



HAL
open science

Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global. Méthode et résultats sur 140 fermes françaises

Bernadette Risoud

► **To cite this version:**

Bernadette Risoud. Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global. Méthode et résultats sur 140 fermes françaises. [Rapport Technique] Etude pour l'ADEME 9975030, 2002. hal-02831650

HAL Id: hal-02831650

<https://hal.inrae.fr/hal-02831650>

Submitted on 7 Jun 2020

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

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



Dép. Économie et Sociologie
BP 87999 – 21079 Dijon cedex
Responsable des travaux :
Bernadette RISOU
03 80 77 28 01

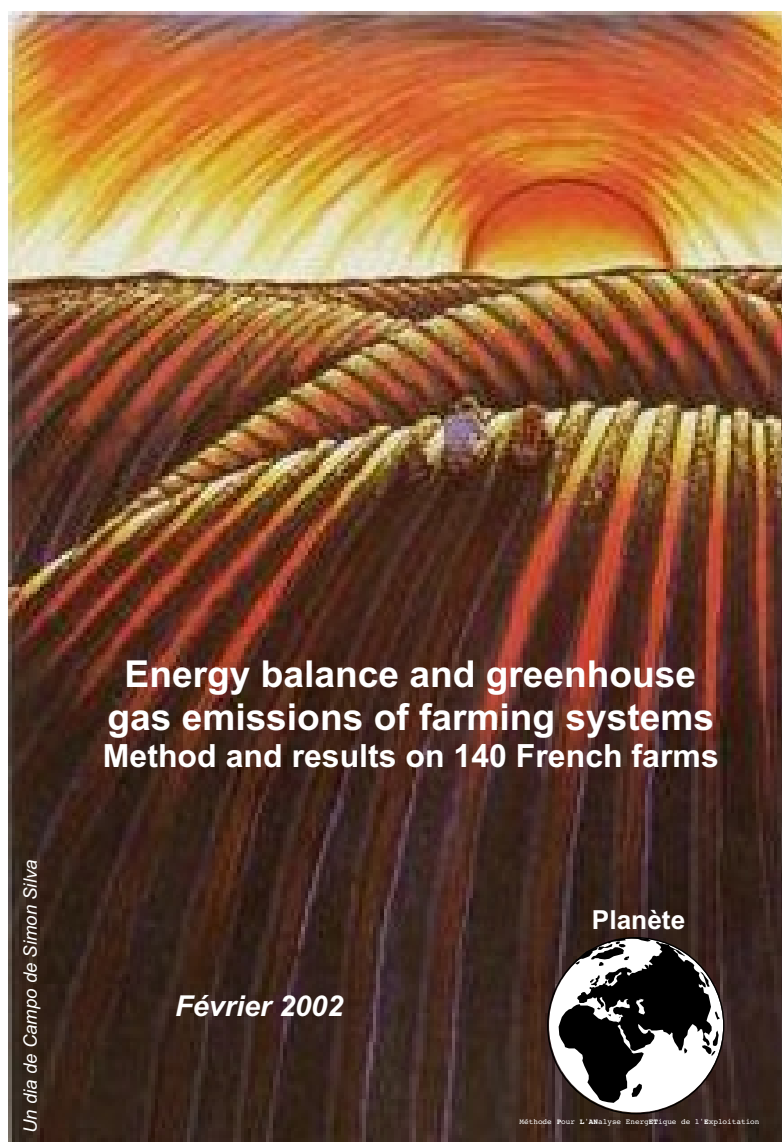
A D E M E



N° : 9975030
du 8 décembre 1999
Contrat de 2 ans
Responsable ADEME :
Olivier THEOBALD

Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global

Méthode et résultats sur 140 fermes françaises



Mandant	ADEME, Olivier THÉOBALD, département DAGAL, n°9975030
Chef de projet	Bernadette RISOUD, ENESAD, UMR-INRA ESR
Groupe noyau	Jean-Luc BOCHU, SOLAGRO Audrey GRÉGOIRE, CEDAPAS Philippe ROYET, CEIPAL Marie-Christine SAVARY - Leborgne, CETA Thiérache Pierre WAVRESKY, UMR-INRA ESR Dijon
Groupe d'accompagnement	Bernard CHOPINET, ENESAD Luc DEMAREST, CEIPAL Hermann DODIER, CEIPAL Tom DUSSELDORF, FHL, Luxembourg Anne FARRUGGIA, Institut de l'Élevage Jean-Marc FERRIÈRE, CEIPAL Marita HOFFMAN, FHL, Luxembourg Stéphane LASSEUR, CEDAPAS Rocco LIOY, FHL, Luxembourg Renaud MAUCHOFFE, SOLAGRO Arthur MEYERS, FHL, Luxembourg Philippe POINTEREAU, SOLAGRO Nadine SCHMITT, FHL, Luxembourg Bertrand VINCENT, SOLAGRO
Comité de pilotage	Jean-François BASCHET, Min. Agri. DAFE Anne FARRUGGIA, Institut de l'Élevage Ghislain GOSSE, INRA Alain MOUCHART, ACTA Olivier THÉOBALD, ADEME
Mise en page	Sandrine GUILLAUME, ENESAD
Date	Février 2002
Confidentialité	Non

Les partenaires du groupe Planète, porteurs de l'étude, s'intéressent à l'analyse énergétique dans l'optique d'un développement autonome et durable de l'agriculture. Les organisations sont impliquées à des niveaux d'action variés, qui font la richesse du groupe : les associations (CEIPAL, CEDAPAS, CETA Thiérache) travaillent pour le développement agricole et l'animation, ainsi que SOLAGRO qui réalise en outre des études opérationnelles. L'ENESAD est impliqué au niveau formation et recherche. Un statisticien de l'Unité Mixte ENESAD-INRA est associé aux travaux.

La Fédération des Herd-books Luxembourgeois (FHL), le CEIPAL et l'Institut de l'Élevage ont contribué par ailleurs à la mise en place du groupe Planète et à l'obtention de références énergétiques de l'agriculture.

Le groupe Planète tient à remercier toutes ces personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude, ainsi que Catherine Hénault, INRA-CMSE Dijon ; Bernard Le Lan, EDE 56 ; Sébastien Vétill, GAB 29 ; et en particulier tous les agriculteurs enquêtés, qui ont bien voulu consacrer de leur temps pour se prêter au jeu de l'analyse énergétique, afin de réfléchir sur leur système de production.

Table des matières

Table des figures et des tableaux

Résumé	1
Listes des symboles et des abréviations	3
<hr/>	
1. Problématique	5
<hr/>	
2. Objectifs	5
<hr/>	
3. Description de la méthode	7
3.1. Concept de base : bref descriptif de la méthode	7
3.2. Cadre de l'analyse	7
3.2.1. Le système considéré et ses limites	7
3.2.2. Fonctions et unités de références	8
3.2.3. Données utilisées, intrants et sortants	8
3.2.4. Limites et avantages de la méthode	9
3.3. Échantillonnage des exploitations agricoles	11
3.4. Automatisation des calculs	13
3.5. Présentation des résultats	13
<hr/>	
4. Analyse des résultats	15
4.1. Analyse globale de l'ensemble de l'échantillon	15
4.1.1. Présentation des exploitations	15
4.1.2. Consommation d'énergie des exploitations	17
4.1.3. Production d'énergie des exploitations	25
4.1.4. Efficacité énergétique des exploitations	27
4.1.5. Bilan énergétique des fermes	31
4.1.6. Les émissions de gaz à effet de serre	31
4.1.7. Analyses croisées sur l'échantillon global	35
4.2. Analyse de la production de lait de vache	39
4.2.1. Description de l'échantillon d'exploitations laitières	39
4.2.2. Résultats énergétiques des exploitations laitières	43
4.2.3. Analyses croisées sur les exploitations laitières	55
4.2.4. Conclusion	57
4.3. Analyse des cultures de vente	59
4.3.1. Choix des exploitations d'étude	59
4.3.2. Consommation d'énergie des productions végétales	59
4.3.3. Production d'énergie des productions végétales	61
4.3.4. Bilan énergétique des productions végétales	63
4.3.5. Efficacité énergétique des productions végétales	63
4.3.6. Pouvoir de Réchauffement Global des 39 exploitations vendant des cultures	65
4.3.7. Analyse approfondie des exploitations spécialisées en COP	67
4.3.8. Conclusion	73

4.4.	Analyse des autres exploitations	75
4.4.1.	Description des fermes orientées vers diverses productions	75
4.4.2.	Résultats énergétiques par productions	75
4.5.	Évolution de 10 exploitations laitières sur deux années. Analyse énergétique et bilan des minéraux	85
4.5.1.	Description de l'échantillon	85
4.5.2.	Présentation des résultats	85
4.5.3.	Conclusion	91

5.	Synthèse	92
5.1.	Simplification de la méthode d'analyse énergétique	92
5.2.	Discussion des résultats	93
5.3.	Quel développement agricole ?	96

Bibliographie	97
----------------------	-----------

Table des annexes	101
--------------------------	------------

Annexe 1	Référentiel pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole	} Document à part	
Annexe 2	Références et discussion sur les émissions de gaz à effet de serre		
Annexe 3	Tableur pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et ses émissions de GES – Un exemple		102
Annexe 4	Analyse énergétique de l'agriculture, une préoccupation de l'Europe du Nord ?		116
Annexe 5	Analyses individuelles		117

