,463	1,11
Phenmedipham	8,03E+06	222	20800	28500	0,113	0,901	2,46
Pyridate	8,64E+06	231	22600	25900	0,114	0,91	2,62
Rimsulfuron	9,59E+06	258	25500	31500	0,131	1,05	2,92
Tébutame	8,63E+06	226	22900	24900	0,112	0,893	2,61
Terbuthylazine	8,16E+06	208	21600	25500	0,096	0,769	2,48

**Tableau 4 : Facteurs d'émission de différents herbicides**

Lorsque l'herbicide employé n'est pas connu, nous proposons comme valeur par défaut la donnée du guide GES'TIM dont les valeurs par gaz sont présentées ci-dessous (comme pour les engrais, les PRG ont été actualisés).

Intitulé	Kg CO <sub>2</sub> / kg de matière active	Kg CH <sub>4</sub> / kg de matière active	KG N <sub>2</sub> O / kg de matière active	Facteur d'émissions (kg éq.C/kg de matière active)
Herbicide moyen	8,33217	0,02548	0,00022	2,46

**Tableau 5 : Facteurs d'émission de l'herbicide moyen - PRG IPCC 2007**

### 6.3.2 Fongicides

La même publication donne les chiffres suivants pour les matières actives :

Matière actives Fongicides	Emissions en mg par kg de matière active						Kg équivalent carbone par kg de matière active
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	CF <sub>4</sub>	
Carbendazime	1,39E+07	367	36100	38800	0,175	1,4	4,19
Chlorothalonil	3,26E+06	104	8400	10800	0,063	0,5	1,00
Fenpropimorphe	5,53E+06	150	14400	18400	0,075	0,598	1,69
Flusilazole	5,53E+06	150	14400	18400	0,075	0,598	1,69
Mancozèbe	2,46E+06	65	6510	12100	0,031	0,247	0,78
Manèbe	2,56E+06	70,4	6880	13100	0,037	0,293	0,81
Prochloraze	5,53E+06	150	14400	18400	0,075	0,598	1,69
Tebuconazole	5,53E+06	150	14400	18400	0,075	0,598	1,69

**Tableau 6 : Facteurs d'émission de différents fongicides**

Lorsque le fongicide employé n'est pas connu, nous proposons comme valeur par défaut la donnée du guide GES'TIM dont les valeurs par gaz sont présentées ci-dessous (comme pour les engrais, les PRG ont été actualisés).

Intitulé	Kg CO <sub>2</sub> / kg de matière active	Kg CH <sub>4</sub> / kg de matière active	KG N <sub>2</sub> O/ kg de matière active	Facteur d'émissions (kg éq.C /kg de matière active)
Fongicide moyen	5,537	0,01855	0,00015	1,65

**Tableau 7 : Facteurs d'émission du fongicide moyen –PRG IPCC 2007**

### 6.3.3 Insecticides

Le guide GES'TIM donne les chiffres suivants pour les deux matières actives étudiées (comme pour les engrais, les PRG ont été actualisés):

Intitulé	Kg CO <sub>2</sub> / kg de matière active	Kg CH <sub>4</sub> / kg de matière active	KG N <sub>2</sub> O/ kg de matière active	Facteur d'émissions (kg éq.C /kg de matière active)
Insecticide moyen	23,7	0,0543	0,00063	6,88

**Tableau 8 : Facteurs d'émission de l'insecticides moyen – PRG IPCC 2007**

Le facteur d'émission moyen sera donc de 6,88 tonnes équivalent carbone par tonne de principe actif (ou de matière active), quel que soit l'insecticide, avec un facteur d'incertitude égal à 20%.

### 6.3.4 Molluscides

La publication de la FAT donne les chiffres suivants pour la seule matière active étudiée :

Matière actives molluscides	Emissions en mg par kg de matière active						total
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	CF <sub>4</sub>	
Methiocarbe	8,03E+06	222	20800	28500	0,113	0,901	2,46

**Tableau 9 : Facteur d'émission d'un molluscide**

Cette valeur servira aussi de valeur par défaut lorsqu'une autre matière active sera utilisée, avec un facteur d'incertitude de 50% en pareil cas.

### 6.3.5 Régulateurs de croissance

Le guide GES'TIM donne les chiffres suivants pour les régulateurs de croissance (comme pour les engrais, les PRG ont été actualisés):

Intitulé	Kg CO <sub>2</sub> / kg de matière active	Kg CH <sub>4</sub> / kg de matière active	KG N <sub>2</sub> O/ kg de matière active	Facteur d'émissions (kg éq.C /kg de matière active)
Régulateur de croissance moyen	7,86	0,0241	0,00021	2,32

**Tableau 10 : Facteurs d'émission de différents régulateurs de croissance – PRG IPCC 2007**

Cette valeur de 2,32 tonne équivalent carbone par tonne de matière active servira donc de facteur d'émission unique pour la catégorie concernée, avec un facteur d'incertitude de 50% en pareil cas.

### 6.3.6 Valeur par défaut

Lorsque seul le poids de matières actives sera connu, sans distinction de nature (herbicides, fongicides, etc.) la valeur par défaut correspondra à la proportion de chaque matière active dans une grande culture standard, soit 10% d'insecticides et 90% d'herbicides et fongicides, le tout amenant à une valeur approximative de 2,5 tonnes équivalent carbone par tonne de matière active avec un facteur d'incertitude de 30%.

## 6.4 GRANDES CULTURES

### 6.4.1 Facteurs d'émissions par tonne produite

Le présent chapitre propose quelques facteurs d'émission ramenés à la tonne produite pour quelques produits des grandes cultures. Pour certains produits, la construction du facteur

d'émission est décomposée par étape ; pour d'autres seule la valeur finale et la source sont mentionnées.

Les produits de la grande culture, en France, servent le plus souvent à nourrir des animaux. La production de farine pour la panification, ou de céréales pour la consommation directe des hommes (pâtes, maïs alimentaire, etc.), sont des débouchés minoritaires dans l'ensemble de la production. C'est la raison pour laquelle c'est l'alimentation du bétail, et non l'alimentation humaine, qui a servi de référent pour certains rendements ci-dessous.

Sauf mention contraire, les sources de gaz à effet de serre prises en compte ci-dessous seront toujours les suivantes :

- émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication des intrants (engrais, phytosanitaires, etc),
- émanations de N<sub>2</sub>O consécutives à l'épandage des engrais azotés minéraux et organiques,
- utilisation directe de carburants dans les engins agricoles et les installations de traitement des cultures (séchoirs par exemple),
- dépense énergétique liée à la fabrication et à l'entretien des engins agricoles.

Par ailleurs, les facteurs d'émission présentés ci-dessous concernent des cultures dites « conventionnelles » en Occident, c'est-à-dire qui représentent la pratique actuelle de l'essentiel des agriculteurs des pays industrialisés : travail mécanique des cultures, utilisation d'intrants de synthèse.

Ces facteurs ne peuvent donc pas être considérés comme mieux que de très mauvaises approximations pour l'agriculture biologique dans les pays industrialisés, et sont carrément à proscrire pour l'agriculture hors pays industrialisés, où la pratique conventionnelle est le plus souvent un travail du sol non mécanisé, l'absence totale ou quasi-totale d'intrants de synthèse, et des rendements très différents.

Un chapitre suivant propose des consommations ou émissions moyennes à l'hectare pour diverses cultures en France, et qui servent pour la mise en œuvre de l'approche « territoire » du Bilan Carbone. La concordance parfaite des valeurs utilisées pour les approches par produit et pour l'approche territoriale (par exemple pour les consommations d'engrais à l'hectare, ou de carburant à l'hectare) n'a pas été vérifiée. Les sources sont le plus souvent des instituts techniques de la profession et il est rarissime que des chiffres très différents soient utilisés dans les différentes analyses publiées.

#### **6.4.1.1 Blé conventionnel**

Les valeurs permettant de connaître la consommation de carburant à l'hectare de culture de blé cultivé ont été obtenues dans une étude réalisée par Ecobilan pour l'ADEME sur les filières de



biocarburants<sup>6</sup>, qui fait elle-même appel à des valeurs de référence fournies par l'Institut du Végétal :

Energie de culture	Valeur	Unité
consommation du tracteur	14	Litres de diesel/heure
nombre d'heures de tracteur par hectare	3,37	h
consommation horaire automotrice	17	Litres de diesel/heure
nombre d'heures d'automotrice par hectare	1	h
consommation horaire outils tractés	3,2	Litres de diesel/heure
nombre d'heures d'outils par hectare	13,3	h
consommation de diesel totale par hectare	106,74	litres
Emissions pour l'énergie de culture <sup>7</sup>	85,7	Kg équivalent carbone par hectare

**Tableau 11 : Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour le blé. (ADEME- ECOBILAN, 2003)**

En ce qui concerne les intrants les valeurs fournies dans la même étude sont les suivantes :

Intrants	Valeur	unité
Nitrate d'ammonium	184	kg de N par ha
Engrais P	46	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> par ha
Engrais K	76	kg K <sub>2</sub> O par ha
Fongicides	0,3	kg de matières actives par ha
Herbicides	0,9	kg de matières actives par ha
Insecticides	0,2	kg de matières actives par ha
Substance de croissance	1,5	kg de matières actives par ha

**Tableau 12 : Poids et nature des intrants utilisés pour la culture du blé. (ADEME- ECOBILAN, 2003)**

Compte tenu des facteurs d'émission de ces diverses substances (voir § 6.3 ci-dessus), il en résulte des émissions de 335 kg équivalent carbone par hectare pour la prise en compte de la fabrication de ces intrants.

Par ailleurs l'épandage des engrais azotés engendre des émissions de N-N<sub>2</sub>O pour 2,09% de l'azote épandu (voir § 3.2)<sup>8</sup>. Compte tenu du poids d'azote apporté à l'hectare, les émissions de N<sub>2</sub>O des engrais s'élèvent à 311 kg équivalent carbone par hectare.

Il faut également tenir compte de la fabrication du matériel agricole, au prorata des heures d'utilisation par rapport à la durée de vie du matériel. L'Institut du Végétal a ramené à l'heure d'utilisation les émissions liées à la fabrication et à l'entretien des engins agricoles, et dans le cas du blé cela débouche sur les valeurs suivantes (nous avons pris un facteur d'émission par kWh qui vaut la moitié de celui de l'essence, pour refléter le mix énergétique français, mais compte tenu de la contribution de cette fraction dans le total, cette hypothèse n'est pas centrale) :

<sup>6</sup> ADEME – ECOBILAN / 2003 / Bilans énergétique et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants.

<sup>7</sup> Les facteurs d'émission sont ceux du § 2.2, tenant compte des émissions amont pour l'élaboration des carburants

<sup>8</sup> 2,08% de N-N<sub>2</sub>O donnent 3,27% de N<sub>2</sub>O.

Matériel	Heures par hectare	KWh par heure	kg équivalent carbone
Tracteur	3,37	13,1	0,5
Automotrice <sup>9</sup>	1	33,3	1,4
Outils	13,3	110,8	4,6
<b>Total par hectare</b>			<b>6,6</b>

**Tableau 13 : Contribution de la fabrication des outils nécessaires à la culture du blé**

Enfin nous avons ajouté une contribution pour le transport des produits de la culture jusqu'au silo d'où ils seront expédiés ailleurs, considérant que le facteur d'émission devait englober ce segment « du champ au silo ». Une distance moyenne de 100 km en tracteur routier engendre des émissions de 26 kg équivalent carbone (pas central dans le total non plus).

Il ressort des indications ci-dessus que les émissions à l'hectare se présentent comme suit :

Emissions de CO <sub>2</sub> (production des intrants, mécanisation)	454 kg équ. C par hectare
Emissions de N <sub>2</sub> O (volatilisation de l'azote)	311 kg équ. C par hectare
Equivalent carbone total	765 kg équ. C par hectare

**Tableau 14 : Emissions par gaz à l'hectare de blé cultivé**

Le rendement massique des cultures est approximativement de 9 tonnes de blé par hectare et par an<sup>10</sup>. De ce fait, produire une tonne de blé engendre des émissions de 85 kg équivalent carbone (par tonne brute). Compte tenu d'un taux d'humidité de 15% à la récolte, ces émissions sont de 100 kg équivalent carbone par tonne de matière sèche.

On pourra utiliser les mêmes valeurs pour le maïs grain (alimentation des volailles et des porcs) dont les caractéristiques de la culture sont voisines.

#### 6.4.1.2 Maïs fourrage conventionnel

La dépense énergétique liée à l'utilisation d'engins agricoles se présente comme suit :

Energie de culture	Valeur	Unité
consommation horaire tracteur	15,1	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	5	h
consommation horaire automotrice	15,6	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	1	h
consommation horaire outils tractés	5,3	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	15	h
consommation de diesel totale par hectare	170,6	litres
émissions culture (kg équivalent carbone/ha)	137	

**Tableau 15 : Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour le maïs fourrage. Source ECOBILAN-Ademe**

<sup>9</sup> Il s'agit ici de la moissonneuse-batteuse

<sup>10</sup> Source : Institut du Végétal

En ce qui concerne les intrants les valeurs fournies dans l'étude Ecobilan/ADEME précitée<sup>11</sup> sont les suivantes :

Intrants	Valeur	unité
Nitrate d'ammonium	120	kg de N par ha
Engrais P	8	kg P2O5 par ha
Engrais K	20	kg K2O par ha
Fongicides	0,1	kg de matières actives par ha
Herbicides	3,8	kg de matières actives par ha
Insecticides	0,2	kg de matières actives par ha

**Tableau 16 : Poids et nature des intrants utilisés pour la culture du maïs fourrage.**

Enfin pour la quote-part de la construction des engins agricoles les valeurs sont les suivantes :

Matériel	Heures par hectare	KWh par heure	kg équ carbone par hectare
Tracteur	5	0,9	0,8
Automotrice	1	1,5	1,4
Outils	15	5,5	5,2
<b>Total</b>			<b>7,4</b>

**Tableau 17 : Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de maïs fourrage.**

Il ressort des indications ci-dessus que les émissions à l'hectare se présentent comme suit :

CO <sub>2</sub>	362	kg équ. C par hectare
N <sub>2</sub> O	203	kg équ. C par hectare
Equivalent carbone total	565	kg équ. C par hectare

**Tableau 18 : Emissions par gaz à l'hectare de maïs fourrage cultivé**

Le rendement massique des cultures est approximativement de 37 tonnes de maïs fourrage par hectare et par an<sup>12</sup>. De ce fait, produire une tonne de maïs fourrage engendre des émissions de 15 kg équivalent carbone. Compte tenu d'un taux d'humidité de 70% à la récolte<sup>13</sup>, ces émissions sont de 51 kg équivalent carbone par tonne de matière sèche.

L'essentiel du maïs fourrage étant destiné à fabriquer de l'ensilage pour animaux d'élevage, il reste à tenir compte, pour obtenir un facteur d'émission par tonne d'ensilage, des autres contributions : transport entre le lieu de récolte et le lieu d'ensilage, énergie nécessaire au broyage et aux diverses manipulations nécessaires, et éventuellement au séchage, additifs éventuels, construction et de l'entretien du silo, etc.

Faute de mieux, on pourra appliquer un supplément de 20% à 30% au facteur d'émission du maïs fourrage pour cela.

<sup>11</sup> ADEME – ECOBILAN / 2003 / Bilans énergétique et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants.

<sup>12</sup> Source : Institut du Végétal

<sup>13</sup> Source Arvalis - Institut du Végétal, échange informel, 2003

### 6.4.1.3 Colza conventionnel

La dépense énergétique liée à l'utilisation d'engins agricoles se présente comme suit<sup>14</sup> :



Energie de culture	Valeur	Unité
consommation horaire tracteur	12	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	7,83	h
consommation horaire automotrice	15	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	1	h
consommation horaire outils tractés	5,1	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	18	h
consommation de diesel totale par hectare	200,76	litres
émissions culture (kg équivalent carbone/ha)	161,1	

**Tableau 19 : Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour le Colza.**

Pour les intrants les valeurs fournies dans l'étude Ecobilan/ADEME précitée<sup>15</sup> sont les suivantes :

Intrants	Valeur	unité
Nitrate d'ammonium	170	kg de N par ha
Engrais P	43	kg P2O5 par ha
Engrais K	33	kg K2O par ha
Fongicides	0,296	kg de matières actives par ha
Herbicides	2,849	kg de matières actives par ha
Insecticides	0,555	kg de matières actives par ha

**Tableau 20 : Poids et nature des intrants utilisés pour la culture de Colza.**

Enfin pour la quote-part de la construction des engins agricoles les valeurs sont les suivantes :

Matériel	Heures par hectare	KWh par heure	kg équ C par hectare
Tracteur	7,83	30,5	1,3
Automotrice	1	33,3	1,4
Outils	18	150,0	6,3
<b>Total</b>			<b>9,0</b>

**Tableau 21 : Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de colza.**

Nous avons rajouté 15 kg equ C par hectare pour le transport. Il ressort que les émissions à l'hectare se présentent comme suit :

CO <sub>2</sub>	495	kg équ. C par hectare
N <sub>2</sub> O	288	kg équ. C par hectare
Equivalent carbone total	783	kg équ. C par hectare

**Tableau 22 : Emissions par gaz à l'hectare de colza cultivé**

<sup>14</sup> Source : ADEME – ECOBILAN / 2003 / Bilans énergétique et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants

<sup>15</sup> Même source que précédemment.



Le rendement massique des cultures est approximativement de 3,34 tonnes de colza par hectare et par an<sup>16</sup>. De ce fait, produire une tonne de colza engendre des émissions de 234 kg équivalent carbone (par tonne brute). Cette valeur ne préjuge en rien de l'affectation à suivre entre tourteaux et huile.

Si nous affectons à 100% les émissions de la culture à l'huile extraite, qui s'élève à 1,37 tonne par hectare, cela donne 571 kg équivalent carbone par tonne d'huile. Si nous considérons, en première approximation, que ce qui va aux tourteaux est « compensé » par les consommations annexes (traitement mécanique de la plante, transports intermédiaires, construction de l'usine, conditionnement, etc), nous prendrons cette valeur - arrondie à 500 kg equ C par tonne d'huile - par défaut (avec une incertitude de 30% comme pour le reste des valeurs calculées dans ce chapitre).

#### 6.4.1.4 Tournesol conventionnel

La dépense énergétique liée à l'utilisation d'engins agricoles se présente comme suit<sup>17</sup> :

Energie de culture	Valeur	Unité
consommation horaire tracteur	12	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	7	h
consommation horaire automotrice	15	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	1	h
consommation horaire outils tractés	6,5	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	12	h
consommation de diesel totale par hectare	177	litres
émissions culture (kg équivalent carbone/ha)	142,0	

**Tableau 23 : Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour le tournesol.**

Pour les intrants l'étude Ecobilan/ADEME précitée fournit les valeurs suivantes :

Intrants	Valeur	unité
Nitrate d'ammonium	39	kg de N par ha
Engrais P	30	kg P2O5 par ha
Engrais K	22	kg K2O par ha
Fongicides	0,105	kg de matières actives par ha
Herbicides	1,701	kg de matières actives par ha
Insecticides	0,294	kg de matières actives par ha

**Tableau 24 : Poids et nature des intrants utilisés pour la culture de tournesol.**

<sup>16</sup> Même source que précédemment

<sup>17</sup> Même source que précédemment

Enfin pour la quote-part de la construction des engins agricoles les valeurs sont les suivantes :

Matériel	Heures par hectare	KWh par heure	kg équ carbone par hectare
Tracteur	7	27,2	1,1
Automotrice	1	33,3	1,4
Outils	12	100,0	4,2
<b>Total</b>			<b>7,4</b>

**Tableau 25 : Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de tournesol.**

Il reste à rajouter 300 kg en moyenne entre le lieu de culture et le lieu de stockage (source Ecobilan-Ademe) pour arriver aux émissions à l'hectare suivantes :

CO <sub>2</sub>	248	kg équ. C par hectare
N <sub>2</sub> O	66	kg équ. C par hectare
Equivalent carbone total	314	kg équ. C par hectare

**Tableau 26 : Emissions par gaz à l'hectare de tournesol cultivé**

Le rendement massique des cultures est approximativement de 2,44 tonnes de tournesol par hectare et par an<sup>18</sup>. De ce fait, produire une tonne de tournesol engendre des émissions de 129 kg équivalent carbone.

Si nous affectons à 100% les émissions de la culture à l'huile extraite, qui s'élève à 1,08 tonne par hectare, cela donne 296 kg équivalent carbone par tonne d'huile. Si nous considérons, en première approximation, que ce qui va aux tourteaux est « compensé » par les consommations annexes (traitement mécanique de la plante, transports intermédiaires, construction de l'usine, conditionnement, etc), nous prendrons cette valeur - arrondie à 300 kg equ C par tonne d'huile - par défaut (avec une incertitude de 30% comme pour le reste des valeurs calculées dans ce chapitre).

## 6.4.2 Pommes de terre

La dépense énergétique liée à l'utilisation d'engins agricoles se présente comme suit<sup>19</sup> :

Energie de culture	Valeur	Unité
consommation horaire tracteur	15,1	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	5	h
consommation horaire automotrice	15,6	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	1	h
consommation horaire outils tractés	5,3	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	13,2	h
consommation de diesel totale par hectare	161,06	litres
émissions culture (kg équivalent carbone/ha)	129,3	

**Tableau 27 : Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour les pommes de terre.**

<sup>18</sup> Même source que précédemment

<sup>19</sup> ACV de l'amidon de maïs, Ecobilan, 1998

En ce qui concerne les intrants les valeurs fournies dans l'étude Ecobilan/ADEME précitée<sup>20</sup> sont les suivantes :

Intrants	Valeur	unité
Nitrate d'ammonium	160	kg de N par ha
Engrais P	120	kg P2O5 par ha
Engrais K	330	kg K2O par ha
Fongicides	28	kg de matières actives par ha
Herbicides	3,2	kg de matières actives par ha
Insecticides	0,16	kg de matières actives par ha

**Tableau 28 : Poids et nature des intrants utilisés pour la culture de pommes de terre.**

Enfin pour la quote-part de la construction des engins agricoles les valeurs sont les suivantes :

Matériel	Heures par hectare	KWh par heure	kg équ carbone par hectare
Tracteur	5	19,4	0,8
Automotrice	1	33,3	1,4
Outils	13,2	110,0	4,6
<b>Total</b>			<b>6,8</b>

**Tableau 29 : Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de pommes de terre<sup>21</sup>.**

Il ressort des indications ci-dessus que les émissions à l'hectare se présentent comme suit :

CO <sub>2</sub>	521	kg équ. C par hectare
N <sub>2</sub> O	271	kg équ. C par hectare
Equivalent carbone total	792	kg équ. C par hectare

**Tableau 30 : Emissions par gaz à l'hectare de pommes de terre cultivé**

Le rendement massique des cultures est approximativement de 40 tonnes de pommes de terre par hectare et par an<sup>22</sup>. De ce fait, produire une tonne de pommes de terre engendre des émissions de 20 kg équivalent carbone.

### 6.4.3 Autres productions

Le tableau ci-dessous rapporte quelques facteurs d'émission complémentaires d'aliments pour bétail, qui seront surtout utiles pour une exploitation agricole.

Nature	T eqC / tonne brute
Tourteaux de soja des Amériques	0,105
Autres concentrés	0,068
Foin	0,042
Luzerne déshydratée	0,239

**Tableau 31 : Facteurs d'émissions complémentaires pour le bétail. Source Planète - GES**

<sup>20</sup> Même source que précédemment.

<sup>21</sup> Même source que précédemment.

<sup>22</sup> Source : ACV de l'Amidon de maïs, Ecobilan, 1998

## 6.4.4 Données agrégées par hectare pour les principales cultures

Lorsque la méthode Bilan Carbone sera appliquée à une collectivité locale, et que l'objectif sera d'estimer des émissions associées à des surfaces cultivées, il sera souvent plus facile d'obtenir un nombre d'hectares par type de culture que des poids par type de production. Nous pouvons alors utiliser des facteurs d'émission à l'hectare, basés sur des valeurs moyennes :

- d'utilisation d'engrais à l'hectare par type de culture (les engrais sont eux-mêmes différenciés entre engrais azotés et engrais potassiques), ce qui conditionne ensuite les émissions de protoxyde d'azote ainsi que les émissions liées à la fabrication de ces engrais,
- d'utilisation d'heures de machines agricoles par hectare et par type de culture, ce qui conditionne les émissions directes de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation de diesel.

### 6.4.4.1 Utilisation d'engrais azotés à l'hectare

Nous proposons ci-dessous un tableau qui donne la valeur moyenne de la fertilisation azotée à l'hectare, en fonction du type de culture et de la région, pour l'agriculture dite conventionnelle.