Table des figures

Figure 1	Définition du système étudié	6
Figure 2	Nombre d'exploitations de l'échantillon utilisant les différents intrants, ayant certains types de terre et de productions	16
Figure 3	Consommation énergétique par poste, moyenne de l'échantillon sauf hors sol	18
Figure 4	Fioul EQF/ha	20
Figure 5	Électricité QF/ha	20
Figure 6	Achats aliments EQF/ha	20
Figure 7	Fertilisation minérale EQF/ha	22
Figure 8	Matériel EQF/ha	22
Figure 9	Bâtiments EQF/ha	22
Figure 10	Moyennes des consommations énergétiques par poste, selon le mode production biologique ou conventionnel	24
Figure 11	Répartition par postes des consommations énergétique par hectare, selon le mode de production et l'orientation des systèmes	24
Figure 12	Répartition moyenne des consommations d'énergie selon l'orientation des exploitations	26
Figure 13	Sorties énergétiques par hectare (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)	26
Figure 14	Efficacité énergétique globale (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)	28
Figure 15	Efficacité énergétique en fonction des consommations par hectare situation des exploitations selon leurs modes de production biologique ou conventionnel	30
Figure 16	Bilan énergétique par hectare de SAU (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)	32
Figure 17	Émissions de gaz carbonique par hectare de SAU (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)	32
Figure 18	Émissions de méthane par hectare de SAU (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)	32
Figure 19	Émissions de protoxyde d'azote par hectare de SAU (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)	34
Figure 20	Pouvoir de Réchauffement Global à 100 ans, par hectare de SAU (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)	34
Figure 21	Relation entre somme des consommations énergétiques liées au fioul, à l'électricité, aux achats d'aliments et aux engrais, et la consommation énergétique totale des exploitations de l'échantillon	36
Figure 22	Surface Agricole Utile des exploitations laitières et leurs types	40
Figure 23	Répartition des exploitations laitières en classe de Surface Agricole Utile selon leur type	40
Figure 24	Production laitière annuelle (en litres) des exploitations laitières, selon leur type	42
Figure 25	Répartition des exploitations laitières en classe de chargement, selon leur type	42
Figure 26	Répartition des exploitations laitières en classe de production laitière par hectare de SFP, selon leur type	42
Figure 27	Consommations énergétiques des ateliers animaux par hectare de surface consacrée aux animaux, selon les types d'exploitation	44
Figure 28	Consommations énergétiques des ateliers animaux par litre de lait produit, selon les types d'exploitation	44
Figure 29	Consommations énergétiques des ateliers animaux par UGB présents, selon les types d'exploitation	46
Figure 30	Répartition des consommations énergétiques par postes selon les types d'exploitations	46
Figure 31	Bilan énergétique des productions animales, par hectare de surface consacrée aux animaux, selon les types d'exploitations	48
Figure 32	Efficacité énergétique des productions animales, selon les types d'exploitations	50
Figure 33	Pouvoir de réchauffement Global, à 100 ans, par hectare de SAU, selon les types d'exploitations laitières	52
Figure 34	Pouvoir de Réchauffement Global, à 100 ans, par hectare de SAU, fonction des consommations énergétiques/ha pour les PA, selon les types d'exploitations laitières	52
Figure 35	Consommations énergétiques/ha pour les PA et chargement UGB/ha, selon les types d'exploitations laitières	54
Figure 36	Pouvoir de Réchauffement Global par hectare et chargement UGB/ha, selon les types d'exploitations laitières	56
Figure 37	Consommation énergétique par hectare de culture de vente (en noir : exploitation suivant mode de production de l'agriculture biologique)	58
Figure 38	Moyenne des consommations énergétiques par postes, selon le mode de production biologique ou conventionnel	60
Figure 39	Sorties énergétiques par hectare de culture de vente (en noir : mode de production de l'agriculture biologique)	60
Figure 40	Bilans énergétiques par hectare de culture de vente (en noir : mode de production de l'agriculture biologique)	62
Figure 41	Efficacités énergétiques des productions végétales de vente (en noir : mode de production de l'agriculture biologique)	62
Figure 42	Pouvoir de Réchauffement Global par exploitation agricole, et son origine	64
Figure 43	Pouvoir de Réchauffement Global par hectare de SAU (en noir : mode de production de l'agriculture biologique)	66
Figure 44	Proportion des consommations énergétiques par poste des fermes spécialisées en grandes cultures	66
Figure 45	Répartition des consommations énergétiques par hectare cultivé, pour les fermes spécialisées en grandes cultures	70
Figure 46	Sorties énergétiques et consommations énergétiques en grandes cultures	70

Figure 47	Pouvoir de Réchauffement planétaire Global et quantité de COP vendue, pour les exploitations spécialisées en grandes cultures	72
Figure 48	Consommations énergétiques pour la production de cerise	76
Figure 49	Consommations énergétiques par poste pour les trois fermes viticoles	78
Figure 50	Chargement en UGB/ha et efficacités énergétiques des productions bovins-viande	80
Figure 51	Consommation énergétique pour produire 100 kg de viande bovine	80
Figure 52	Répartition des consommations énergétiques par hectare des productions de bovin-viande	82
Figure 53	Répartition des consommations énergétiques/ha des productions de porcs en hors sol	82
Figure 54	Relations entre consommations énergétiques en entrée/ha et bilan azote/ha	88
Figure 55	Évolution des bilans énergétiques individuels sur les 2 années	88
Figure 56	Évolution des bilans azote individuels sur les 4 dernières années	88
Figure 57	Relation entre chargement (UGB/ha de SFP) et résultats énergétiques	90
Figure 58	Relation entre litrage moyen annuel par vache et résultats énergétiques	90

Table des tableaux

Tableau 1	Coefficients de pondération pour le PRG à cent ans	9
Tableau 2	Mode d'affectation des énergies consommées entre les ateliers de l'exploitation	10
Tableau 3	Hypothèses sur les variables explicatives des résultats énergétiques	11
Tableau 4	Répartition géographique des exploitations laitières de l'échantillon d'étude	12
Tableau 5	Répartition régionale des fermes de l'échantillon	15
Tableau 6	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur surface	15
Tableau 7	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en fioul	19
Tableau 8	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en électricité	21
Tableau 9	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en aliments du bétail	21
Tableau 10	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en engrais minéraux	23
Tableau 11	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en matériel (amortissement)	23
Tableau 12	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en bâtiments (amortissement)	23
Tableau 13	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur efficacité énergétique	27
Tableau 14	Répartition des fermes de l'échantillon selon l'efficacité énergétique de leur productions animales	29
Tableau 15	Répartition des fermes de l'échantillon selon l'efficacité énergétique de leur productions végétales	29
Tableau 16	Répartition des fermes de l'échantillon selon leurs émissions de gaz carbonique par hectare	33
Tableau 17	Répartition des fermes de l'échantillon selon leurs émissions de méthane par hectare	33
Tableau 18	Répartition des fermes de l'échantillon selon leurs émissions de protoxyde d'azote par hectare	33
Tableau 19	Répartition des fermes de l'échantillon selon leur Pouvoir de Réchauffement Global par hectare	35
Tableau 20	Critères de répartition pour déterminer les orientations des exploitations laitières et nombre de fermes concernées	41
Tableau 21	Moyenne des consommations énergétiques par UGB selon les types d'exploitations laitières	47
Tableau 22	Valeurs moyennes et maximales des postes de consommation énergétique selon les types d'exploitations laitières	49
Tableau 23	Valeur moyenne, minimale et maximale des bilans énergétiques selon les types d'exploitations laitières	51
Tableau 24	Valeur moyenne, minimale et maximale des efficacités énergétiques selon les types d'exploitations laitières	51
Tableau 25	Moyenne des consommations par poste pour les productions végétales de vente, à l'échelle de la ferme et par hectare de culture de vente	61
Tableau 26	Moyenne et écart des émissions de GES par type de gaz, pour les fermes ayant des productions végétales de vente	65
Tableau 27	Conditions naturelles, activités, résultats énergétiques et émissions de GES des 7 exploitations en grandes cultures	68
Tableau 28	Consommations énergétiques par hectare cultivé des fermes spécialisées dans les COP de vente	69
Tableau 29	Synthèse des résultats énergétiques et d'émissions de GES pour les productions étudiées	74
Tableau 30	Résultats énergétiques et PRG de deux itinéraires de production de cerises	77
Tableau 31	Résultats énergétiques et PRG des exploitations viticoles	79
Tableau 32	Émissions de GES et PRG des exploitations produisant de la viande bovine	83
Tableau 33	Émissions de GES et PRG des exploitations produisant de la viande de porc en hors sol	84
Tableau 34	Résultats énergétiques et PRG des exploitations produisant de la viande de mouton	84
Tableau 35	Situation de l'échantillon par rapport au département et à la nation	85
Tableau 36	Résultats énergétiques et pouvoir de réchauffement global moyens des 10 exploitations, et leur évolution entre les années 1999/2000 et 2000/2001	86
Tableau 37	Bilan énergétique moyen et bilan des minéraux moyen des 10 exploitations, année 1999/2000	87

Résumé

L'analyse énergétique de l'exploitation agricole et l'évaluation de ses émissions de gaz à effet de serre sont mises en œuvre auprès de 140 fermes de différentes régions françaises, afin de constituer des références sur cette question jusqu'alors peu explorée à cette échelle. Au préalable, une actualisation des référentiels énergétiques a été réalisée, puis les méthodes d'analyses ont été automatisées sur support informatique. À partir des enquêtes de terrain, on a pu situer les consommations directes et indirectes d'énergies non renouvelables des exploitations agricoles en relation avec leur production énergétique, définir leur efficacité et bilan énergétiques et caractériser leur pouvoir de réchauffement global. L'analyse a été conduite sur quatre groupes : l'ensemble de l'échantillon, les exploitations laitières, les fermes en productions végétales, notamment les grandes cultures, et les autres exploitations. Quand c'était possible, l'agriculture biologique a été différenciée du mode de production conventionnel. Malgré les limites inhérentes à la méthode et celles liées à la non-représentativité de l'échantillon d'étude, des tendances ont pu être dégagées. Ainsi, les consommations énergétiques par hectare se révèlent généralement plus faibles chez l'ensemble des agriculteurs biologiques que chez les conventionnels. Cependant, c'est seulement pour la production laitière spécialisée que les efficacités énergétiques sont supérieures chez les bios, grâce notamment à des systèmes plus autonomes en aliments du bétail. Pour les autres productions, les efficacités énergétiques s'intègrent à la gamme des conventionnelles car la production énergétique est aussi plus faible en agriculture biologique. Pour les exploitations laitières étudiées, l'efficacité des productions animales n'est corrélée significativement à aucun des critères d'intensivité examinés : ainsi, les stratégies d'amélioration des efficacités énergétiques ne passent pas nécessairement par une intensification, ni par une extensification. Toutefois, pour les producteurs de lait d'une même région (Thiérache), des niveaux élevés de production par vache conduiraient à des résultats énergétiques moins bons, tandis que l'augmentation du chargement les améliorerait. Ce dernier point est vérifié aussi pour la population des producteurs de lait bio : on montre la rationalité de l'éleveur qui adapte le chargement aux potentialités du milieu. Pour le pouvoir de réchauffement global en revanche, les systèmes laitiers extensifs sont moins performants. Il a été aussi montré que les productions végétales sont de 5 à 7 fois plus efficaces que les productions animales, et qu'elles génèrent beaucoup moins de gaz à effet de serre. Du point de vue environnemental, il apparaît un lien entre les consommations énergétiques/ha et le bilan azote/ha. Ainsi, la diminution des excédents d'azote va de pair avec les réductions d'intrants. Les deux approches, bilan énergétique et bilan azote, sont différentes, mais peuvent être complémentaires. Enfin, pour les systèmes laitiers, une simplification de la collecte des données pour apprécier la consommation totale d'énergie de l'exploitation est proposée : elle réduit l'approche à quatre postes d'entrée énergétique.