Zone de production	Betterave industrielle	Blé dur	Blé tendre	Colza	Mais fourrage	Mais grain	Orge	Pois	Pomme de terre	Prairies permanentes productives	Prairies temporaires	Tournesol	Vignes
France métropolitaine	103	172	166	162	69	150	127	1	157	46	58	39	15
Alsace	103	172	149	162	69	168	127	1	157	46	58	39	6
Aquitaine	103	172	156	162	144	189	127	1	157	46	62	69	6
Auvergne	103	172	147	162	85	158	127	1	157	46	46	39	15
Bourgogne	103	172	171	169	95	143	129	1	157	46	41	39	9
Bretagne	103	172	112	162	30	32	93	1	157	45	64	39	15
Centre	103	200	172	157	93	155	123	0	157	46	59	35	15
Champagne-Ardenne	101	172	191	169	124	149	135	2	157	46	58	39	39
Corse	103	172	166	162	69	150	127	1	157	46	58	39	15
Franche-Comté	103	172	166	165	128	147	118	1	157	46	33	39	15
Ile-de-France	118	172	184	168	69	158	119	0	157	46	58	39	15
Languedoc-Roussillon	103	156	166	162	69	150	127	1	157	46	58	39	14
Limousin	103	172	166	162	69	150	127	1	157	46	47	39	15
Lorraine	103	172	163	164	116	150	137	1	157	46	58	39	15
Midi-Pyrénées	103	184	145	162	69	188	86	1	157	46	48	41	15
Nord - Pas-de-Calais	105	172	162	162	87	150	139	1	157	88	58	39	15
Basse-Normandie	103	172	151	162	59	150	127	1	157	39	69	39	15
Haute-Normandie	103	172	164	153	84	150	132	2	157	58	58	39	15
Pays de la Loire	103	172	136	162	48	92	127	1	157	26	69	24	5
Picardie	98	172	174	154	94	131	134	0	157	73	58	39	15
Poitou-Charentes	103	172	160	160	86	169	123	1	157	46	62	38	29
Provence-Alpes-Côte d'Azur	103	123	166	162	69	150	127	1	157	46	58	39	9
Rhône-Alpes	103	172	140	162	111	158	127	1	157	46	43	39	15

**Tableau 32 : Valeurs moyennes des unités d'azote à l'hectare cultivé en fonction du type de culture. Source Agreste, enquêtes pratiques culturales 2006**

Rappelons que les unités d'azote désignent, en kg, le poids de l'azote seul dans le total. Les agriculteurs ne comptabilisent que rarement les poids totaux d'engrais, préférant en général ne compter que le poids de l'azote seul dans ce qui est utilisé (de la sorte une éventuelle coupe de l'engrais avec un composé sans azote ne change pas les poids d'azote épandus).

A partir ces valeurs il est possible de calculer à la fois les émissions directes de N<sub>2</sub>O, via le taux de volatilisation de l'azote (voir Chapitre 3), et les émissions de fabrication des engrais N.

Les données sont malheureusement indisponibles pour les cultures maraîchères et fruitières.

#### 6.4.4.2 Consommation de carburant à l'hectare

Une étude de SOLAGRO sur les pratiques culturales permet de proposer les valeurs moyennes suivantes en ce qui concerne la consommation de carburant à l'hectare pour les principales cultures.

Nature de culture	Carburant Litres / ha
Céréales - oléoprotéagineux	100
Autres cultures industrielles (y compris pommes de terre et betteraves)	150
Prairies temporaires	65
Prairies naturelles productives	65
Prairies naturelles peu productives (pâturées)	5
Arboriculture / viticulture	190

**Tableau 33 : Valeurs moyennes des consommations de carburant à l'hectare cultivé en fonction du type de culture. Source Solagro**

Pour simplifier la vie de l'utilisateur du Bilan Carbone, ces mêmes informations sont présentées ci-dessous d'une manière un peu différente :

- les cultures sont différenciées de la même manière qu'au § 6.4.4.1,
- nous donnons les émissions correspondantes en appliquant le facteur d'émission du fioul domestique calculé au Chapitre 2.

Type de culture	Litres de carburant par hectare	Emissions amont, kg equ. C par ha	Combustion, kg equ. C par ha
Betterave industrielle	150	11	109
Blé dur	100	8	73
Blé tendre	100	8	73
Colza	100	8	73
Maïs fourrage	100	8	73
Maïs grain	100	8	73
Orge	100	8	73
Pois	100	8	73
Pomme de terre	150	11	109
Prairies permanentes productives	5	5	47
Prairies temporaires	5	5	47
Tournesol	100	8	73
Vignes	190	15	138
Sorgho	100	8	73

**Tableau 34 : Emissions à l'hectare liées à la consommation de carburant.**

#### 6.4.4.3 Fabrication des engins agricoles

Solagro propose les valeurs suivantes pour l'énergie de construction des machines agricoles, ramenées à l'hectare cultivé

Catégories cultures	Mécanisation MJ/ha
Céréales oléoprotéagineux	1530
Cultures industrielles	1750
Prairies temporaires	1000
Prairies naturelles productives	1000
Prairies naturelles peu productives (pâturées)	350
Arboriculture / viticulture	2300

**Tableau 35 : Consommation d'énergie pour l'amortissement des machines agricoles à l'hectare cultivé.**

En convertissant les MJ en kWh, puis en leur appliquant un facteur d'émission représentatif du mix énergétique primaire en Europe, soit environ 70 grammes équivalent carbone par kWh, on trouve les résultats suivants :

Type de culture	fabrication engins kgC/ha
Betterave industrielle	35
Blé dur	30
Blé tendre	30
Colza	30
Maïs fourrage	30
Maïs grain	30
Orge	30
Pois	30
Pomme de terre	35
Prairies permanentes productives	7
Prairies temporaires	7
Tournesol	30
Vignes	46
Sorgho	30
Type de culture	Fabrication engins kgC/ha
Betterave industrielle	35
Blé dur	30
Blé tendre	30
Colza	30
Maïs fourrage	30
Maïs grain	30
Orge	30
Pois	30
Pomme de terre	35
Prairies permanentes productives	7
Prairies temporaires	7
Tournesol	30
Vignes	46
Sorgho	30

**Tableau 36 : Consommation d'énergie pour l'amortissement des machines agricoles à l'hectare cultivé.**

## 6.5 FRUITS ET LEGUMES

La culture de légumes représente en France 1,6% des surfaces arables (0,3 million d'hectares sur 18,1) et 1% des terres agricoles tout confondu (voir Annexe 1 :).



Nous proposons ci-dessous des facteurs d'émissions qui se rapportent à l'hectare cultivé, puis une approche très macro pour donner quelques ordres de grandeur pour les fruits et légumes dans leur ensemble.

### 6.5.1 Consommation des serres maraîchères

Le tableau ci-dessous fournit les consommations d'énergie des serres de maraîchage (tous types de cultures sauf les fraises) issues d'une étude réalisée par CTIFL & ASTREDHOR pour l'ADEME en 2007.

Zone de production	kWh par m <sup>2</sup> et par an	Ecart type	% gaz	% fioul lourd	% butane	% fioul	% vapeur	% charbon	% bois	% propane	Total
Bretagne	400	105	75%	14%	4%				7%		100%
Val de Loire	330	95	87%	13%							100%
Nord est	354	84	58%	27%				15%			100%
Sud ouest	277	69	71%			17%			12%		100%
BRM	240	106	70%	8%		2%	1%	2%		17%	100%
Moyenne nationale	321	127	77,3%	13,8%	0,4%	1,2%	0,5%	2,6%	2,6%	1,5%	100%

**Tableau 37 : Emissions à l'hectare liées à la consommation de carburant. Source : CTIFL & ASTREDHOR pour l'ADEME, 2007**

Avec ce tableau on obtient une consommation annuelle moyenne par m<sup>2</sup> et par énergie, et il suffit d'appliquer les facteurs d'émission par énergie pour obtenir des émissions par m<sup>2</sup> et par an.

Pour les fraises, l'estimation Solagro est de 25 kWh par m<sup>2</sup> et par an, avec le mix énergétique suivant (pour la France dans son ensemble) : 10% de gaz, 70% de fioul et 20% de propane.

### 6.5.2 Consommation des serres horticoles

Pour l'horticulture la même source propose les valeurs suivantes :

Région de culture	kWh par m <sup>2</sup> et par an	% GN	% fioul lourd	% fioul dom	% bois	% propane	Total
Ouest	181	49%	16%	14%	6%	17%	100%
Centre	219	49%	16%	14%	6%	17%	100%
Est	121	49%	16%	14%	6%	17%	100%
Méditerranée	102	49%	16%	14%	6%	17%	100%
Moyenne nationale	160	49%	16%	14%	6%	17%	100%

Ces valeurs permettent aussi d'obtenir simplement des émissions par m<sup>2</sup> et par an pour les serres horticoles.

### 6.5.3 Facteurs d'émission de quelques fruits et légumes

Les chiffres ci-dessous sont issus de l'étude « Etude de l'impact environnemental du transport des fruits et légumes frais importés et consommés en France métropolitaine » effectuée en 2007 par BIO IS pour l'Ademe.

#### 6.5.3.1 Culture

##### 6.5.3.1.1 3 légumes courants

L'énergie de culture de trois productions typiques est mentionnée ci-dessous, en kWh par tonne produite, selon le mode de culture.

	Plein champ	Serre chauffée
tomates	1 100	11 000
salade	945	44 473
concombre	77	8 790

**Tableau 38 : Consommation d'énergie à l'hectare pour 3 types de légumes. Source : Observatoire Bruxellois de la Consommation Durable (2006) et DEFRA (2005) « the validity of food miles as an indicator of sustainable development »**

En faisant l'hypothèse que l'énergie utilisée pour la culture en plein champ est essentiellement du fioul, et que nous appliquons le mix énergétique des serres (moyenne française) pour les cultures éponymes, cela donne les facteurs d'émission suivants :

	Plein champ	Serre chauffée
tomates	90	734
salade	77	2 970
concombre	6	587

**Tableau 39 : kg équivalent carbone par tonne cultivée pour 3 légumes**

##### 6.5.3.1.2 Raisin

Les données macroscopiques fournies au § 6.4.2 ci-dessus indiquent qu'un hectare de vigne nécessite en moyenne :

- 190 litres de fioul
- 15 unités d'azote,
- 2300 MJ d'énergie pour fabriquer les engins agricoles.

Par ailleurs, les investigations effectuées dans les vignobles qui ont effectué un bilan carbone montrent que l'utilisation de phytosanitaires s'élève à environ à 30 à 50 kg par hectare (surtout des fongicides).



Ces valeurs conduisant à des émissions à l'hectare qui sont respectivement de :

- 153 kg equ C pour le fioul
- 17 kg equ C pour l'azote,
- 50 à 80 kg equ C pour les phytosanitaires
- 46 kg equ C pour fabriquer les engins agricoles.

Cela nous donne un total de 285 kg equ C à l'hectare. Avec un rendement de 15 000 kg de raisin à l'hectare, cela fait environ 19 kg équivalent carbone par tonne. Notons que les valeurs ci-dessus, communes à la viticulture et à l'arboriculture, permettent aussi d'avoir un ordre de grandeur pour d'autres fruits dont les rendements à l'hectare sont connus.

### 6.5.3.2 Acheminement

L'Ademe a fait réaliser une étude sur les émissions de gaz à effet de serre associées au transport de fruits et légumes en France<sup>23</sup>. Pour un trajet et un entreposage en France métropolitaine, les valeurs sont typiquement de l'ordre de 10 à 15 kg equ C par tonne. Pour les fruits et légumes importés l'étude donne les valeurs suivantes :

Pays d'origine	Type de fruit/légume	Ktonnes importées 2006	Mode de transport principal	Kg equ C/tonne pour le trajet
Espagne	Agrumes	718	camion	42
Espagne	melons	163	camion	41
Maroc	tomates	190	camion	79
Côte d'Ivoire	bananes	143	bateau	88
Côte d'Ivoire	bananes	8	avion	1 577
Côte d'Ivoire	ananas	58	bateau	88
Côte d'Ivoire	ananas	3	avion	1 577
Italie	raisin	91	bateau	34
Colombie	bananes	44	bateau	64
Colombie	bananes	2	avion	2 809
Afrique du Sud	Agrumes	33	bateau	83
Israël	avocat	27	bateau	45
USA	Agrumes	19	bateau	93
Chili	pommes	19	bateau	117
Nouvelle Zélande	kiwis	12	bateau	140

**Tableau 40 : kg équivalent carbone par tonne acheminée pour l'export**

### 6.5.3.3 Valeurs globales

Avec ces données, et en supposant que les fruits et légumes importés sont pour l'essentiel cultivés en plein air<sup>24</sup>, nous pouvons proposer comme valeurs typiques, acheminement jusqu'au détaillant ou grossiste compris :

- 32 kg équivalent carbone par tonne de fruits et légumes de saison en France (hors légumes pour lesquels nous avons un FE distinct ci-dessus),  $\pm 50\%$ ,

<sup>23</sup> Etude de l'impact environnemental du transport des fruits et légumes frais importés et consommés en France métropolitaine

<sup>24</sup> C'est partiellement faux pour les cultures sous serre du Sud de l'Espagne, au surplus effectuées avec de l'eau douce issue du dessalement, ce dernier étant effectué au gaz.

- 60 kg équ C par tonne de fruits et légumes importée d'Europe proche,  $\pm 50\%$ ,
- 100 kg équ C par tonne de fruits et légumes importée du reste du monde hors fret aérien,  $\pm 50\%$ ,
- 700 kg équ C par tonne de fruits et légumes produits hors saison (sous serre chauffée) en France, excepté les salades,  $\pm 40\%$ ,
- 2 000 kg équ C par tonne de fruits importés par avion,  $\pm 40\%$ ,
- 3 000 kg équ C par tonne de salades produites hors saison (sous serre chauffée) en France,  $\pm 40\%$ .

Pour parvenir à un facteur d'émission moyen toutes catégories, nous allons rajouter les hypothèses suivantes :

- toutes les tomates produites en France hors saison le sont sous serre chauffée, hypothèse que nous appliquerons aussi aux concombres et salades,
- la production mensuelle de ces trois légumes est à peu près constante sur l'année,
- pour tous les fruits et légumes de saison nous appliquons une moyenne de 30 kg équ C/tonne pour la culture.