Mots-clés : Énergie. Effet de serre. Analyse énergétique. Exploitation agricole. Agriculture biologique. Agriculture conventionnelle. Intensivité. Lait. Production animale. Production végétale.

Listes des symboles et des abréviations

Symboles

CaO	chaux
CO ₂	gaz carbonique
CH ₄	méthane
H ₂ O	eau
K	potassium
K ₂ O	potasse
N ₂ O	protoxyde d'azote
N	azote
P	phosphore
P ₂ O ₅	acide phosphorique

Abréviations et sigles

AB	agriculture biologique
ACV	analyse de cycle de vie
arbo.	arboriculture
bio	biologique, pratiquant l'AB
BL	exploitations laitières spécialisées
BLPA	exploitations laitières avec une autre production animale
BLPV	exploitations laitières avec un atelier de production végétale
BLPVPA	exploitations laitières avec des productions végétales et une autre production animale
conso	consommation
conv.	conventionnel (par opposition à bio)
COP	céréales, oléagineux, protéagineux.
CUMA	coopérative d'utilisation du matériel agricole en commun.
EB	énergie brute
EE	efficacité énergétique
ENR	énergies non renouvelables
éq	équivalent
EQF	équivalent litre de fioul
ETA	entreprise de travaux agricoles
GC	grandes cultures
GES	gaz à effet de serre
GIECC	Groupe international d'études des changements climatiques
GJ	giga joule
ha	hectare
haPA	surface consacrée aux animaux (prairies plus cultures pour leur alimentation)
ISO	International Standard Organization
kg	kilogramme
L	litre
max	maximum
MJ	méga joule
moy	moyenne

nb	nombre
PA	production animale
PAC	politique agricole commune
phytos	produits phytosanitaires (pesticides)
PN	prairie naturelle
PRG	Pouvoir de Réchauffement Global
PV	production végétale
qx	quintaux
SAU	Surface Agricole Utile
SCOP	surface en céréales, oléagineux, protéagineux
SFP	Surface Fourragère Principale
surf.	surface
tep	tonne équivalent pétrole
T	tonne
UGB	unité gros bétail
UTH	Unité de Travail Humain
viti.	viticulture
VL	vache laitière

Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global

Méthode et résultats sur 140 fermes françaises

1. Problématique

L'agriculture durable est au centre des préoccupations de la politique agricole française. La nouvelle loi d'orientation agricole, notamment par les Contrats Territoriaux d'Exploitation, a pour but de favoriser le développement d'une agriculture économiquement rentable, respectueuse de l'environnement et socialement équitable.

L'agriculture joue aussi un rôle dans le réchauffement planétaire global et sur les consommations d'énergies non renouvelables. Dans ce contexte, l'ADEME a demandé à l'ENESAD de piloter une étude du groupe de travail « Planète » centrée sur l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et l'évaluation de ses émissions de gaz à effet de serre, afin de constituer des références sur cette question jusqu'alors peu explorée à cette échelle d'analyse. Les résultats obtenus doivent permettre de mieux qualifier les différents types de systèmes de production agricole, que ce soit par rapport aux types de production comme par rapport à l'intensivité des modes de production.

Ce rapport s'adresse à toute personne intéressée par l'impact de l'agriculture sur les flux d'énergie et sur l'effet de serre.

2. Objectifs

Les objectifs de cette étude sont de plusieurs ordres :

- automatiser la méthode d'analyse énergétique et d'évaluation du pouvoir de réchauffement global de l'exploitation agricole sur support informatique Excel[®], à partir de références actualisées ;
- situer les consommations directes et indirectes d'énergies non renouvelables de diverses exploitations agricoles françaises en relation avec leur production énergétique et caractériser leur pouvoir de réchauffement global, à partir d'enquêtes de terrain ;
- évaluer dans quelle mesure la méthode d'analyse énergétique présente un intérêt environnemental (en étudiant le bilan des minéraux en parallèle sur certains cas) et quelles en sont les limites ;
- proposer des voies d'amélioration des pratiques agricoles ou des systèmes de production, dans une optique de durabilité, par la comparaison d'indicateurs.

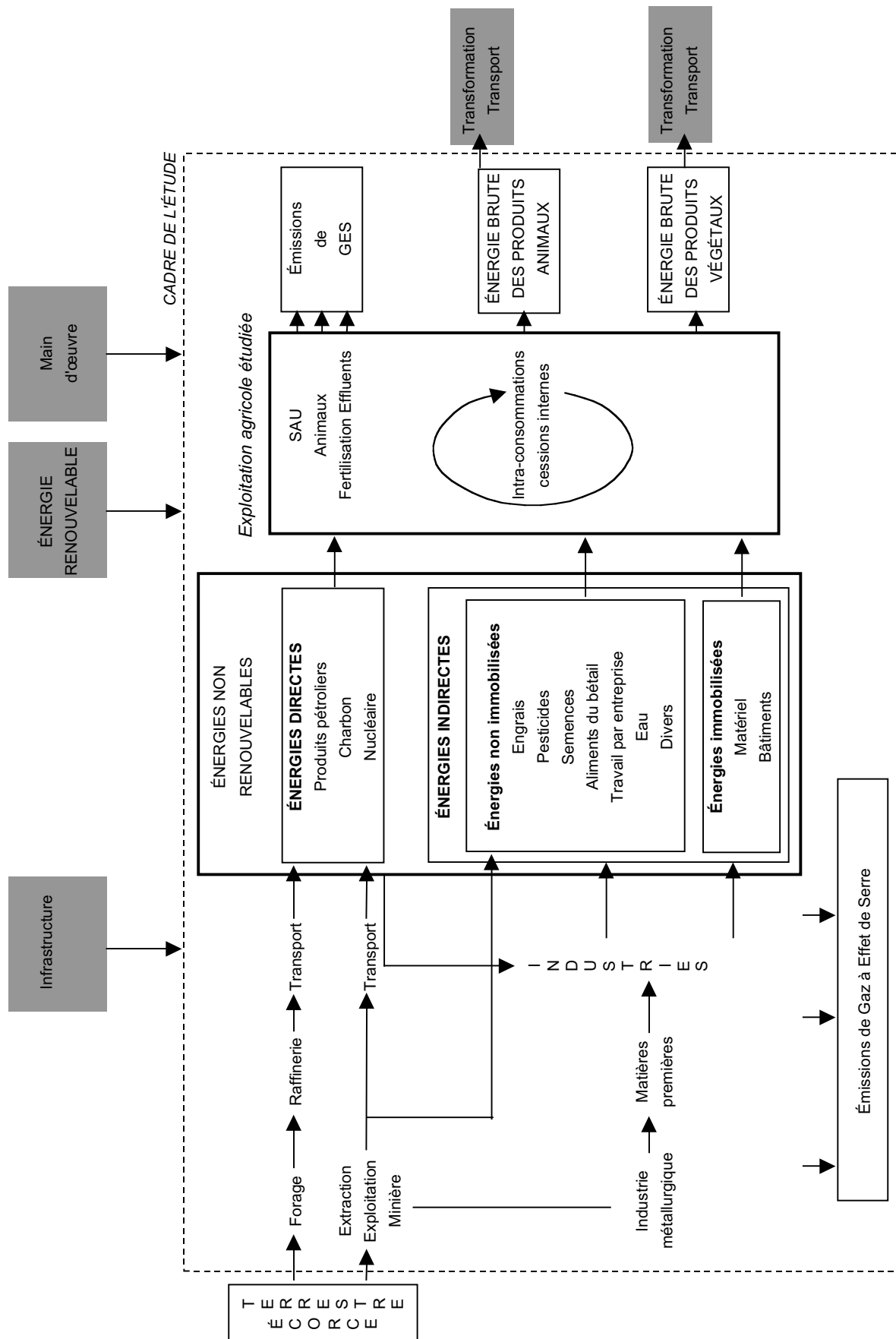


Figure 1 : Définition du système étudié

Légende : les modules grisés ne sont pas pris en compte dans l'étude

3. Description de la méthode

3.1. Concept de base : bref descriptif de la méthode

La méthode développée et appliquée dans cette étude est celle de l'analyse énergétique, encore appelée bilan énergétique, à laquelle est ajoutée l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O). Elles se fondent dans la mesure du possible sur la méthode de l'analyse de cycle de vie (ou bilan écologique) définie par la norme ISO 14040, où seuls les aspects énergétiques et liés à l'effet de serre ont été pris en compte ici.

Sont comptabilisés « du berceau à la tombe » les flux d'énergie liés aux cycles de vie des matériaux entrant dans un système défini selon des règles strictes, ainsi que ceux liés aux produits issus de ce système. De même, toutes les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont considérées.

D'autres pays (annexe 4) utilisent cette méthode.

3.2. Cadre de l'analyse

3.2.1. Le système considéré et ses limites

Le système est constitué de l'ensemble des flux d'énergie non renouvelable¹ ayant participé à l'élaboration et au transport des intrants de l'exploitation agricole, ainsi que de son matériel et de ses bâtiments², depuis l'extraction de leurs matières premières jusqu'au produit fini, et de l'ensemble des produits de l'exploitation agricole exprimés par leur énergie brute³, comme le montre la figure 1. Les produits sont considérés à la porte de l'exploitation.

Les émissions de GES liées à la mise à disposition des intrants, ainsi que celles liées au sol (rapportée à la Surface Agricole Utile) et aux animaux présents sur la ferme ainsi qu'à leurs effluents sont comptabilisées.

Le travail humain est considéré comme une énergie renouvelable et n'est pas pris en compte. On connaît toutefois les UTH présentes sur l'exploitation.

Les infrastructures telles que les chemins goudronnés et les drains ne sont pas analysés.

¹ On distingue habituellement deux types différents d'énergie :

- les énergies non renouvelables, qui sont essentiellement les énergies fossiles et nucléaires, présentes dans l'écorce terrestre. Elles sont assimilées à des stocks.
- les énergies renouvelables qui d'une part se reconstituent rapidement : bois, autres formes organiques, ou d'autre part proviennent de sources inépuisables comme le soleil, le vent, l'eau, qui sont assimilées à des flux.

² Pour les biens immobilisés, matériel et bâtiments, l'énergie nécessaire à leur mise à disposition est amortie comme en comptabilité monétaire.

³ ou énergie digestible, donnée par les tables d'alimentation des animaux INRA

3.2.2. Fonctions et unités de références

Le choix d'une grandeur de référence unique représentative de l'exploitation agricole s'avère peu pertinent. On représente la fonction première de production de denrées par la quantité d'énergie brute alimentaire produite (en GJ), qui présente cependant l'inconvénient d'occulter les distorsions entre les différents groupes alimentaires ayant des qualités nutritionnelles hétérogènes. La différenciation entre produits animaux et produits végétaux est toutefois possible. Et on rapporte cette énergie alimentaire

- à la surface (SAU) sur laquelle elle a été produite,
- à la main d'œuvre qu'elle a exigée (UTH),
- à l'énergie entrante qu'elle a requise.

Ainsi on définit :

- l'efficacité énergétique de l'exploitation agricole comme le rapport entre l'énergie alimentaire produite et les énergies non renouvelables consommées

$$\text{efficacité énergétique} = \frac{\sum \text{EB produits}}{\sum \text{ENR en entrée}}$$

- le bilan énergétique de l'exploitation agricole comme étant la différence entre l'énergie alimentaire produite et les énergies non renouvelables consommées

$$\text{bilan énergétique} = \sum \text{EB produits} - \sum \text{ENR en entrée}$$

L'analyse énergétique fournit alors une idée de la capacité de l'exploitation à utiliser les énergies renouvelables.

Par ailleurs, pour les exploitations (ou ateliers) spécialisées productrices de la même denrée, dans une perspective de comparaison, les énergies consommées en entrée sont ramenées à la quantité de produits obtenus (par exemple MJ consommés pour 100 litres de lait de vache).

3.2.3. Données utilisées, intrants et sortants

Les agents de production (intrants, bâtiment, matériel) les plus importants sont pris en considération (voir le référentiel présenté en annexe 1). Pour les aliments du bétail, un important travail de recherche ou de constitution de références a été effectué ; leur transport jusqu'à la ferme est également considéré, de façon approximative par grandes régions françaises.

Pour les produits sortants, des variations vont exister selon que l'agriculteur utilise en interne sur sa ferme certains produits ou sous-produits de son activité (qui ne seront pas alors comptabilisés) ou selon qu'il les vend ou échange à l'extérieur. De même, par convention, les sous-produits de l'activité agricole seront pris en compte seulement s'ils sortent effectivement de la ferme, pour être utilisés par d'autres (paille des céréales échangée parfois contre du fumier, entre cultivateur et éleveur).

Les coefficients utilisés pour évaluer les émissions de GES sont présentés en annexe 2. Ils se fondent sur les données normatives du GIECC. Conformément à la méthodologie développée par cette organisation, le gaz carbonique capté par les plantes cultivées (photosynthèse) n'est pas pris en compte, considérant qu'il sera rapidement réémis vers l'atmosphère (respiration des

consommateurs, décomposition) et non stocké comme le bois. D'autre part, la vapeur d'eau (H₂O), qui est un puissant gaz à effet de serre, n'est pas considérée par le GIECC. Gardons à l'esprit que l'irrigation est une pratique émettrice de vapeur d'eau, et que son impact sur l'effet de serre, même s'il n'est pas envisagé par les organismes internationaux, doit être important. Les GES considérés ici sont donc uniquement CO₂, CH₄, N₂O. Le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) est évalué à l'échéance de 100 années, en convertissant les trois gaz en équivalent tonne de CO₂ en fonction de leur effet sur le rayonnement infra-rouge, selon la pondération suivante :

en tonnes/an	facteur de pondération pour éq. CO ₂
le CO ₂ (gaz carbonique)	1
le CH ₄ (méthane)	21
le N ₂ O (protoxyde d'azote)	310

Tableau 1 : Coefficients de pondération pour le PRG à cent ans
Sources : Desjardins + Commission Interministérielle de l'Effet de serre 19/01/2000

3.2.4. Limites et avantages de la méthode

a) Limites dues aux spécificités de l'agriculture qui influent sur la qualité des résultats :

- Les données énergétiques sont rares pour les activités d'élevage et leurs intrants : nous avons dû définir nous-mêmes des références énergétiques pour les aliments du bétail (annexe 1).
- La variabilité effective des émissions de GES selon les types de sols, leur humidité, selon le climat, selon les animaux, selon l'alimentation des ruminants, peut éloigner les résultats nécessairement normatifs de la réalité.
- À l'intérieur de l'exploitation agricole, il y a combinaison des productions : certains sous-produits animaux sont utilisés pour les productions végétales (fumier, lisier) et réciproquement (paille), certains aliments du bétail sont produits sur l'exploitation. Ces intra-consommations rendent délicate la différenciation du système d'exploitation en ateliers ou modules distincts (productions animales PA, végétales PV et spéciales, par exemple).

Pour lever cette contrainte, l'enquête a été constituée afin de recueillir en plus des analyses énergétiques globales, des données pour séparer les ateliers de production (cf. annexe 3). Pour affecter les intrants à chaque atelier, les règles suivantes (voir tableau 2) ont été retenues, avec le facteur % SAU correspondant pour l'atelier PA à la part de SAU consacrée aux cultures intra-consommées / SAU totale, ou pour l'atelier PV à la part de SAU consacrée aux cultures de vente / SAU totale.

	atelier PA (y compris les PV intra-consommées)	PV vendues
fioul	par défaut, % SAU ; sinon par l'enquêteur	
électricité	par défaut, % SAU ; sinon par l'enquêteur	
NPK	par défaut, % SAU ; sinon par l'enquêteur	
aliments	100 %	
matériels	spécifique PA	sinon au % SAU
bâtiments	bâtiments d'élevage	sinon au % SAU
Produits phytosanitaires	nb de traitements /cultures	nb de traitements /cultures
Total	A	B
Produits animaux (C)	100 %	0%
Produits végétaux (D)	0 %	100 %
	efficacité én. PA = C/A	efficacité én. PV= D/B

Tableau 2 : Mode d'affectation des énergies consommées entre les ateliers de l'exploitation

Pour les émissions de GES, la séparation selon les ateliers n'a pas été faite, seules les émissions globales de l'exploitation sont données.

- une autre limite tient au fait que certaines consommations énergétiques ont lieu pour plusieurs années, comme celles liées aux amendements calcaires ou organiques, ou lorsqu'il y a augmentation des stocks ou achat d'animaux: Une valeur moyenne pour l'année est alors considérée, mais cette approximation parfois délicate n'a pas toujours été faite. De même, pour les sorties, dans certains cas, celles-ci résultent d'une décapitalisation (comme la diminution d'un troupeau) : une question de l'enquête porte sur l'évolution de l'exploitation, pour apprécier si elle est en vitesse de croisière, en augmentation ou en diminution, afin de pouvoir interpréter les résultats.

b) Une autre limite importante est inhérente à la méthode

Du fait que les énergies comptabilisées en entrée et en sortie sont de nature différentes, on aboutit au fait qu'il est intéressant, en terme énergétique, d'importer des végétaux pour en exporter plus. Ainsi, par exemple, une recherche par l'éleveur d'une autonomie alimentaire de ses animaux peut conduire à diminuer ses résultats énergétiques. En effet, selon le référentiel, les entrées de céréales achetées coûtent en énergie non renouvelable 2,4 MJ/kg, tandis qu'en sortie, l'énergie brute alimentaire des céréales tourne autour de 15 MJ/kg. On comprend alors que bilan et efficacité augmenteront quand une plus grande quantité de céréales sera vendue, quitte à en acheter pour nourrir les animaux ! Ce comportement est aujourd'hui absurde économiquement pour les céréales, mais pas pour les protéagineux (à cause des subventions). La méthode d'analyse énergétique, appliquée sans raisonner, peut donc renforcer cette absurdité. Il est nécessaire de comprendre le fonctionnement interne de l'exploitation pour interpréter les évolutions de résultats énergétiques. Pour éviter ce problème, le groupe Planète a un moment pensé comptabiliser l'énergie brute des intrants, en plus des ENR. Cette voie a été finalement écartée, afin d'appliquer la même méthode que les ACV et de ne pas compliquer les calculs, mais cette limite de la méthode ne doit pas être occultée.

c) Avantages

Ceci dit, la méthode proposée permet une évaluation relativement rapide (2 à 3 heures d'enquête + autant pour la saisie informatique des données) de la situation énergétique d'une exploitation agricole et de ses émissions de GES.

Une actualisation des résultats est possible rapidement d'année en année, permettant de l'utiliser comme outil de pilotage de l'exploitation agricole en interne, et de la comparer avec celles d'autres agriculteurs (comme en comptabilité monétaire).

L'analyse énergétique, comme la comptabilité monétaire, permet d'agréger des données disparates, pour aboutir à une vision globale de l'efficacité du processus de production : elle est de plus dégagée des biais monétaires introduits par les diverses incitations financières, subventions, taxes, pour se focaliser sur l'aspect physique du processus de production.

3.3. Échantillonnage des exploitations agricoles

Le choix des exploitations doit permettre de connaître et mesurer l'impact de pratiques agricoles différentes pour un même type de production. Cet objectif invite à faire jouer la variation de l'échantillon sur les pratiques à l'intérieur d'un même système et non sur les types de systèmes.

Des hypothèses d'explication des différences de consommations et d'efficacités énergétiques entre fermes ont été émises, afin de cadrer l'échantillon. Chaque facteur ou critère retenu peut entraîner individuellement (*i.e.* toutes choses étant égales par ailleurs) des variations de consommations et d'efficacité énergétique. Se reporter au tableau 3.

Variables explicatives	Facteurs concernés	Commentaire
Le type de production	- Type de produit	Chaque produit agricole a ses exigences propres. Une calorie de fraise ne demande pas la même énergie pour être produite qu'une calorie de betterave ou de lait.
La variabilité climatique	- Année	Les rendements agricoles varient en fonction du climat de l'année (pluviométrie, température, ensoleillement).
La localisation	- Climat - Topographie - Types de sol	L'articulation de ces trois facteurs détermine un potentiel local. Un blé poussera naturellement mieux en Beauce ou dans le Santerre que dans les Alpes.
La combinaison des productions végétales et animales	- Proportion PA-PV - Nature et importance des intra-consommations	Chaque combinaison a ses propres caractéristiques. Plus les PV sont importantes, meilleure est l'efficacité énergétique.
La structure de la ferme	- Taille (SAU) - Parcellaire - Équipement - Bâtiments - Main d'œuvre	Elle peut permettre des économies d'échelle en terme de consommation. Le parcellaire peut entraîner des consommations spécifiques selon sa dispersion. La main d'œuvre est susceptible de se substituer à des dépenses énergétiques.
Les pratiques de l'agriculteur	- Le mode de production (intensivité, productivité) - La valorisation des ressources internes - Stratégie d'investissements	Chaque agriculteur a sa manière de travailler : recherche d'un niveau de rendement, manière de travailler le sol, choix d'un système fourrager, choix d'un mode de production, mise en place de rotation... Valorisation ou gaspillage des ressources internes... Stratégie d'investissement (matériel, bâtiments...)