Avec ces hypothèses, nous arrivons à une valeur (acheminement comprise) de 80 kg équ C par tonne de fruits et légumes importée, 140 kg équ C par tonne de fruits et légumes produite en France (mais bien évidemment avec une valeur très inférieure pour la production de saison et très supérieure pour la production hors saison), et 122 kg équivalent carbone pour la totalité de ce qui est consommé en métropole.

L'incertitude sur cette valeur moyenne ne dépasse probablement pas 30%.

## **6.6 PRODUITS VEGETAUX TRANSFORMES**

### **6.6.1 Farine**

La production de farine consiste à moudre des grains de blé, en utilisant de la machinerie essentiellement électrique, pour en retirer de la farine, avec un taux d'extraction nécessairement inférieur à 100%. En pratique, 1 tonne de blé fournit en général 760 kg de farine, et les émissions de la meunerie sont de 5 kg équivalent carbone par tonne de farine.

Nous supposons par ailleurs que cette fabrication requiert 300 km de transports intermédiaires en semi-remorque.

Avec ces hypothèses, récapitulées dans le tableau ci-dessous, les émissions pour produire une tonne de farine sont de

Equivalent carbone par tonne de blé	85
taux d'extraction	76%
Contribution du blé par tonne de farine	112
Contribution des transports <sup>25</sup>	7,8
Emissions de la meunerie <sup>26</sup>	5
Soit par tonne de farine	125

**Tableau 41 : Facteur d'émission de la farine de blé**

### 6.6.2 Pain

Produire du pain consiste, en première approximation, à prendre de la farine, de l'eau (dont le facteur d'émission est négligeable comparé à celui de la farine) pour faire un mélange contenant plus d'eau que la farine, et à cuire le tout.

En première approximation, on peut considérer que l'ajout d'eau (qui fait baisser les émissions par unité de poids comparé à de la farine seule) et l'énergie utilisée dans le procédé (cuisson, fabrication des appareils etc) se compensent, à la barre d'erreur près.

1 kg de pain possèdera donc le même facteur d'émission qu'un kg de farine, avec 20% d'incertitude.

Par contre ce raisonnement ne vaut pas pour les pâtes sèches, qui ont à peu près le même taux d'humidité que la farine, supposent des consommations intermédiaires non négligeables (fonctionnement des machines, cuisson), des intrants (dont les matériaux d'emballage), et enfin mettent en jeu du transport jusqu'au consommateur bien plus important que pour le pain (plus de kilomètres, avec des densités de chargement qui sont peu élevées).

### 6.6.3 Alcool, sucre

Pour le sucre, nous retiendrons faute de mieux, une valeur dont l'ordre de grandeur est compatible avec la base de données Ecoinvent soit 200 kg equ C par tonne de sucre.

Pour l'alcool, nous allons repartir de la betterave sucrière, dont les caractéristiques de la culture sont les suivantes<sup>27</sup> :



<sup>25</sup> 300 km à 26 grammes équivalent carbone par tonne.km ; voir § 4.2.2

<sup>26</sup> D'après CEREN ; il y a essentiellement de l'électricité.

<sup>27</sup> Source : ADEME – ECOBILAN / 2003 / Bilans énergétique et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants

Energie de culture	Valeur	Unité
consommation horaire tracteur	12	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	7	h
consommation horaire automotrice	15	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	1	h
consommation horaire outils tractés	6,5	Litres de diesel/heure
nombre d'heures par hectare	12	h
consommation de diesel totale par hectare	177	litres
émissions culture (kg équivalent carbone/ha)	142,0	

**Tableau 42 : Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour la betterave sucrière.**

Pour les intrants, les valeurs sont les suivantes<sup>28</sup> :

Intrants	Valeur	unité
Nitrate d'ammonium	87	kg de N par ha
Engrais P	64	kg P2O5 par ha
Engrais K	180	kg K2O par ha
Fongicides	1,2	kg de matières actives par ha
Herbicides	2,35	kg de matières actives par ha
Insecticides	0,16	kg de matières actives par ha

**Tableau 43 : Poids et nature des intrants utilisés pour la culture de betteraves sucrières.**

Enfin pour la quote-part de la construction des engins agricoles les valeurs sont les suivantes :

Matériel	Heures par hectare	KWh par heure	kg équ C par hectare
Tracteur	5,4	21,0	0,9
Automotrice	1,12	37,3	1,6
Outils	15,98	133,2	5,6
<b>Total</b>			<b>8,0</b>

**Tableau 44 : Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de betteraves sucrières.**

Avec 30 km parcourus (hypothèse au doigt mouillé) entre le champ et le lieu d'entreposage, et 66 tonnes produites par hectare et par an, il convient de rajouter environ 50 kg équ C par hectare pour le transport. Il ressort que les émissions à l'hectare se présentent comme suit :

CO <sub>2</sub>	395	kg équ. C par hectare
N <sub>2</sub> O	147	kg équ. C par hectare
Equivalent carbone total	543	kg équ. C par hectare

**Tableau 45 : Emissions à l'hectare de betteraves**

Avec 66 tonnes de betteraves par hectare et par an, les émissions à la tonne ressortent à 8,2 kg équivalent carbone.

<sup>28</sup> Même source que précédemment.

Si nous affectons à 100% les émissions de la culture au sucre produit, et que ce dernier est transformé en totalité en éthanol, la production s'élève à 5,78 tonnes d'éthanol à l'hectare, ce qui donne 94 kg équivalent carbone par tonne d'éthanol pour la culture seule.

Les ACV effectuées sur les biocarburants montrent que la consommation énergétique des usines de production d'éthanol en France représente à peu près 16 MJ par kg d'alcool produit, à partir de la betterave utilisée. Cela revient à 4400 kWh par tonne, qui donnent des émissions de :

- 280 kg equ C par tonne si c'est du gaz naturel qui est utilisé
- 360 kg equ C par tonne avec du fioul domestique
- 381 kg equ C par tonne avec du fioul lourd.

En prenant une moyenne gaz et fioul, et en considérant que la valorisation des co-produits (pulpes, drèches) « compense » la non prise en compte des éléments accessoires (immobilisations, conditionnement, transports intermédiaires, etc), nous parvenons alors à une valeur de 410 kg equ C par tonne d'alcool pur, arrondie à 400.

#### **6.6.4 Vin**

Un échange avec la société Carbone 4, qui a réalisé les bilans carbone des vins de Bordeaux, de Bourgogne, et de Champagne, conduit à une valeur proposée de 300 g équivalent carbone par bouteille de 75 cl de vin « normal »,  $\pm 50\%$  (ou encore 400 kg equ C par tonne).

Cette valeur peut être doublée pour les grands vins ou le champagne.

### **6.7 EMISSIONS ANNUELLES DU CHEPTTEL**

L'élevage d'animaux, ruminants ou non, est à l'origine d'émission de gaz à effet de serre à divers titres :

- il faut produire les végétaux divers (fourrages, protéagineux, etc.) qui servent à l'alimentation des animaux,
- il faut parfois les loger et même les chauffer (élevages hors sol de volailles et porcins),
- les déjections fermentent, ce qui engendre des émissions de méthane et/ou de protoxyde d'azote,
- enfin, dans le cas des ruminants, leur métabolisme (fermentation entérique) engendre des émissions de méthane.

Les données disponibles ne permettent pas (encore) de faire la différence entre les animaux élevés en liberté et ceux élevés hors sol, pour les raisons suivantes :

- en France, les animaux qui pâturent broutent en général des prairies qui ont été fertilisées, avec à un amendement à l'hectare qui est du même ordre que pour les fourrages (voir plus haut), et un facteur de volatilisation de l'azote des déjections qui est plutôt supérieur à ce que l'on a pour les engrais de synthèse,
- le rendement massique à l'hectare (en matière sèche) des fourrages et de l'herbe est à peu près le même,

- la dépense énergétique à l'hectare provient essentiellement des engrais, et du combustible des engins agricoles (les phytosanitaires ne font pas une énorme différence de ce point de vue), bref de sources qui existent à la fois dans le cas des fourrages et dans celui de l'herbe et du foin fertilisés.

En première approximation, nous fournirons donc des valeurs qui s'appliquent de manière indifférenciée, quel que soit le type d'élevage. Cette approximation est suffisante pour effectuer des bilans carbone d'entités qui ont un approvisionnement représentatif de la production française (restauration collective, agroalimentaire) mais ne convient pas dans le cas des filières d'approvisionnement qui sont très spécialisées, comme par exemple :

- élevage extensif de volailles avec alimentation en partie « naturelle » (herbe, vers de terre, etc)
- élevage extensif de bétail à l'étranger (pampas argentines, steppes australiennes, etc ; dans ces cas il faut cependant tenir compte du transport et de la chaîne du froid).

Les valeurs contenues dans le tableau ci-dessous peuvent être utilisées :

- pour les émissions liées au cheptel dans le Bilan Carbone territoire,
- pour réaliser le Bilan Carbone d'une exploitation agricole.

Type d'animal	CH <sub>4</sub> entérique	CH <sub>4</sub> Déjections	N <sub>2</sub> O Déjections	N <sub>2</sub> O Epandage	N <sub>2</sub> O pâture	Litres de fioul
Vaches laitières	120	21,9	1,1	0,68	1,54	61
Vaches allaitantes	87	5,4	0,8	0,42	1,77	44
Autres bovins	45,8	17	0,35	0,42	0,35	44
Truies mères	3	43	0,064	0,23	0	
Porc à l'engrais	0,54	7,7	0,016	0,06	0	
Brebis	11,8	3,5	0,189	0,094	0,474	5
Chèvres	16,5	18,8	0,421	0,21	0	6
Poulet de chair	0,07	0,56	0,0016	0,003	0	
Poule pondeuse	0,09	0,75	0,0036	0,007	0	
Autres volailles	0,08	0,65	0,026	0,005		

**Tableau 46 : kg de gaz émis par animal et par an et litres de fioul le cas échéant -  
Source Solagro, 2009**

Pour les animaux non listés ci-dessus, il existe également des indications dans une autre publication<sup>29</sup>, de telle sorte que nous pouvons arriver à la synthèse suivante pour les émissions annuelles par tête :

<sup>29</sup> Académie d'Agriculture / 1999 / Bilan et gestion des Gaz à effet de serre dans l'espace rural / Comptes rendus / vol. 85.

Type d'animal	CH <sub>4</sub> entérique, kg par animal.an	CH <sub>4</sub> déjections, kg par animal.an	CH <sub>4</sub> total, kg par animal.an	CH <sub>4</sub> total, kg equ C par animal.an	N <sub>2</sub> O déjections, kg par animal.an	N <sub>2</sub> O, kg equ C par animal.an	Fioul, litres par animal.an	Fioul, kg equ C par animal.an	Kg equ C total par animal.an	Réf.
Vaches laitières	120	22	142	968	3,32	270	61	49,0	2 006	(1)
Vaches allaitantes	87	5	92	630	2,99	243	44	35,3	1 556	(1)
Taureaux	77	32	109	741	1,12	91	44	36,1	1 111	(2)
Génisses, taurillons	47	20	66	451	1,12	91	44	32,7	818	(2)
Broutards, veaux	15	6	22	148	1,12	91	44	34,0	516	(2)
Bœuf	53	22	76	516	1,12	91	44	34,0	883	(2)
Brebis	12	4	15	104	0,76	62	5	0,0	330	(2)
Agnelles	5	1	7	47	0,35	29		0,0	151	(2)
béliers	14	4	18	120	0,42	34		0,0	244	(2)
Agneaux à l'herbe	2	0,4	2	15	0,06	5		0,0	33	(2)
agneaux de boucherie	1	0,2	1	6	0,00	0		0,0	7	(2)
Chèvres	16,5	18,8	35	241	0,63	51	6	4,8	434	(1)
Boucs	16,4	2,8	19	131	0,63	51		0,0	318	(2)
Chevrettes	5,7	0,0	6	39	0,22	18		0,0	104	(2)
Hongres, juments vides	15	36	51	350		0		0,0	350	(2)
Juments pleines, étalons	18	36	54	368		0		0,0	368	(2)
Poulains	17	12	29	200		0		0,0	200	(2)
chevaux de trait	15	36	51	350		0		0,0	350	(2)
Truies mères	3,00	43,0	46	314	0,29	24		0,0	401	(1)
Porcs à l'engrais	0,54	7,70	8	56	0,08	6		0,0	79	(1)
Poulets industriels	0,07	0,56	0,63	4,3	0,00	0		0,0	6	(1)
Poules pondeuses	0,09	0,75	0,84	5,7	0,01	1		0,0	9	(1)
Poulets fermiers	0,08	0,65	0,73	5,0	0,00	0		0,0	6	(1)
Dindes	0,08	0,65	0,73	5,0	0,00	0		0,0	6	(1)
Pintades fermières	0,08	0,65	0,73	5,0	0,00	0		0,0	6	(1)
Canards	0,08	0,65	0,73	5,0	0,00	0		0,0	6	(1)

**Tableau 47 : Emissions des animaux d'élevage, en kg équ C par animal et par an. Réf (1) = données Solagro ; Réf (2) = données Académie d'Agriculture, 1999**

Ces valeurs serviront d'une part à estimer les émissions annuelles lorsque les tailles de cheptel ou d'élevage sont connues, et d'autre part aux calculs sur les émissions par kg de viande ou de laitage ci-dessous.