Tableau 3 : Hypothèses sur les variables explicatives des résultats énergétiques

L'agriculteur a peu d'emprise sur la variabilité climatique, la localisation et le parcellaire, ses stratégies seront la recherche d'adaptation à ces données, comme adapter la fertilisation des PV aux potentiels de rendement de ses terres.

Les autres facteurs sont le fruit du développement agricole, c'est-à-dire de décisions ou de choix humains. À un niveau collectif, ce sont les politiques et dispositifs agricoles. A un niveau individuel, ce sont les choix technico-économiques de l'agriculteur.

L'objectif étant d'analyser et de proposer des voies d'amélioration des pratiques agricoles ou des systèmes de production, dans une optique de durabilité, l'accent est mis sur cette dernière variable, les autres devant alors être clairement définies, afin de « maîtriser » au mieux les variations qu'elles sont susceptibles d'entraîner.

C'est pourquoi :

- 1) une production donnée, « la production de lait de vache », pour le type de production, a été particulièrement analysée,
- 2) les différentes données climatiques et de localisation ont été collectées pour chaque enquête dans les différentes régions (voir carte de localisation des fermes enquêtées),
- 3) les caractéristiques structurelles des fermes et leurs productions sont également définies.

86 fermes laitières ont été ainsi retenues, réparties de façon diverse sur le territoire afin de faire jouer les critères : géographique, pratiques de l'agriculteur.

Nord-Pas de Calais	Picardie Thiérache	Midi-Pyrénées	Bourgogne	Rhône-Alpes	Bretagne	Pays de Loire	Poitou	Limousin
13	10	11	7	30	4	9	1	1

Tableau 4 : Répartition géographique des exploitations laitières de l'échantillon d'étude

On constate la non-représentativité géographique de l'échantillon. En outre, les exploitations agricoles enquêtées appartenant dans certains cas aux réseaux des membres de Planète, il s'avère qu'il y a certainement une sur-représentation des petites exploitations. Celles-ci pouvant être déjà adhérentes d'une démarche de durabilité, par recherche d'autonomie et par stratégies économes, soulignons la NON-REPRESENTATIVITE de l'échantillon d'étude.

Pour satisfaire l'autre objectif de l'étude qui est de situer les consommations directes et indirectes d'énergies non renouvelables de diverses exploitations agricoles en relation avec leur production énergétique et de caractériser leur pouvoir de réchauffement global, cette fois-ci, l'échantillon a été complété par des fermes orientées vers diverses productions :

- grandes cultures (7), cerise (1), vignes (3), pomme (1),
- viande en hors sol : veaux (1), porcs (3),
- bovins-viande (5),
- ovins-viande (4).

et des exploitations où différentes productions co-existent, dont l'analyse est plus délicate : artichaut(1), tabac(1).

Le groupe Planète n'a pas travaillé sur la composante variation climatique, qui nécessiterait plusieurs années. Néanmoins, grâce au CETA de Thiérache qui a effectué deux analyses consécutives (pour 1999 et pour 2000) de 10 exploitations, une certaine approche de cette question est faite (partie 4.5).

Compte tenu du nombre total d'exploitations enquêtées (142) et surtout du caractère non aléatoire de l'échantillonnage, il est totalement exclu de prétendre à une représentativité statistique de l'agriculture (ou même d'une quelconque orientation de systèmes de production). Seules, des statistiques descriptives pourront être effectuées, dont les résultats ne seront pas extrapolables ni généralisables à une autre population qu'à l'échantillon analysé.

Ceci dit, les résultats obtenus permettront d'émettre des hypothèses qui à leur tour devront faire l'objet, si cela est jugé utile, d'une validation par analyse quantitative.

3.4. Automatisation des calculs

L'automatisation des calculs est réalisée sur un tableur Excel (voir annexe 3). L'outil ainsi conçu permet aisément le calcul de critères énergétiques et du PRG, à partir de l'ensemble des données recueillies, que ce soit celles décrivant l'exploitation agricole, ou celles concernant ses entrées et sorties. Les références de conversion en énergie sont transparentes, et peuvent être actualisées facilement¹. Ceci en fait un outil de pilotage de l'exploitation agricole.

3.5. Présentation des résultats

Seront analysés :

- les consommations énergétiques,
- les produits énergétiques,
- l'efficacité et le bilan énergétiques, et d'autres critères,
- les émissions de gaz à effet de serre,

pour quatre groupes d'exploitations agricoles différents :

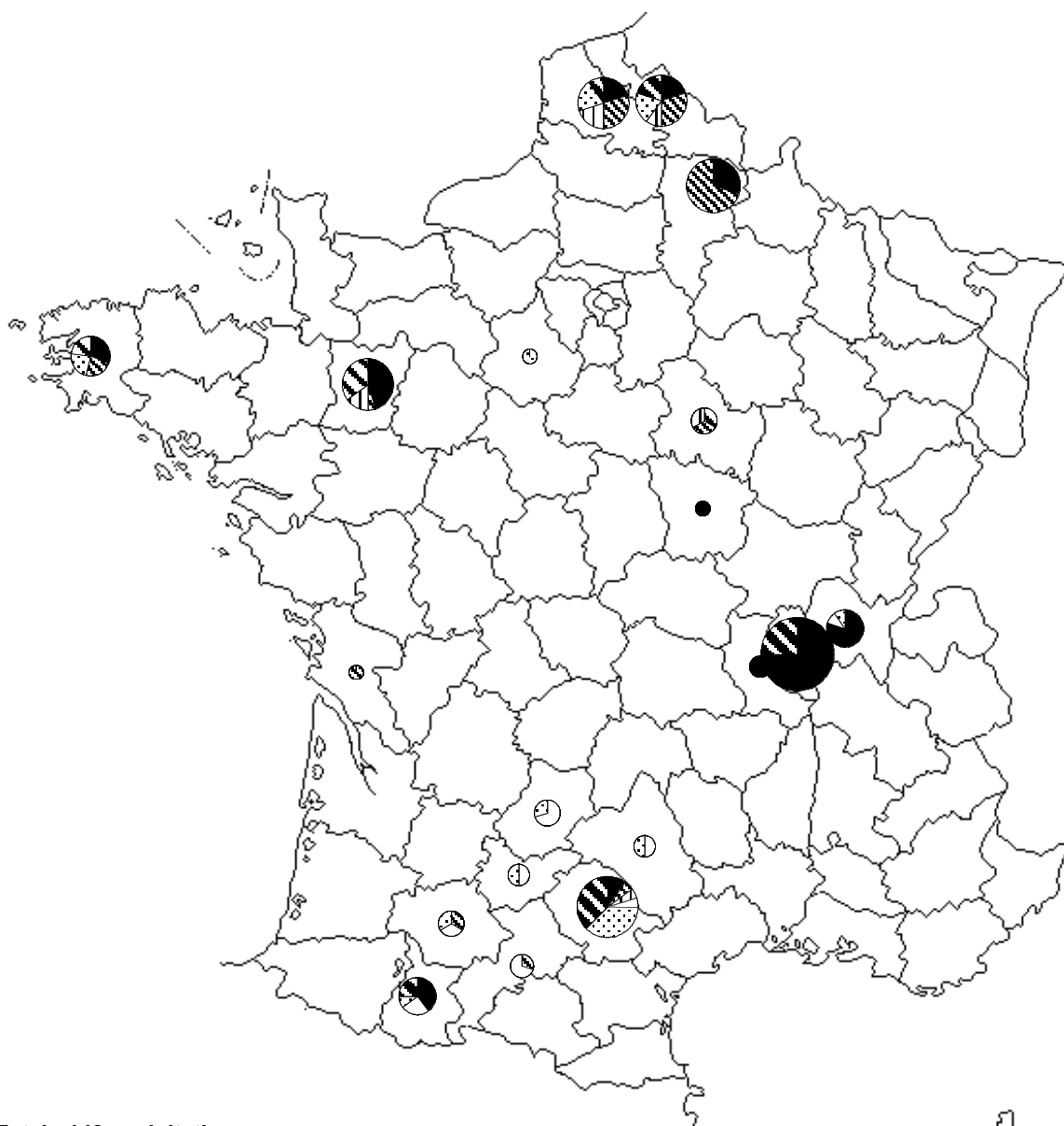
- l'ensemble de l'échantillon,
- les exploitations laitières,
- les productions végétales, notamment les grandes cultures,
- les autres exploitations.

Quand ce sera possible, le mode de production selon l'agriculture biologique (AB) sera différencié par rapport au mode de production conventionnel.

Une analyse fine sur le groupe d'éleveur laitier du CETA de Thiérache approchera la variabilité annuelle, ainsi que les relations avec le bilan des minéraux.

¹ Les personnes intéressées par ce tableur peuvent s'adresser à un des auteurs du groupe noyau.

Contacts électroniques : jean.luc.bochu@solagro.asso.fr ; b.chopinet@enesad.fr ; b.risoud@enesad.fr ; pierre.wavresky@enesad.inra.fr ; Marie Christine SAVARY : gaetan.leborgne@wanadoo.fr ; Philippe ROYET : ceipal@wanadoo.fr ; Audrey GREGOIRE : cedapas@wanadoo.fr.



Total : 142 exploitations

LÉGENDE :	
	Bovin lait
	Bovin lait + grandes cultures
	Bovin lait + cultures + divers
	Grandes cultures
	Grandes cultures + divers
	Divers

Légende

	20 exploitations
	10 exploitations
	1 exploitation



Planète (ENESAD, CEIPAL, CEDAPAS, CETA de Thiérache, SOLAGRO), décembre 2001.

Élaboration de références sur l'analyse énergétique des exploitations agricoles et leur émission de gaz à effet de serre

Carte 1 : Répartition géographique des exploitations agricoles de l'échantillon d'étude et types d'orientation

4. Analyse des résultats

4.1. Analyse globale de l'ensemble de l'échantillon

4.1.1. Présentation des exploitations

142 analyses énergétiques d'exploitations ont été réalisées en 2000 et 2001 par les membres du groupe PLANETE.

Ces fermes sont réparties sur 21 départements et sur 10 régions administratives (cf. carte 1).

Cette répartition est hétérogène. Rappelons que l'échantillon n'a pas été constitué dans le but d'être représentatif des exploitations agricoles, quel que soit le niveau géographique considéré.

Région	Nb fermes
Midi-Pyrénées	41
Rhône Alpes	39
Nord Pas de Calais	20
Pays de la Loire	13
Bourgogne	10
Picardie	10
Bretagne	6
Centre	1
Limousin	1
Poitou-Charentes	1
Total	142

Tableau 5 : Répartition régionale des fermes de l'échantillon

La SAU des exploitations est très variable : de 0,5 ha à 300 ha, avec une moyenne de 63,4 ha. La main d'œuvre familiale est en moyenne de 1,94 UTH par exploitation.

Les 2/3 de l'échantillon ont une SAU comprise entre 25 et 100 ha.

SAU	Nb fermes	% fermes	SAU moyenne	UTH / ferme
0 à < 2,5	6	4 %	0,9 ha	1,68
2,5 à < 25	19	13 %	15,4 ha	1,27
25 à < 50	45	32 %	37,1 ha	1,79
50 à < 100	50	35 %	67,0 ha	1,87
100 à < 200	16	11 %	136,9 ha	2,91
≥ 200	6	4 %	249,2 ha	3,42
Total	142		63,4 ha	1,94

Tableau 6 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur surface

La figure 2 permet de décrire de manière plus précise la structure, les productions et les intrants des exploitations. Une ferme est comptabilisée comme présente quelle que soit la quantité présente.

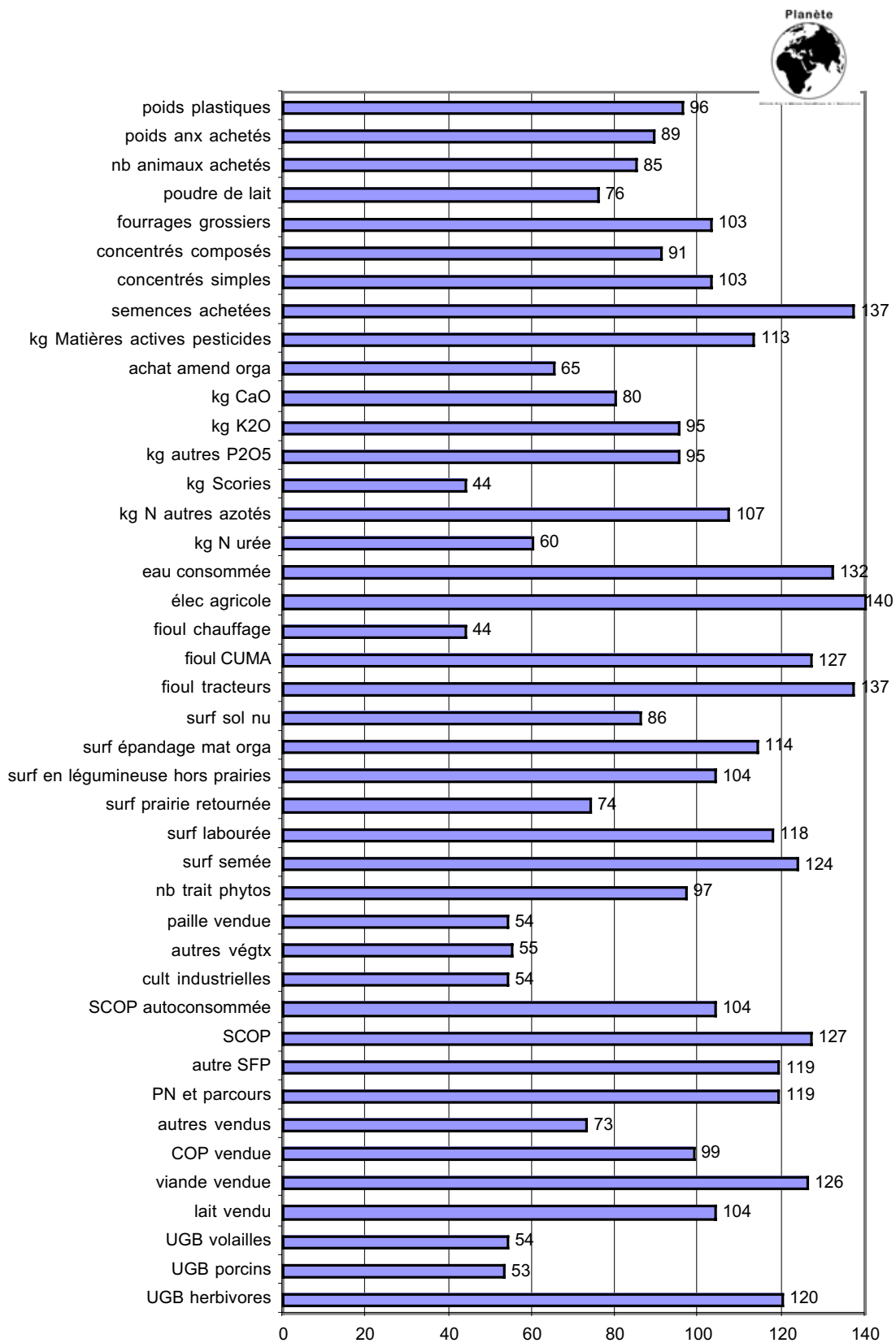


Figure 2 : Nombre d'exploitations de l'échantillon utilisant les différents intrants, ayant certains types de terre et de productions



On notera en particulier une **forte présence** (plus des 2/3) dans les fermes :

- d'herbivores (bovin, ovin ou caprin),
- de prairies naturelles et de parcours,
- d'autres SFP (prairies temporaires, maïs ensilage...),
- de SCOP (pour l'intra-consommation ou la vente),
- de vente de viande et de lait (vache, brebis ou chèvre).

On notera en parallèle une **faible présence** (moins de 1/3) dans les fermes :

- de porcs ou de volailles,
- d'autres ventes (fourrages, plantes industrielles, légumes, fruits, dons ou vente de matières organiques...),
- de cultures industrielles (pomme de terre, betteraves...) et d'autres végétaux (fruits, légumes, plantes...).

Parmi les intrants utilisés, l'électricité et les semences sont les plus fréquentes, suivis par le machinisme agricole (fioul CUMA et fioul tracteurs).

Les intrants peu fréquents pris en compte dans l'analyse énergétique sont le fioul pour le chauffage (séchage), les amendements de scories, les achats d'amendements organiques et les achats d'urée.

Ces différents intrants seront analysés ultérieurement dans la répartition des consommations d'énergie par poste.

Il y a 25 fermes suivant le cahier des charges de l'agriculture biologique au sein de l'échantillon : 16 produisent du lait de vache (dont 10 spécialisées), les autres ayant cultures ou animaux divers. Des analyses spécifiques selon le mode de production pourront ainsi être conduites.

L'échantillon étant composé d'exploitations très variées, il sera nécessaire de répartir les fermes par catégorie de productions. Nous distinguerons en particulier les fermes avec présence de bovin lait (uniquement ou en association avec d'autres productions végétales ou animales) et les fermes avec des grandes cultures (COP et autres végétaux).

4.1.2. Consommation d'énergie des exploitations

a) Analyse globale

La consommation moyenne d'énergie des exploitations s'élève à 33,2 tep/an (0,52 tep/ha), soit 21,9 GJ/ha, ou 2466 EQF¹ /ha SAU. La disparité de la consommation totale d'énergie par ha de SAU est très grande. Elle sera analysée dans un second temps.

Dans la suite de l'analyse des résultats moyens et de leur disparité, **nous avons exclu les 4 exploitations ateliers hors sol** (SAU : ~1ha), dont la consommation par ha est forcément élevée (plus de 1 000 GJ/ha). En revanche, nous avons conservé les exploitations agricoles qui ont un atelier hors sol avec des cultures.

La consommation énergétique moyenne s'établit alors (pour les 138 fermes) à :

628 EQF / ha SAU, soit 22,6 GJ/ha
32,5 tep/an/exploitation, avec 65.3 ha SAU / exploitation
soit : 0,498 tep/ha (soit ~0,5 tep/ha).

¹ EQF : équivalent litre de fioul.

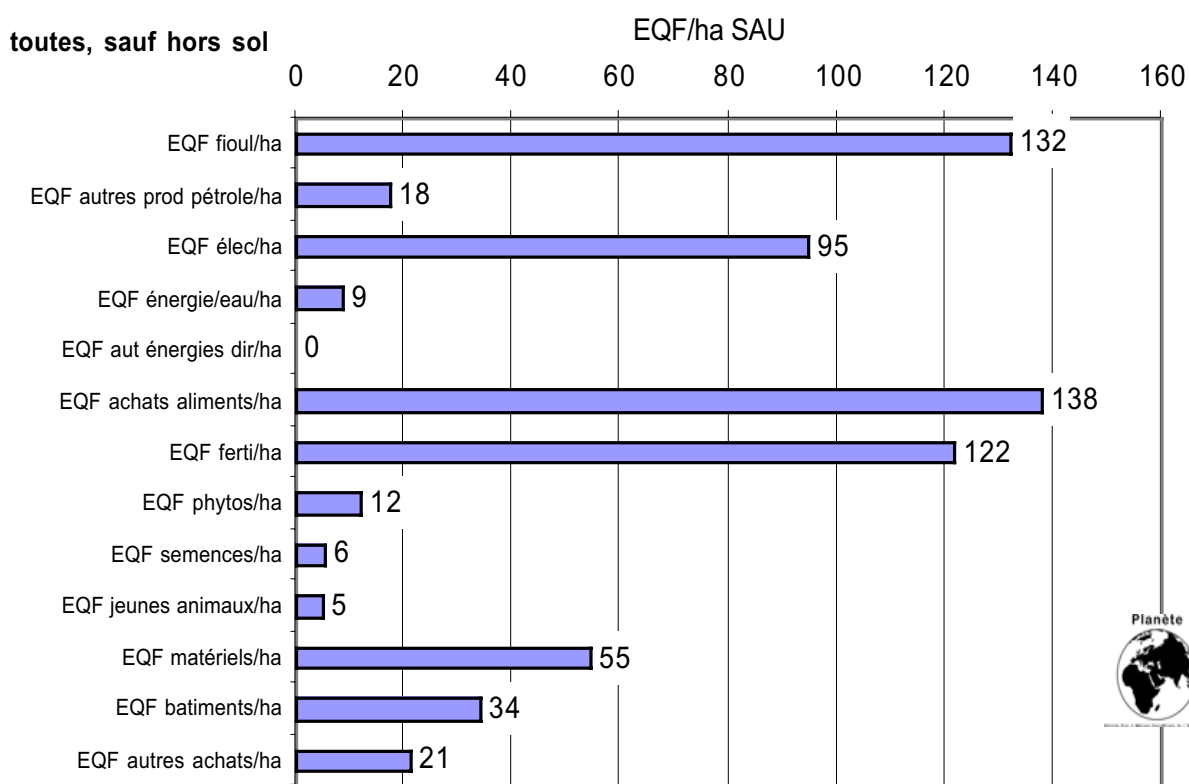


Figure 3 : Consommation énergétique par poste, moyenne de l'échantillon sauf hors sol