## 6.8 BOVINS

L'abattage, ainsi que le transport des carcasses et des animaux n'est pas pris en compte dans ce qui suit, mais cette contribution est généralement marginale dans le total par kg de poids net.

### 6.8.1 Contribution de l'alimentation pour les bovins

Outre les émissions directes, nous devons également prendre en compte les intrants, c'est-à-dire les animaux, dans les bilans permettant d'aboutir au facteur d'émission d'un kg de viande ou de lait.

Nous avons supposé, faute de données plus précises, que la totalité des matières sèches ingérées par le bétail correspond à du fourrage (maïs fourrage ou herbe de prairies fertilisées).

Il s'agit bien sûr d'une approximation, car le régime alimentaire réel du bétail comprend aussi des protéagineux (pois, fèves..), des tourteaux d'autres productions, etc.

Les émissions qui en découlent sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Animaux	Fourrage par jour, (kg de matières sèches)	Kg équ. C par tonne de fourrages		Fourrage, kg équ. C par tête et par an		Fourrages, Kg équ. C par tête et par an
		Part du CO <sub>2</sub>	Part du N <sub>2</sub> O	Part du CO <sub>2</sub>	Part du N <sub>2</sub> O	
Vaches laitières	16	41	18	237	107	344
Vaches allaitantes	16	41	18	237	107	344
Taureaux	15	41	18	223	100	323
Génisses, taurillons	15	41	18	223	100	323
Broutards, veaux	3	41	18	45	20	65
Bœuf	15	41	18	223	100	323

**Tableau 48 : Emissions liées à l'alimentation par tête et par an**

Pour aller plus loin, il va maintenant falloir décider d'une règle d'allocation des émissions entre les 3 « produits » fournis par l'élevage bovin :

- de la viande d'adulte, qu'il s'agisse de races à viande ou de vaches de réforme,
- de la viande de jeune (veau)
- du lait.

Dans tout ce qui suit, il faudra garder à l'esprit que toute règle d'affectation est toujours discutable, et que la changer modifiera essentiellement la part relative de chacun des trois produits ci-dessus.

NB : la peau de vache, matière première utilisée pour la fabrication du cuir, est considérée comme un déchet, en conséquence de quoi son facteur d'émission est nul. En effet, la raison première d'avoir 20 millions de têtes de cheptel en France n'est pas de faire du cuir, mais de produire de la viande et du lait. Une augmentation de la demande de peaux pour le cuir ne supposerait pas d'augmenter la taille du cheptel (seule une fraction des peaux est valorisée).

Ce raisonnement s'applique à tout ce qui n'est pas la viande dans la carcasse de bovin (sabots, cornes, os, intestins, etc) dès lors que ces sous-produits ne sont pas un motif d'élevage en eux-mêmes et ont des débouchés de niche.

## 6.8.2 Affectation des vaches allaitantes

Nous allons ici affecter les émissions de la vache allaitante entre les veaux qu'elle engendre, et sa viande en fin de parcours.

La vache allaitante est supposée suivre le parcours suivant :

- elle est un veau de lait pendant 6 mois,
- ensuite elle est un veau à l'herbe pendant 6 mois,
- ensuite elle est une génisse non encore sexuellement mature pendant 1 an,





- ensuite elle est une vache sexuellement mature mettant bas des veaux et les allaitant (produisant 4 veaux<sup>30</sup>),
- chaque veau allaité est abattu à 6 mois, lorsqu'il pèse 181 kg de poids vif<sup>31</sup>
- enfin la vache part à l'abattoir à 6 ans comme viande de bœuf<sup>32</sup>, et pèse alors en moyenne 680 kg de poids vif, qui donneront 258 kg de VNC (Viande Nette Commercialisable, c'est-à-dire « dans l'assiette »).

La règle de calcul proposée est la suivante :

- la seule raison de maintenir la vache en vie une fois qu'elle est adulte étant d'obtenir des veaux et du lait, nous affecterons à la viande de la vache elle-même les émissions qui séparent sa naissance de son accès à l'âge adulte, et à sa production d'adulte (lait+veaux) les émissions de sa vie d'adulte,
- une vache produit du lait 9 mois dans l'année (dont une partie du temps alors qu'elle est enceinte du veau suivant), mais le veau est allaité 6 mois seulement. Nous affecterons donc à chaque veau les 2/3 des émissions d'une année pleine, le reste allant au lait (et le calcul sera fait au § lait ci-dessous).

Avec ces règles d'allocation, les résultats sont les suivants :

Période de la vie de l'animal	Equivalent C par an			Durée en années	Equivalent carbone total			
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Total
6 mois de veau	80	111	148	0,5	40	56	74	170
6 mois de broutard	80	111	148	0,5	40	56	74	170
un an de génisse	258	191	451	1	258	191	451	900
4 ans de vache allaitante	273	350	630	4	1 091	1 399	2 520	5 010
Total de la vache allaitante sur sa vie	690	763	1 378		1 429	1 702	3 119	6 250
Quote-part par veau (4 veaux en tout)	182	233	420		727	933	1 680	3 340
Kg equ C par kg de carcasse de vache de réforme					1,31	1,17	2,32	4,80

**Tableau 49 : Facteurs d'émission des vaches allaitantes**

Cela amène à **4,8 kg équivalent carbone** par kilo de viande nette commercialisable de vache allaitante de réforme.

### 6.8.3 Veaux de lait

Compte tenu de ce qui précède, nous affecterons à un veau de lait :

- ce qu'émet la vache qui le nourrit pendant la gestation et l'allaitement (soit un an de vache allaitante),
- les émissions propres du veau sur cette même durée.

<sup>30</sup> La gestation durant un peu moins d'un an, le premier veau est donc mis bas à 3 ans (2 ans à la saillie puis un peu moins d'un an de gestation)

<sup>31</sup> US Environment Protection Agency / 1992 / Global Methane Emissions From Livestock and Poultry Manure.

<sup>32</sup> Le bœuf "premier prix" des grandes surfaces est généralement de la vache de réforme, c'est-à-dire de la viande de vache laitière ou de vache allaitante en fin de vie

Le veau est abattu à 6 mois, à un poids vif supposé de 181 kg. Le poids de VNC (Viande Nette Commercialisable, c'est-à-dire « dans l'assiette ») représente environ 35% du poids vif<sup>33</sup>.

VEAU DE LAIT	Equivalent carbone
Emissions de la mère (quote-part ci-dessus)	835
6 mois de veau	170
<b>Total par veau</b>	<b>1005</b>
Poids vif	181
% de VNC	35%
poids de VNC	63
kg équ. C par kg de viande avec os	15,9

**Tableau 50 : Facteur d'émission du veau de lait**

Cela amène le facteur d'émission du veau à **15,9 kg équivalent carbone** par kilo de viande nette commercialisable.

#### 6.8.4 Vaches laitières et lait

Une vache laitière met 2 ans à devenir sexuellement mature, puis effectue sa première gestation pendant un an, puis produit du lait sur 3 ans, et enfin sert d'animal de boucherie. Une vache laitière produit 6.600 litres de lait par an en moyenne pendant sa période de lactation<sup>34</sup>, soit 19.800 litres au total sur sa durée de vie.

Nous utiliserons ici une affectation massique des émissions entre la viande et le lait qui sera la suivante :

- les 3 années de vache laitière sont affectées au lait,
- les années précédentes à la viande de la vache de réforme.

Une vache laitière produit aussi des veaux, toutefois, qui consomment une partie du lait produit. Une affectation des émissions entièrement au lait ne conduit toutefois pas à une erreur, puisque le lait effectivement disponible est celui que le veau ne boit pas, et le "contenu en gaz à effet de serre" du veau correspond, comme pour le § 6.8.2, au contenu en gaz à effet de serre du lait qu'il boit.

<sup>33</sup> Source : CIV- Viande

<sup>34</sup> Cette valeur correspond à 30% du cheptel qui produit 8 000 litres par an et 70% qui produit 6 000 litres par an - source Solagro.

Avec ces hypothèses nous parvenons au tableau ci-dessous :

VACHE LAITIÈRE	Kg équivalent carbone			
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	TOTAL
6 mois de veau	40	56	74	170
6 mois de broutard	40	56	74	170
un an de génisse	258	191	451	900
4 ans de vache laitière	1 146	1 507	3 870	6 522
<b>Total de la vache laitière sur sa vie</b>	<b>1 483</b>	<b>1 809</b>	<b>4 469</b>	<b>7 762</b>
kg. equ. C par kg de lait	0,058	0,076	0,195	0,329
kg équ. C par kg de VNC de vache de réforme	1,31	1,17	2,32	4,80

**Tableau 51 : Facteur d'émission du lait entier**

Cela nous amène, en première approximation, à 329 g équivalent carbone par litre de lait, ou encore à 329 kg équivalent carbone par tonne de lait entier.

Cette valeur n'inclut pas les émissions liées à l'industrie du lait après la traite (transport, réfrigération, emballage, etc).

Par ailleurs, une étude réalisée<sup>35</sup> sur 60 fermes où le rendement moyen par vache est de 7 758 litres de lait par vache et par an fournit les valeurs suivantes :

Gaz	Kg par tonne de lait	Kg equ C par litre
CO <sub>2</sub>	149,5	0,041
CH <sub>4</sub>	20,3	0,138
N <sub>2</sub> O	0,98	0,080
<b>TOTAL</b>		<b>0,259</b>

**Tableau 52 : Facteur d'émission du lait entier pour une autre étude**

Le rendement de référence est bien évidemment un facteur clé, puisque les mêmes émissions ramenées à une production de 6 600 litres par an donne une valeur de 304 g équivalent carbone par litre de lait, valeur située à moins de 20% du résultat du calcul ci-dessus.

Retenir une valeur de référence pour le lait revient donc essentiellement à privilégier une valeur de référence pour le rendement moyen des vaches laitières. Le choix sera de prendre la moyenne nationale (6600 litres, source Solagro) et donc un facteur d'émission de 329 grammes équivalent carbone par litre de lait,  $\pm$  20%.

<sup>35</sup> Eden: un outil opérationnel pour l'évaluation environnementale des systèmes de production laitiers, Kanyarushoki Claver, van Der Werf Hayo, Roger Françoise, Corson Michael

## 6.8.5 Viande de bœuf

### 6.8.5.1 Races à viande

Un bœuf élevé pour sa viande, abattu à 36 mois, contiendra la somme des émissions du veau de 6 mois, de 6 mois de broutard, et de 24 mois d'alimentation et d'émissions de méthane du jeune bœuf. Il est supposé peser 680 kg vif à l'abattage<sup>36</sup>.

De même que pour la vache, le bœuf donne environ 38% de poids net avec os par kg de poids vif<sup>37</sup>.

BŒUF	Equivalent carbone			
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	TOTAL
Veau	222	289	494	1 005
6 mois de broutard	40	56	74	170
24 mois de bœuf adulte	516	382	1 031	1 929
<b>Total</b>	<b>777</b>	<b>727</b>	<b>1 600</b>	<b>3 104</b>
<b>Par kg de VNC</b>	<b>3,01</b>	<b>2,81</b>	<b>6,19</b>	<b>12,01</b>

**Tableau 53 : Facteur d'émission du bœuf (races à viande)**

Cela amène à **12,01 kg équivalent carbone** par kilo de viande de bœuf pour les races à viande élevées avec des fourrages. Rappelons que ce chiffre s'applique aux élevages conventionnels.

### 6.8.5.2 Valeur moyenne pour la viande

Nous proposons ci-dessous une valeur moyenne pour le bœuf tenant compte de la diversité des approvisionnements. La viande rouge effectivement consommée en France provient, en première approximation :

- pour un tiers de races à viande,
- pour un tiers de vaches laitières de réforme,
- pour un tiers de vaches allaitantes de réforme.

En effectuant une moyenne pondérée par les approvisionnements, nous parvenons aux valeurs suivantes :

Origine	Tonnes commercialisées	équivalent carbone par kg			
		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	TOTAL
Race à viande	478 624	2,08	2,14	4,70	8,92
Vache laitières de réforme	464 485	0,91	0,89	1,76	3,56
Vaches allaitantes de réforme	422 260	0,91	0,89	1,76	3,56
Total ou moyenne	1 365 369	1,32	1,33	2,79	5,44

<sup>36</sup> US Environment Protection Agency / 1992 / Global Methane Emissions From Livestock and Poultry Manure.

<sup>37</sup> Source : site de référence des viandes rouges ([www.mhr-viandes.com](http://www.mhr-viandes.com))

Origine	Tonnes commercialisées	équivalent carbone par kg			
		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	TOTAL
Race à viande	478 624	3,01	2,81	6,19	12,01
Vache laitières de réforme	464 485	1,31	1,17	2,32	4,80
Vaches allaitantes de réforme	422 260	1,31	1,17	2,32	4,80
Total ou moyenne	1 365 369	1,90	1,75	3,68	7,33

**Tableau 54 : Facteurs d'émission moyens du bœuf.**

Le facteur d'émission du bœuf est donc de 7,33 kg equ C par kg commercialisé.