La consommation d'énergie directe ne représente en moyenne que 38 % de la consommation totale d'énergie. L'énergie indirecte est majoritaire : 62 % du total.

b) Analyse par postes

La figure 3 « moyennes des consommations d'énergie par poste » montre que les quatre premiers postes de consommations d'énergie des exploitations sont :

1. Les achats d'aliments du bétail : 138 EQF/ha SAU (achats de fourrages, de concentrés simples ou composés, de poudre de lait, de paille) ;
2. Le fioul domestique : 132 EQF/ha SAU (fioul de l'exploitation et des travaux par tiers) ;
3. Les achats de fertilisants et d'amendement organiques : 122 EQF/ha SAU
4. L'électricité de l'exploitation : 95 EQF/ha SAU (pour moteurs divers y compris irrigation individuelle, salle de traite...)

Ces 4 postes représentent 80 % de la consommation moyenne d'énergie des exploitations.

En moyenne, les autres postes par ordre décroissant d'importance sont :

- le matériel (amortissement énergétique de la fabrication du matériel) : 55 EQF/ha,
- les bâtiments (amortissement énergétique de la construction des bâtiments) : 34 EQF/ha,
- les autres achats (plastique, frais vétérinaires et d'élevage) : 21 EQF/ha,
- les autres produits pétroliers (gazole, essence, gaz, lubrifiants...) : 18 EQF/ha,
- les produits phytosanitaires (pesticides) : 12 EQF/ha,
- l'énergie pour l'eau (irrigation quand collective, et eau du réseau) : 9 EQF/ha,
- les semences : 6 EQF/ha,
- les achats de jeunes animaux (pour renouvellement ou engraissement) : 5 EQF/ha.

Le matériel et les bâtiments représentent 14 % de la consommation d'énergie, soit presque autant que l'électricité.

La disparité de la consommation d'énergie pour chacun des postes est illustrée par les figures 4 à 9 ci-dessous (exploitations classées par consommation énergétique totale croissante).

- La consommation de **fioul domestique** est en moyenne de 133 EQF/ha et atteint 386 EQF/ha au maximum. Plus de la moitié des exploitations consomme moins de 125 EQF/ha SAU.

Fioul EQF /ha	Nb fermes	% fermes	EQF moyen
0 (absence)	1	1 %	0
0 < ... <125	73	53 %	81
125 < ... <250	54	39 %	170
250 < ... <500	10	7 %	318
Total	138		133

Tableau 7 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en fioul

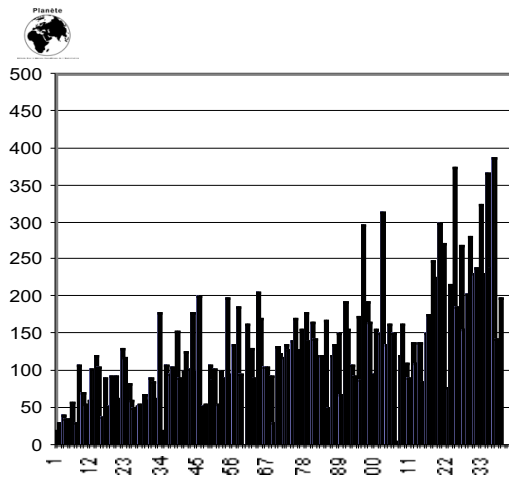


Figure 4 : Fioul EQF/ha

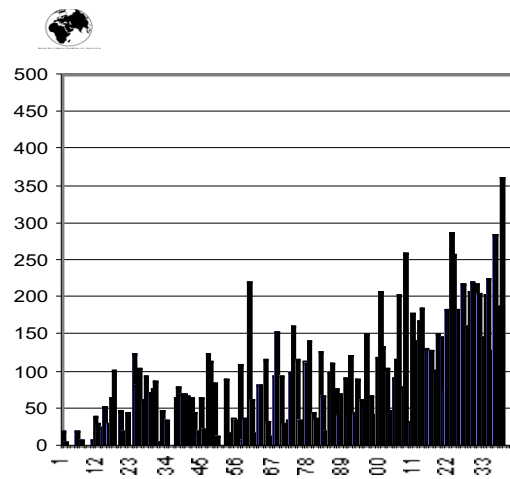


Figure 5 : Électricité QF/ha

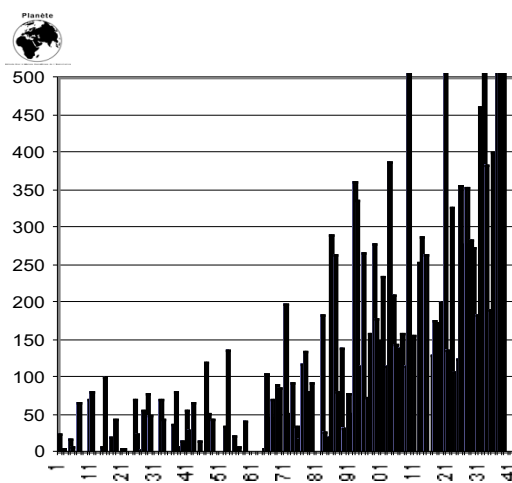


Figure 6 : Achats aliments EQF/ha

- La consommation d'**électricité** est en moyenne de 96 EQF/ha, et atteint 368 EQF/ha. Les 2/3 des exploitations consomment en moyenne 60 EQF/ha (et moins de 125 EQF/ha). Seules 25 % des exploitations consomment plus de 125 EQF/ha d'électricité ; ce sont principalement (mais pas exclusivement) des exploitations d'élevage. Notons que ce poste comprend l'électricité de l'irrigation si elle est sur le compteur d'exploitation (l'énergie de l'irrigation, dépensée par l'Association Syndicale Autorisée par exemple, est comptabilisée dans le poste « énergie / eau »).

Électricité EQF /ha	Nb fermes	% fermes	EQF moyen
0 (absence)	2	1 %	0
0 < ... < 125	94	68 %	61
125 < ... < 250	31	22 %	172
250 < ... < 500	5	4 %	290
Total	132		96

Tableau 8 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en électricité

- La consommation d'énergie pour **les achats d'aliments** est encore plus sujette à variation : 21 % des fermes de notre échantillon n'ont pas d'achats d'aliments, soit parce qu'elles n'ont aucun animal (23), soit parce qu'elles sont totalelement autonomes en alimentation fourragère et en concentrés (7 exploitations).

Achats aliments EQF/ha	Nb fermes	% fermes	EQF moyen
0 (absence)	30	22 %	0
0 < ... < 125	62	45 %	53
125 < ... < 250	21	15 %	167
250 < ... < 500	19	14 %	321
500 < ... < 1 000	4	3 %	558
≥ 1 000	2	1 %	1 941
Total	138		176

Tableau 9 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en aliments du bétail

La valeur moyenne du poste « achats d'aliments » des fermes qui en utilisent est de 176 EQF/ha. 75 % des fermes de notre échantillon qui en utilisent en consomment moins de 250 EQF/ha. Seules, 18 % des fermes de notre échantillon (hors fermes atelier hors sol) en utilise plus de 250 EQF/ha, et certaines ont une valeur supérieure à 1000 EQF/ha. L'autonomie dans l'alimentation des animaux est donc très variable.

- Comparativement, la consommation d'énergie pour la fertilisation minérale est plus homogène. Seules 2 fermes en consomment plus de 500 EQF/ha. 14 % de notre échantillon n'en consomme pas : 7 sont en agriculture conventionnelle et 13 sont en agriculture biologique.

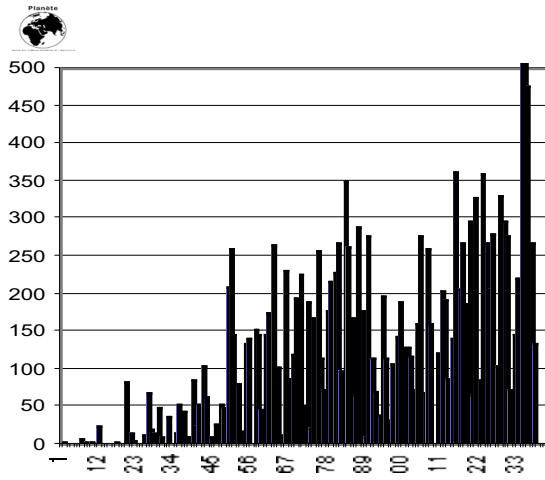


Figure 7 : Fertilisation minérale EQF/ha

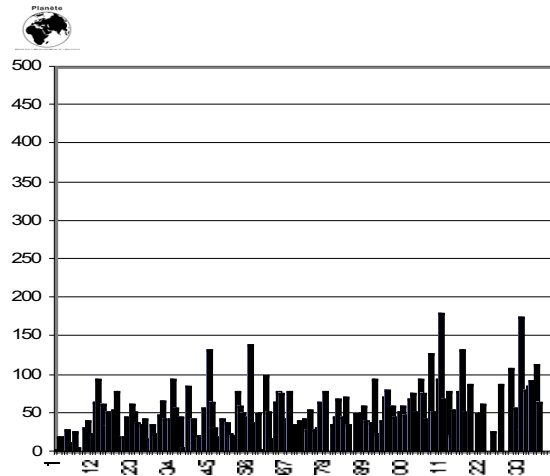


Figure 8 : Matériel EQF/ha

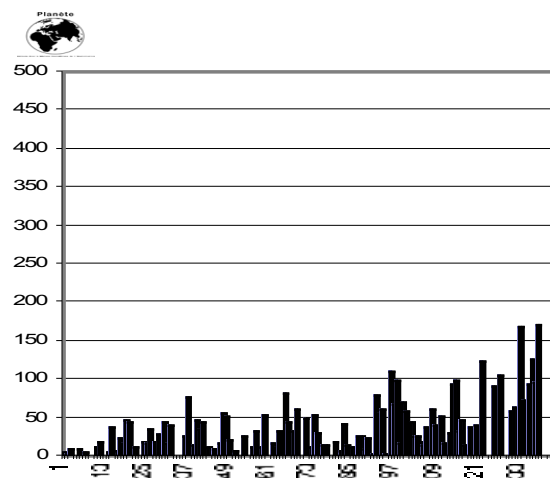


Figure 9 : Bâtiments EQF/ha



Fertilisation minérale EQF/ha	Nb fermes	% fermes	EQF moyen
0 (absence)	20	14 %	0
0 < ... < 125	60	43 %	53
125 < ... < 250	34	25 %	175
250 < ... < 500	22	16 %	298
≥ 500	2	1 %	546
Total	138		143

Tableau 10 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en engrais minéraux

La valeur moyenne du poste « fertilisation + amendements » des fermes qui en utilisent est de 143 EQF/ha.