## 6.9 LAITAGES

### 6.9.1 Fromage à pâte dure (cuite ou crue)

Il faut environ 11,5 litres de lait pour faire un kg de fromage à pâte dure. En négligeant l'énergie de chauffe (très secondaire devant les émissions provenant du lait) cela nous amène aux valeurs suivantes :

Fromage	l de lait par kg de fromage	Kg équivalent carbone
Fromage pâte dure	11,4	3,77

**Tableau 55 : Facteur d'émission du fromage à pâte dure**

Nous retiendrons donc **3,7 kg équivalent carbone** par tonne de fromage à pâte dure.


### 6.9.2 Yaourts

Il faut un peu plus d'un litre de lait pour faire un kg de yaourt. Avec l'énergie de chauffe (non négligeable ici), les transports et les emballages nous prendrons comme approximation un doublement du facteur d'émission du lait, ce qui amène à 660 g équivalent carbone par kg de yaourt, ou encore **660 kg équivalent carbone par tonne de yaourt**. Ce facteur d'émission s'applique aussi au fromage frais en première approximation.

### 6.9.3 Fromages à pâte molle

Il faut environ 6 litres de lait pour 1kg de fromage à pâte molle, ce qui donne sur la même base de calcul que les parties précédentes **2 kg équivalent carbone par tonne de fromage à pâte molle**.


#### 6.9.4 Beurre, crème

Le beurre est composé des lipides du lait. Ce dernier contient environ 40 g de lipides par litre. Il faudrait donc environ 25 litres de lait pour faire un kg de beurre. Mais dans la pratique, l'essentiel du beurre est fabriqué avec écrémage partiel du lait. 

Il faut donc une quantité supérieure de lait pour faire un kg de beurre, mais par contre il se pose le problème de l'affectation des émissions entre 2 co-produits du même procédé. Avec 50 litres de lait entier nous allons donc obtenir 50 litres de lait demi-écrémé et un kg de beurre. Sachant qu'un litre de lait demi-écrémé se vend environ 1 euro, et un kg de beurre environ 10 euros, une affectation économique donne au beurre 10/60<sup>è</sup> des émissions totales de 50 litres de lait, soit l'usage exclusif de 8,3 litres de lait.

Cela amène à une valeur de 2 750 **que nous arrondirons à 2700 kg équivalent carbone par tonne de beurre**, valeur que nous retiendrons faute de mieux.

#### 6.10 PORC DE BATTERIE

L'élevage des porcs commence par l'élevage de truies mères qui fournissent des porcelets de lait. Un cochon de lait est sevré à 28 jours ; il pèse alors 7 kg<sup>38</sup>. Il est ensuite engraisé, pendant 161 jours, de 7 à 105 kg en moyenne<sup>39</sup>. A l'abattage, le ratio poids utile/poids vif de l'animal abattu est de 70% et le ratio viande nette commercialisable/poid vif est de 49%<sup>40</sup>. 

Une étude réalisée par l'INRA<sup>41</sup> sur l'élevage conventionnel fournit une valeur de 2,3 kg équivalent CO<sub>2</sub> par tonne de poids vif, soit, avec le ratio ci-dessus, de 1280 kg équivalent carbone par tonne de poids de VNC, sans précision sur la décomposition par gaz.

Nous pouvons recouper cette valeur avec un calcul simple ci-dessous. Il faut 3,21 kg d'aliments (essentiellement des céréales, que nous assimilerons à du maïs pour le calcul) pour faire un kg de poids vif<sup>42</sup>. Pour tenir compte des émissions de la mère pendant la période de gestation et d'allaitement, de la transformation du maïs en aliments, de la construction du local, des transports intermédiaires, et des autres processus annexes, nous rajouterons forfaitairement 20% au calcul découlant de la seule prise en compte de l'alimentation (ce pourcentage est issu de l'observation du ratio intrants/reste des émissions dans nombre de bilans carbone).

---

<sup>38</sup> Source : INRA

<sup>39</sup> Source : INRA

<sup>40</sup> Source : INRA

<sup>41</sup> Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France, Claudine Basset-Mens, Hayo M.G. van der Werf, INRA, UMR Sol Agronomie Spatialisation de Rennes-Quimper, mai 2004

<sup>42</sup> Source : INRA

L'ensemble de ces éléments conduit au tableau suivant, qui rejoint la valeur mentionnée ci-dessus à quelques % près :

	CO2 seul	N2O	CH4	TOTAL
Aliments par animal	20,1	13,0	0,0	33,1
Déjections, par animal		3	25	28
Total par kg de poids vif	0,19	0,15	0,24	0,58
Total par kg de poids de VNC	0,39	0,31	0,48	1,18
Avec supplément pour truie et reste	0,47	0,37	0,58	1,41

**Tableau 56 : Facteur d'émission du porc de batterie**

Nous retiendrons donc la valeur de **1410 kg équivalent carbone par tonne de viande de porc**.

Comme pour les bovins, les sous-produits (peau, viscères non comestibles, etc) ne sont pas valorisés dans ce calcul et sont considérés comme des déchets

## **6.11 VOLAILLES ET PRODUITS DERIVES**

### **6.11.1 Poulets de batterie**

Un poulet de batterie, dit "industriel", est abattu à 42 jours, soit 6 semaines, au poids de 2 kg environ<sup>43</sup>. Il faut environ 1,9 kg d'aliments par kg de poids vif. Le ratio poids de carcasse/poids vif est de 66%<sup>44</sup>.



Une étude comparative des ACV réalisée par une équipe anglaise<sup>45</sup> indique qu'un kg de poids vif de poulet de cette qualité engendre 3,2 kg équivalent CO<sub>2</sub> pour sa production, soit 1,3 kg equ C par kg de poids net.

Avec les données de référence mentionnées plus haut sur les émissions par animal.an, et en rajoutant forfaitairement 20% aux émissions liées aux aliments pour tenir compte du chauffage, de la construction du bâtiment, etc, nous parvenons par ailleurs au résultat suivant :

	CO2 seul	N2O	CH4	TOTAL
Aliments par animal	0,21	0,14	0,00	0,35
Déjections, par animal	0,00	0,04	0,49	0,54
Supplément pour contributions annexes	0,07			0,07
Total par kg de poids vif	0,15	0,10	0,26	0,51
Total par kg de poids net	0,23	0,15	0,39	0,77

**Tableau 57 : Facteur d'émission des poulets de batterie**

<sup>43</sup> Source : INRA

<sup>44</sup> Source : INRA

<sup>45</sup> Williams, A. G., Audsley, E., Sandars, D. L., 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Defra project report ISO205

**Dans un souci de cohérence méthodologique, nous retiendrons alors 770 kg équivalent carbone par tonne de poulet de batterie avec os.**

Les autres volailles sont étudiées en Annexe 2 :.

### 6.11.2 Œufs

La même étude que ci-dessus donne, pour une production annuelle de 272 œufs par poule, et dans un élevage conventionnel avec ponte au sol, la valeur de 5,53 kg équ CO<sub>2</sub> par kg d'œufs (pas de mention de la discrimination par gaz), soit 1,5 kg équ carbone par kg.

Il faut 2,13 kg d'aliments pour produire 1 kg d'œufs (en batterie)<sup>46</sup>. Un œuf moyen pèse 53 grammes<sup>47</sup>. Avec les émissions de référence par poule pondeuse indiquées ci-dessus et une hypothèse de 30% de supplément à la contribution (aliments+émissions directes) pour tenir compte des processus annexes (transformation du maïs en aliments, transports intermédiaires, construction et entretien du bâtiment d'élevage, etc), nous arrivons aux émissions ci-dessous.

	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	TOTAL
2,13 kg d'aliments par kg d'œufs	0,13	0,08		0,21
Déjections par kg d'œufs	0,00	0,06	0,40	0,46
sous-total	0,13	0,14	0,40	0,67
Supplément 30% pour contributions annexes	0,04	0,04	0,12	0,20
total par kg d'œuf	0,16	0,18	0,52	0,87

**Tableau 58 : Facteur d'émission d'un œuf**

Dans un souci de cohérence méthodologique, nous retiendrons donc 46 grammes équivalent carbone par œuf, ou encore **870 kg équivalent carbone par tonne d'œufs**.

### 6.12 MOUTON

Le mouton est un ruminant, comme la vache. On doit donc comptabiliser aussi :

- les émanations de méthane (CH<sub>4</sub>) dues à la digestion,
- l'émission de méthane dû à la fermentation des déjections,
- le contenu en gaz à effet de serre des fourrages utilisés pour la nutrition,
- et enfin le carburant utilisé pour les troupeaux.

Pour les processus biologiques qui sont les contributeurs majeurs (fermentation entérique et déjections), les chiffres ont été fournis plus haut.

La valorisation de la laine est ignorée ici en première approche. Cela est probablement une approximation acceptable en France, même en allocation économique, cette activité étant assez marginale dans notre pays. Cela est probablement beaucoup moins vrai dans d'autres pays d'Europe.

<sup>46</sup> Source : INRA

<sup>47</sup> Source : INRA



Enfin les calculs ci-dessous ne concernent que la viande. Il n'est pas proposé de facteur d'émission pour le lait de brebis.

### 6.12.1 Affectation de la brebis et agneau de lait

Nous prenons comme base qu'une brebis allaitante engendre 1,7 agneau par an<sup>48</sup>. Dans le même esprit que ce qui est exposé pour les bovins, nous partons du principe que la brebis allaitante n'est conservée que pour avoir des agneaux et fournir du lait, et donc nous affectons aux agneaux et au lait la totalité de la vie d'adulte, le reste allant à la viande de la brebis de réforme. Nous supposons par ailleurs que la lactation a lieu pendant neuf mois, et nous affecterons à l'agneau 2 mois sur 9, le reste allant au lait. Enfin le rapport poids de VNC/Poids vif est de 38%.

Avec les valeurs ci-dessus, nous parvenons au résultat suivant

	A l'année			années	Emissions totales			
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>		CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Total
2 mois d'agneau	4	8	15	0,17	1	1	2	5
un an d'agnelle	9	36	47	1	9	36	47	92
2 ans de brebis allaitante	18	74	104	2	37	148	209	394
Total de la brebis allaitante sur sa vie					46	186	258	490
Quote-part par agneau					8	33	46	88
Emissions par kg de VNC de brebis					<b>0,41</b>	<b>1,64</b>	<b>2,17</b>	<b>4,22</b>

**Tableau 59 : Affectation de la brebis entre agneaux et viande de réforme**

Avec les indications ci-dessus, les agneaux de lait, qui pèsent 15 kg de poids vif à l'abattage (38% de poids de VNC) et ont également émis (un peu) au titre de leur propre métabolisme ont un contenu en carbone par kg de VNC qui est le suivant

	Kg equ C			
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Total
Emissions par kg de VNC d'agneau de lait	0,83	3,13	4,50	8,47

**Tableau 60 : Facteur d'émission de l'agneau de lait (ou agneau de boucherie)**

### 6.12.2 Agneaux à l'herbe

Les agneaux à l'herbe vivent 2 mois de plus que les agneaux de lait, durée pendant laquelle ils sont sevrés et mis à l'herbe. Ils pèsent 20 kg à l'abattage et le ratio de poids de carcasse par kg de poids VNC est de 38%.

<sup>48</sup> Source : INRA

AGNEAU A L'HERBE	Kg equ C			
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Total
Emissions pour obtenir l'agneau de lait	5	18	26	48
2 mois d'agneau à l'herbe	1	1	2	5
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>53</b>
Emissions par kg de carcasse d'agneau à l'herbe	<b>0,71</b>	<b>2,53</b>	<b>3,70</b>	<b>6,94</b>

**Tableau 1 : Facteur d'émission de l'agneau à l'herbe**

### 6.12.3 Moutons adultes

Les moutons adultes vivent un an de plus que les agneaux à l'herbe avant d'être abattus, avec un poids de 60 kg, qui donnera 38% de carcasse. Ces informations permettent d'obtenir les résultats suivants.

Mouton	Kg equ C			
	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Total
Emissions pour obtenir l'agneau à l'herbe	5	19	28	53
1 an d'équivalent agnelle	9	36	47	92
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>55</b>	<b>75</b>	<b>144</b>
Emissions par kg de VNC de mouton	<b>0,61</b>	<b>2,43</b>	<b>3,29</b>	<b>6,33</b>

**Tableau 2 : Facteur d'émission du mouton**

## 6.13 PRODUITS DE LA MER

### 6.13.1 Poisson pêché en métropole

Les 500.000 tonnes (environ) de poisson débarquées dans les ports de France métropolitaine vont en regard de la consommation de 250 millions de litres de diesel par les bateaux de pêche<sup>49</sup>.

Toutefois la consommation des bateaux n'est pas la seule source d'émission pour le poisson rendu consommateur :

- il faut le réfrigérer, ce qui consomme de l'énergie et engendre des fuites de fluides frigorigènes
- il faut le transporter et le conditionner, dans des emballages issus de la pétrochimie (polystyrène expansé le plus souvent).

Nous proposons ci-dessous un calcul d'ordre de grandeur, en attendant une étude spécifique sur le Bilan Carbone de la pêche, avec une éventuellement discrimination par type de produit pêché (poisson de ligne, de chalut, de filet, crustacé ; différenciation en fonction de la taille du bateau, etc).

<sup>49</sup> En 2003, source IFREMER

Ce facteur d'émission n'est pas applicable :

- aux poissons d'élevage (aquaculture), qui sont le plus souvent des carnivores (bars, turbots, et surtout saumons) dont une partie de l'alimentation est fournie par la pêche minotière, ce qui fait que l'on va retrouver dans les émissions par kg de poisson non point les émissions d'une pêche directe, mais celles de la pêche minotière pour fabriquer les aliments,
- aux poissons d'eau douce
- aux coquillages.

Sous ces réserves le calcul est le suivant :

litres de fioul par tonne de poisson	500
Equivalent carbone du fioul par tonne de poisson	401
Supplément pour chaîne du froid (énergie, fuites)	20%
Supplément pour transport et emballage	10%
Transport, conservation, conditionnement, etc, en kg equ C par tonne de poisson	120
Total	522

**Tableau 3 : Facteur d'émission du poisson pêché en métropole**

En première approximation, l'émission liée à la pêche d'une tonne de poisson sera donc de 520 kg équivalent carbone.

### **6.13.2 Poisson pêché aux tropiques**

La pêche tropicale - ou aux gros poissons comme le thon, même en Méditerranée - est 2 fois plus intensive en gasoil que la pêche côtière en Atlantique, et elle suppose du transport longue distance par avion ou en cale frigorifique.

Pour tenir compte de ces éléments, nous doublerons forfaitairement le facteur d'émission obtenu au § 6.13.1, en l'arrondissant à deux chiffres significatifs, ce qui donne 1 tonne équivalent carbone par tonne de poisson tropical.

### **6.13.3 Crevettes**

Les crevettes consommées en France peuvent avoir deux origines :

- de la pêche, en France (petites espèces) ou sous les tropiques (grosses espèces)
- de l'aquaculture sous les tropiques (grosses espèces).

Dans ce deuxième cas, il peut y avoir deux contextes très différents :

- l'aquaculture se fait sans déforestation préalable de la mangrove (ou sans dépérissement de la mangrove post élevage, ce qui revient au même pour ce qui suit)
- l'aquaculture se fait avec déforestation préalable de la mangrove (ou avec dépérissement de la mangrove post élevage).

Le facteur d'émission ci-dessous vaut pour la pêche, petites et grosses espèces confondues en première approximation. Par contre il ne vaut pas pour l'aquaculture, la déforestation préalable pouvant changer le résultat d'un facteur 3.

Pour extrapoler la consommation de carburant pour la pêche à partir de la donnée utilisée ci-dessus, nous allons utiliser une information, qui est que l'efficacité de la pêche à la crevette n'est que de 20%, alors qu'elle est de 70% en règle général. Dit autrement, les prises rejetées à la mer sont de l'ordre de 30% de ce qui est pêché pour le poisson "normal" (chalutage par exemple), alors que pour les crevettes c'est plutôt 80% (en poids) de ce qui est pêché qui est rejeté, les bateaux ne conservant que les crevettes et rejetant tout le reste<sup>50</sup>. Il s'agit bien évidemment d'une moyenne.

Par ailleurs, la chaîne du froid est proportionnellement bien plus importante pour les crevettes, car elles viennent en moyenne de plus loin. Une étude réalisée par Carbone 4 au sein du principal acteur malgache<sup>51</sup> a montré que la chaîne du froid peut engendrer des émissions comparables à celle de l'utilisation du carburant. Nous prendrons une cote mal taillée de 50% de supplément à ce titre, la pêche européenne ne supposant probablement pas des émissions aussi importantes au titre de la réfrigération.

Par contre le supplément pour transport et emballage est porté à 30%, à cause de distances d'expédition souvent plus longues, et d'emballages proportionnellement plus volumineux par kg transporté que le poisson.

Avec ces différentes hypothèses (assurément perfectibles, mais qui permettent de disposer d'un ordre de grandeur), nous parvenons au calcul suivant :

Procédé	Kg equ C par tonne de crevettes
Emissions dues au fioul	1 404
Supplément pour chaîne du froid	50%
Supplément pour transport et emballage	30%
Transport, chaîne du froid, etc	1 124
Total	2 528

**Tableau 61 : Facteur d'émission des crevettes pêchées**

Le facteur d'incertitude est doublé, à 60%, ce qui signifie qu'un kg de crevettes pêchées sera le plus souvent compris entre 900 et 3600 kg equ C par tonne.

<sup>50</sup> Source : conversation avec Loïc Antoine, IFREMER

<sup>51</sup> Unima ; publication sous presse

## 6.14 VALEUR MOYENNE PAR REPAS

### 6.14.1 Approche repas moyen français

Il sera assez fréquent, lors de la réalisation du Bilan Carbone d'une activité non agroalimentaire, de ne pas avoir matériellement le temps de procéder à l'inventaire exhaustif de ce qui est acheté par le restaurant d'entreprise, la cantine, ou le restaurant universitaire.

Pour pouvoir néanmoins proposer un ordre de grandeur, nous allons construire un facteur d'émission moyen par déjeuner (applicable aussi au dîner par défaut). Le point de départ est constitué par une enquête INCA, effectuée en 1999 par AFSSA/CRÉDOC/DGAL. Le tableau ci-dessous donne, en grammes par personne et par jour, les aliments consommés par les adultes au déjeuner.

Groupe de produits	Grammes par adulte et par jour en moyenne
Pain biscottes	39,1
Pâtes	19
Riz et semoule	11,9
Viennoiseries	0,2
Biscuits	2,1
Pâtisseries	14,1
Lait	2
Ultra frais laitier	27,6
Fromages	17,1
œufs et dérivés	5,7
Beurre	4,4
Viandes	41
Volailles et gibiers	24,3
Charcuterie	17,7
Poissons	18,4
Légumes (hors pommes de terre)	71,5
Pommes de terre et dérivés	39
Légumes secs	6,5
Fruits	59,6
Sucres et dérivés	2,8
Eaux	224,7
Jus de fruits et sodas	22,3
Boissons alcoolisées	67,1
Café	33
Thé et boissons chaudes	4,3
Pizzas, quiches et tartes salées	6,7
Sandwiches, casse-croûte	7,2
Soupes	8,4
Plats composés	41,5
Entremets	10,8
Compotes et fruits cuits	5

**Tableau 62 : Aliments consommés par les adultes au déjeuner, en grammes par personne et par jour**

Pour chacune de ces lignes, nous allons ensuite :

- affecter le facteur d'émission si nous l'avons (par exemple pour le sucre),
- ou bien construire un facteur d'émission approximatif si la ligne désigne un produit non élémentaire. Par exemple nous avons considéré que la pâtisserie c'est essentiellement 40% de farine, 20% d'œufs, 20% de beurre et 20% de sucre, et 20% de supplément sur le tout pour tenir compte de la cuisson et des émissions annexes. Dans ce genre d'approche simplifiée, nous faisons implicitement l'hypothèse que les éléments non pris en compte (chocolat, huile de palme, fruits secs, etc) sont compensés par ceux qui le sont pris un peu trop (par exemple le beurre).

Cet exercice permet d'arriver au tableau suivant :

Ingrédient	G par déjeuner	Kg equ C/tonne	G equ C par repas
Pain biscottes	39,1	137	5,4
Pâtes	19	383	7,3
Riz et semoule	11,9	120	1,4
Viennoiseries	0,2	809	0,2
Biscuits	2,1	684	1,4
Pâtisseries	14,1	965	13,6
Lait	2	396	0,8
Ultra frais laitier	27,6	660	18,2
Fromages	17,1	3 800	65,0
œufs et dérivés	5,7	914	5,2
Beurre	4,4	2 700	11,9
Viandes	41	6 872	281,8
Volailles et gibiers	24,3	817	19,8
Charcuterie	17,7	1 410	25,0
Poissons	18,4	500	9,2
Légumes (hors pommes de terre)	71,5	122	8,7
Pommes de terre et dérivés	39	32	1,2
Légumes secs	6,5	64	0,4
Fruits	59,6	122	7,3
Sucres et dérivés	2,8	200	0,6
Pizzas, quiches et tartes salées	6,7	829	5,6
Sandwiches, casse-croûte	7,2	1 015	7,3
Soupes	8,4	238	2,0
Plats composés	41,5	1 849	76,7
Entremets	10,8	503	5,4
Compotes et fruits cuits	5	32	0,2
Eaux	224,7	6	1,3
Jus de fruits et sodas	22,3	64	1,4
Boissons alcoolisées	67,1	401	26,9
Café	33	200	6,6
Thé et boissons chaudes	4,3	100	0,4
TOTAL hors boissons (lait compris)	503,6		<b>581,5</b>
TOTAL boissons (hors lait)	351,4		36,7
Moyenne par repas	855		<b>618,2</b>

Nous retiendrons donc la valeur de 620 grammes équivalent carbone par repas du midi en moyenne, avec une incertitude de 50%.

## 6.14.2 Approche par type de repas<sup>52</sup>

Il est également possible d'avoir une approche par menus prédéfinis. Huit menus sont ainsi présentés, ci après.

Types de repas	Quantité (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Facteur d'émission g eqC/kg	Poids carbone geqC
<b>Repas végétarien 1</b>						
Entrée : soupe de légumes						
200g légumes de saison	200	60	3	0	32	6,4
huile (1/2 c.s.)	7	63	0	7	300	2,1
Plat principal : omelette aux pommes de terre et aux oignons						
2 œufs	106	195	16	11	870	92,2
pommes de terre	200	170	3	0,2	32	6,4
huile (1/2 c.s.)	7	63	0	7	300	2,1
Dessert : salade de fruits						
fruits de saison	200	100	2	0	32	6,4
Pain	50	125	4	0,6	125	6,2
<b>Total</b>		<b>776</b>	<b>28</b>	<b>25,8</b>		<b>120</b>

Types de repas	Quantité (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Facteur d'émission g eqC/kg	Poids carbone geqC
<b>Repas végétarien 2</b>						
Entrée : salade de lentilles						
lentilles	40	120	10,4	0,5	32	1,3
carottes	50	18	0,5	0	122	6,1
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	300	2,1
Plat principal : risotto aux carottes et aux amandes						
riz	70	250	6	1,5	120	8,4
carottes	100	36	1	0	122	12,2
amandes	25	144	5	13,5	122	3,0
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	300	2,1
Yaourt	125	75	5	4,4	660	82,5
Dessert : fruits de saison	200	100	2	0	32	6,4
<b>Total</b>		<b>840</b>	<b>29,9</b>	<b>33,9</b>		<b>120</b>

<sup>52</sup> Composition des repas d'après C. Aubert

Types de repas	Quantité (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Facteur d'émission g eqC/kg	Poids carbone geqC
<b>Repas à dominante végétale 1 (avec poulet)</b>						
Entrée : salade de chou rouge aux pommes						
chou rouge	75	18	1	0	122	9,1
pommes	75	40	0,7	0	122	9,1
1/2 œuf	27	50	4	3	870	23,1
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	300	2,1
Plat principal : riz cantonnais						
riz	70	250	6	1,5	120	8,4
légumes de saison	125	38	2	0	32	4,0
poulet	60	90	12	4	770	46,2
1/2 œuf	27	50	4	3	870	23,1
Dessert : compote de pommes						
pommes	250	124	2,5	0	122	30,5
Pain	40	98	3,5	0,5	125	5,0
<b>Total</b>		<b>821</b>	<b>35,7</b>	<b>19</b>		<b>160</b>

Types de repas	Quantité (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Facteur d'émission g eqC/kg	Poids carbone geqC
<b>Repas à dominante végétale 2 (avec bœuf)</b>						
Entrée : salade de betteraves rouges aux pommes						
betteraves rouges	75	78	1	0	122	9,1
pommes	100	50	1	0	122	12,2
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	300	2,1
Plat principal : tagliatelles sauce bolognaise						
pâtes	80	240	9,6	1	383	30,7
oignons	100	43	1	0	32	3,2
bœuf à bouillir	50	127	14	7,5	7 300	365,0
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	300	2,1
Dessert : compote de pommes aux châtaignes						
pommes	200	108	2	0	122	24,4
farine de châtaignes	15	32	1	0	32	0,5
sucres (1/2 c.s.)	7	28	0	0	200	1,4
<b>Total</b>		<b>832</b>	<b>29,6</b>	<b>22,5</b>		<b>450</b>



Types de repas	Quantité (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Facteur d'émission g eqC/kg	Poids carbone geqC
<b>Repas classique 1 (avec poulet)</b>						
Entrée : légumes à la grecque						
légumes de saison	200	60	3	0	32	6,4
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	7	300	2,1
Plat principal : poulet au riz						
poulet	150	225	30	10,5	770	115,5
riz	60	214	5	1	120	7,2
beurre	10	76	1	8,4	2 700	27,0
Plateau de fromages						
fromage à pâte molle	25	68	5	5	2 000	50,0
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	3 800	95,0
Pain	50	125	4	0,6		0,0
<b>Total</b>		<b>931</b>	<b>55</b>	<b>40</b>		<b>300</b>

Types de repas	Quantité (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Facteur d'émission g eqC/kg	Poids carbone geqC
<b>Repas classique 2 (avec bœuf)</b>						
Entrée : tzatziki						
yaourt	125	75	5	4,4	660	82,5
concombre	75		1		248	18,6
huile d'olive (1/2 c.s.)	7	63	0	9	300	2,1
Plat principal : bifteck - frites						
bifteck	150	222	37,5	6	7 300	1095,0
frites	200	228	4,6	7,3	32	6,4
Dessert : tarte aux poires						
poires						0,0
farine	40	136	4,8	0,8	125	5,0
poires	100	60	0,4	0	122	12,2
huile (1 c.s.)	15	135	0	15	300	4,5
<b>Total</b>		<b>919</b>	<b>53,3</b>	<b>42,5</b>		<b>1230</b>

Types de repas	Quantité (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Facteur d'émission g eqC/kg	Poids carbone geqC
<b>Repas à dominante animale 1 (avec poulet)</b>						
Entrée : melon au jambon fumé						
melon	150	50	1	0	32	4,8
jambon fumé	40	112	11	7,5	1 410	56,4
Plat principal : poulet au riz						
poulet	150	225	30	10,5	770	115,5
riz	60	214	4,8	1,3	120	7,2
beurre	10	76	0	8,4	2 700	27,0
Plateau de fromages						
fromage à pâte molle	25	68	5	5	2 000	50,0
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	3 800	95,0
Pain	50	123	4	0,6	125	6,2
<b>Total</b>		<b>968</b>	<b>61,4</b>	<b>40,8</b>		<b>360</b>

Types de repas	Quantité (g)	Kcal	Protéines (g)	Lipides (g)	Facteur d'émission g eqC/kg	Poids carbone geqC
<b>Repas à dominante animale 2 (avec bœuf)</b>						
Entrée cornets de jambon aux légumes						
jambon cuit	40	42	7	2	1 410	56,4
légumes de saison	100	30	1,5	0	32	3,2
mayonnaise	20	76	0	8	528	10,6
Plat principal : bifteck - frites						
bifteck	180	266	45	7	7 300	1314,0
frites	150	171	3,5	5,5	32	4,8
Plateau de fromages						
Fromage à pâte molle	25	68	5	5	2 000	50,0
fromage à pâte dure	25	100	7	7,5	3 800	95,0
Pain	50	123	4	0,6	125	6,2
<b>Total</b>		<b>876</b>	<b>73</b>	<b>35,6</b>		<b>1540</b>

## ANNEXE 1 : REPARTITION DES TERRES AGRICOLES EN FRANCE

Pour l'année de référence 1996 nous avons la décomposition suivante (sources diverses).

<b>SURFACE AGRICOLE UTILISEE</b>		<b>29,9</b>
<b>Terres arables</b>		<b>18,1</b>
dont céréales (sauf maïs fourrage)	8,3	
oléagineux	1,9	
protéagineux	0,6	
betteraves, pommes de terre, divers	0,8	
cultures légumières	0,3	
plantes fourragères annuelles (dt maïs fourrage 1,5)	1,7	
prairies artificielles et temporaires	2,8	
jachères	1,7	
<b>Surface toujours en herbe</b>		<b>10,5</b>
dont prairies permanentes productives	8,4	
alpages et estives	0,7	
surfaces en herbe peu productives	1,4	
<b>Autres cultures permanentes</b>		<b>1,3</b>
dont vergers	0,3	
vignes	0,9	
cultures diverses	0,1	

**Tableau 63 : Répartition des surfaces agricoles nationales cultivées**

## ANNEXE 2 : CONTENU EN CARBONE DES VOLAILLES

### 2.1. Dindes industrielles

Le poids d'aliment pour un kg de poids vif est ici de 2,2 kg environ. La contribution des déchets par kg de poids est supposée être celle des poulets de batterie. Le ratio poids utile/poids vif est supposé être de 66%.

DINDES	Kg équivalent carbone par kg de poids vif
aliments	0,22
déjections	0,22
Supplément pour chauffage etc	0,09
total	0,53
<b>Kg équ. C par kg de viande avec os</b>	<b>0,80</b>

**Tableau 64 : Facteur d'émission de la dinde industrielle**

Ce calcul aboutit à la valeur de **800 kg de C par tonne de dinde avec os**.

### 2.2. Canards & pintades de batterie

Le poids d'aliment pour un kg de poids vif est ici de 2,8 kg environ. La "méthanogenèse" des déchets est par ailleurs 2,5 fois plus forte<sup>53</sup>.

Le ratio poids utile/poids vif est supposé être de 66%.

CANARDS ET PINTADES	Kg équivalent carbone par kg de poids vif
aliments	0,28
déjections	0,27
Supplément pour chauffage etc	0,11
total	0,65
<b>Kg équ. C par kg de viande avec os</b>	<b>0,99</b>

**Tableau 65 : Facteur d'émission du canard et de la pintade de batterie**

Nous obtenons donc la valeur de **990 kg équivalent carbone par tonne de canard avec os**.

### 2.3. Volailles fermières

Pour les poulets et pintades fermiers, le poids d'aliment pour un kg de poids vif est respectivement de 3,1 et 3,7 kg environ. Comme l'abattage intervient 2 fois plus tard, la

<sup>53</sup> Académie d'Agriculture / 1999 / Bilan et gestion des Gaz à effet de serre dans l'espace rural / Compte rendu / vol. 85.

contribution des déchets est doublée. Par contre nous avons supposé l'absence de bâtiment chauffé.

Le ratio poids utile/poids vif est supposé être de 66%.

<b>POULETS FERMIERS</b>	<b>Kg équivalent carbone par kg de poids vif</b>
aliments	0,30
déjections	0,49
Supplément pour chauffage etc	0,08
total	0,88
<b>Kg équ. C par kg de viande avec os</b>	<b>1,33</b>

**Tableau 66 : Facteur d'émission des poulets fermiers**

Cela aboutit à la valeur de **1330 kg équivalent carbone par tonne de poulet fermier avec os.**

<b>PINTADES FERMIERES</b>	<b>Kg équivalent carbone par kg de poids vif</b>
aliments	0,36
déjections	0,61
Supplément pour chauffage etc	0,1
total	1,08
<b>Kg équ. C par kg de viande avec os</b>	<b>1,63</b>

**Tableau 67 : Facteur d'émission des pintades fermières**

Cela aboutit à la valeur de **1630 kg équivalent carbone par tonne de pintade fermière avec os.**

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Emissions de fabrication des engrais en kgeqC par kg d'élément nutritif. - PRG IPCC 2007 .....	7
Tableau 2 :	Emissions de gaz à effet de serre par kg d'azote dans l'engrais.....	8
Tableau 3 :	Facteurs d'émission de la production d'engrais par kg d'azote dans l'engrais. ....	8
Tableau 4 :	Facteurs d'émission de différents herbicides .....	9
Tableau 5 :	Facteurs d'émission de l'herbicide moyen - PRG IPCC 2007 .....	9
Tableau 6 :	Facteurs d'émission de différents fongicides.....	10
Tableau 7 :	Facteurs d'émission du fongicide moyen –PRG IPCC 2007.....	10
Tableau 8 :	Facteurs d'émission de l'insecticides moyen – PRG IPCC 2007 .....	10
Tableau 9 :	Facteur d'émission d'un molluscide .....	11
Tableau 10 :	Facteurs d'émission de différents régulateurs de croissance – PRG IPCC 2007 .....	11
Tableau 11 :	Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour le blé. (ADEME- ECOBILAN, 2003) .....	13
Tableau 12 :	Poids et nature des intrants utilisés pour la culture du blé. (ADEME- ECOBILAN, 2003) .....	13
Tableau 13 :	Contribution de la fabrication des outils nécessaires à la culture du blé .....	14
Tableau 14 :	Emissions par gaz à l'hectare de blé cultivé .....	14
Tableau 15 :	Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour le maïs fourrage. Source ECOBILAN-Ademe .....	14
Tableau 16 :	Poids et nature des intrants utilisés pour la culture du maïs fourrage.....	15
Tableau 17 :	Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de maïs fourrage. ....	15
Tableau 18 :	Emissions par gaz à l'hectare de maïs fourrage cultivé.....	15
Tableau 19 :	Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour le Colza. ....	16
Tableau 20 :	Poids et nature des intrants utilisés pour la culture de Colza.....	16
Tableau 21 :	Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de colza... ..	16
Tableau 22 :	Emissions par gaz à l'hectare de colza cultivé.....	16
Tableau 23 :	Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour le tournesol. .	17
Tableau 24 :	Poids et nature des intrants utilisés pour la culture de tournesol. ....	17
Tableau 25 :	Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de tournesol.	18

Tableau 26 :	Emissions par gaz à l'hectare de tournesol cultivé .....	18
Tableau 27 :	Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour les pommes de terre. ....	18
Tableau 28 :	Poids et nature des intrants utilisés pour la culture de pommes de terre. ....	19
Tableau 29 :	Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de pommes de terre. ....	19
Tableau 30 :	Emissions par gaz à l'hectare de pommes de terre cultivé .....	19
Tableau 31 :	Facteurs d'émissions complémentaires pour le bétail. Source Planète - GES19	
Tableau 32 :	Valeurs moyennes des unités d'azote à l'hectare cultivé en fonction du type de culture. Source Agreste, enquêtes pratiques culturales 2006 .....	20
Tableau 33 :	Valeurs moyennes des consommations de carburant à l'hectare cultivé en fonction du type de culture. Source Solagro .....	21
Tableau 34 :	Emissions à l'hectare liées à la consommation de carburant. ....	21
Tableau 35 :	Consommation d'énergie pour l'amortissement des machines agricoles à l'hectare cultivé. ....	22
Tableau 36 :	Consommation d'énergie pour l'amortissement des machines agricoles à l'hectare cultivé. ....	22
Tableau 37 :	Emissions à l'hectare liées à la consommation de carburant. Source : CTIFL & ASTREDHOR pour l'ADEME, 2007 .....	23
Tableau 38 :	Consommation d'énergie à l'hectare pour 3 types de légumes. Source : Observatoire Bruxellois de la Consommation Durable (2006) et DEFRA (2005) « the validity of food miles as an indicator of sustainable development » .....	24
Tableau 39 :	kg équivalent carbone par tonne cultivée pour 3 légumes .....	24
Tableau 40 :	kg équivalent carbone par tonne acheminée pour l'export .....	25
Tableau 41 :	Facteur d'émission de la farine de blé .....	27
Tableau 42 :	Données sur la consommation de carburant à l'hectare pour la betterave sucrière. ....	28
Tableau 43 :	Poids et nature des intrants utilisés pour la culture de betteraves sucrières. ....	28
Tableau 44 :	Contribution de la fabrication des outils utilisés pour la culture de betteraves sucrières. ....	28
Tableau 45 :	Emissions à l'hectare de betteraves .....	28
Tableau 46 :	kg de gaz émis par animal et par an et litres de fioul le cas échéant - Source Solagro, 2009 .....	30
Tableau 47 :	Emissions des animaux d'élevage, en kg équ C par animal et par an. Réf (1) = données Solagro ; Réf (2) = données Académie d'Agriculture, 1999 .....	31
Tableau 48 :	Emissions liées à l'alimentation par tête et par an .....	32
Tableau 49 :	Facteurs d'émission des vaches allaitantes .....	33

Tableau 50 :	Facteur d'émission du veau de lait.....	34
Tableau 51 :	Facteur d'émission du lait entier.....	35
Tableau 52 :	Facteur d'émission du lait entier pour une autre étude .....	35
Tableau 53 :	Facteur d'émission du bœuf (races à viande) .....	36
Tableau 54 :	Facteurs d'émission moyens du bœuf.....	37
Tableau 55 :	Facteur d'émission du fromage à pâte dure .....	37
Tableau 56 :	Facteur d'émission du porc de batterie .....	39
Tableau 57 :	Facteur d'émission des poulets de batterie .....	39
Tableau 58 :	Facteur d'émission d'un oeuf.....	40
Tableau 59 :	Affectation de la brebis entre agneaux et viande de réforme.....	41
Tableau 60 :	Facteur d'émission de l'agneau de lait (ou agneau de boucherie) .....	41
Tableau 61 :	Facteur d'émission des crevettes pêchées.....	44
Tableau 62 :	Aliments consommés par les adultes au déjeuner, en grammes par personne et par jour .....	45
Tableau 63 :	Répartition des surfaces agricoles nationales cultivées .....	51
Tableau 64 :	Facteur d'émission de la dinde industrielle .....	52
Tableau 65 :	Facteur d'émission du canard et de la pintade de batterie .....	52
Tableau 66 :	Facteur d'émission des poulets fermiers.....	53
Tableau 67 :	Facteur d'émission des pintades fermières .....	53