- La consommation d'énergie pour le **poste « matériel »** de l'exploitation est de 55 EQF/ha en moyenne. Environ la moitié des fermes a une consommation inférieure à 50 EQF/ha.

Matériel EQF /ha	Nb fermes	% fermes	EQF moyen
0 (absence)	11	8 %	0
0 < ... < 25	20	14 %	17
25 < ... < 50	43	31 %	39
50 < ... < 75	34	25 %	49
≥ 75	30	22 %	99
Total	138		55

Tableau 11 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en matériel (amortissement)

- La consommation d'énergie pour le poste « bâtiments » est en moyenne plus faible : environ 40 EQF/ha. La plupart des fermes ont une consommation pour ce poste inférieure à 25 EQF/ha. Une valeur élevée est constatée pour certaines exploitations, due à des constructions récentes ou à des mises aux normes récentes des bâtiments d'élevage (certaines exploitations de grandes cultures ont ainsi des valeurs élevées).

Bâtiments EQF/ha	Nb fermes	% fermes	EQF moyen
0 (absence)	32	23 %	0
0 < ... < 25	46	33 %	12
25 < ... < 50	30	22 %	37
50 < ... < 75	15	11 %	74
≥ 75	15	11 %	107
Total	138		39

Tableau 12 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur consommation en bâtiments (amortissement)

Les autres postes de consommation d'énergie sont en moyenne moins importants. Cependant pour certaines productions ou dans certaines situations, ils peuvent avoir des valeurs non négligeables.

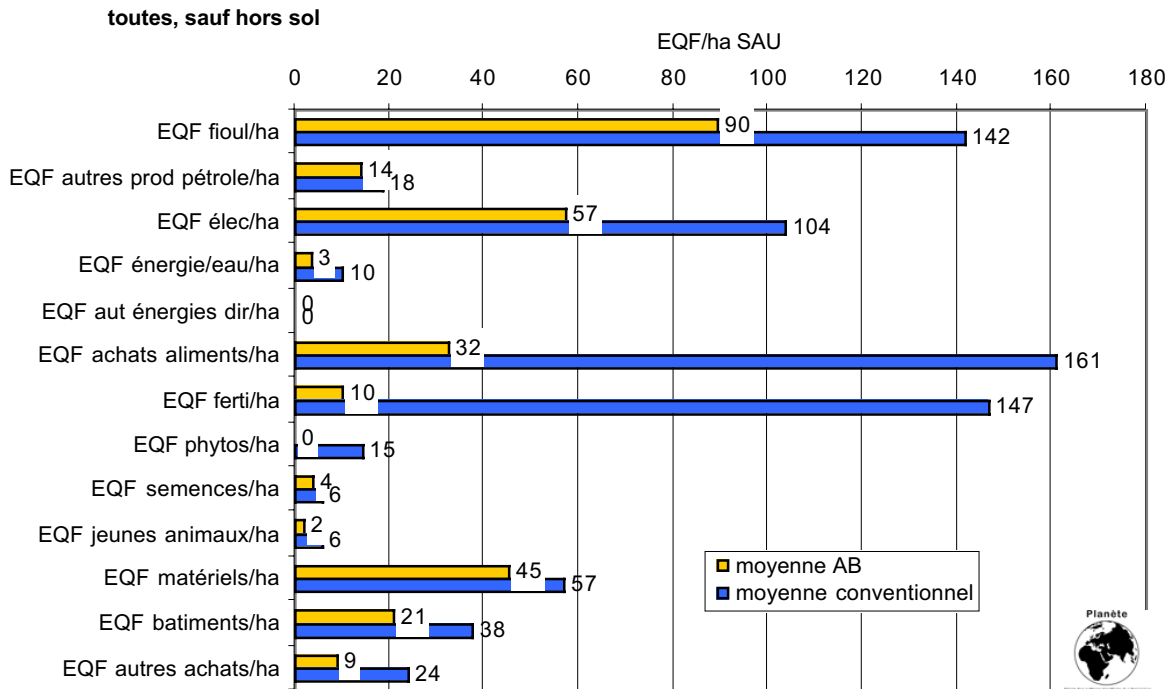


Figure 10 : Moyennes des consommations énergétiques par poste, selon le mode production biologique ou conventionnel

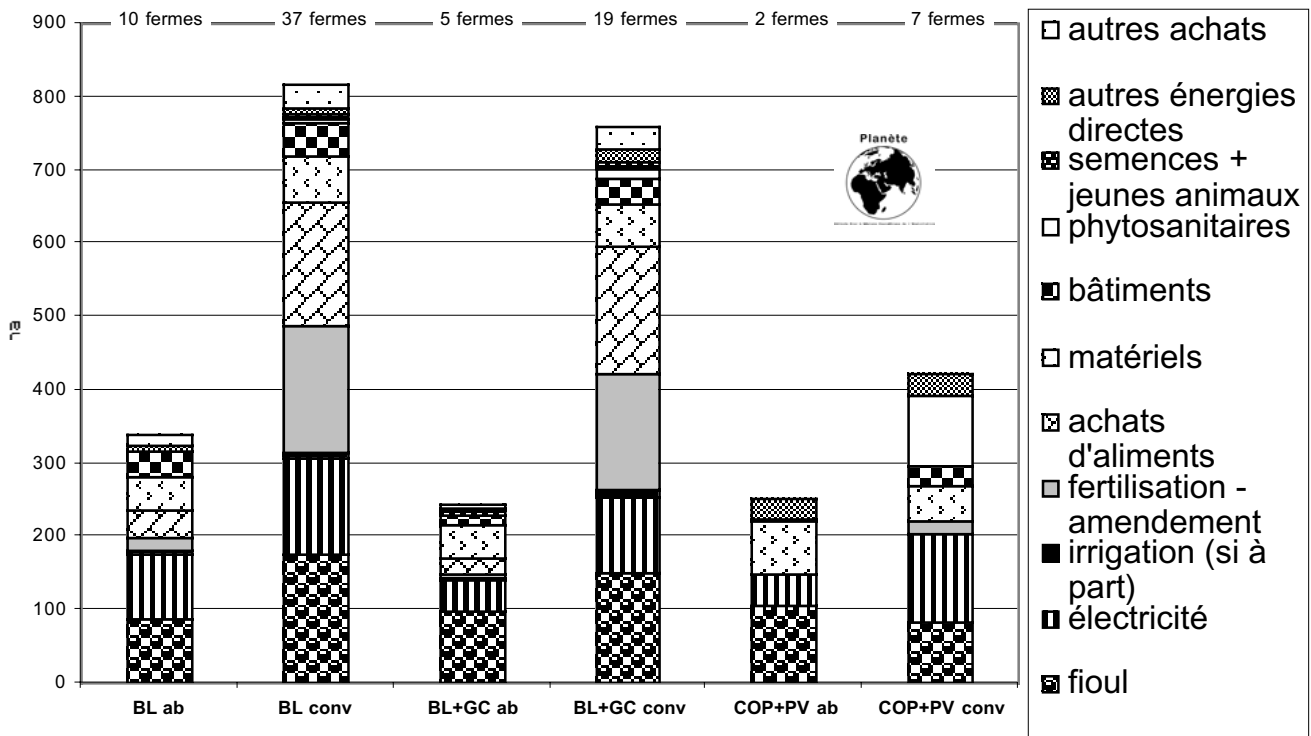


Figure 11 : Répartition par postes des consommations énergétique par hectare, selon le mode de production et l'orientation des systèmes



Dans les comparaisons des résultats d'une ferme avec les valeurs présentées ci-dessus, il sera important de ne pas seulement considérer la part (en %) du poste dans la consommation totale, mais de prendre en considération la valeur de ce poste.

c) Analyse des consommations selon le mode de production, biologique ou conventionnel :

L'échantillon de fermes analysées comprend une part d'exploitations en agriculture biologique, réparties dans les différents systèmes. Il est intéressant d'étudier les résultats de ces exploitations en comparaison avec les exploitations conventionnelles.

La consommation d'énergie par hectare des fermes en AB est en général plus modeste que celles des fermes en conventionnel (voir figure 15). Elles sont donc plus autonomes du point de vue de l'énergie.

Tous les postes étudiés sont en moyenne inférieurs dans les fermes en AB par rapport à ceux des fermes en conventionnel. Les économies d'énergie les plus importantes (- 130 EQF/ha) proviennent des achats d'aliments et de la fertilisation. Mais on constate aussi que les postes « fioul » (- 50 EQF/ha) et « électricité » (- 40 EQF/ha) sont aussi moins élevés en AB qu'en conventionnel. Même les postes à priori peu liés aux modes de production (bâtiments et matériels par exemple) sont aussi plus faibles en AB : ceci relève d'une stratégie plus économe des agriculteurs bios, dont les bâtiments et machines sont souvent anciens, donc amortis.

La consommation moyenne d'énergie par poste (figure 10) illustre les écarts de consommation totale.

L'analyse par système de production confirme ces tendances (figure 11), avec les limites inhérentes à la taille des échantillons dans chaque système. On notera seulement que le poste « fioul » des exploitations de productions végétales (COP + autres PV) en AB est légèrement supérieur à celui des mêmes exploitations en conventionnel : 105 EQF/ha contre 82 EQF/ha. Ceci vient appuyer l'idée fréquente que les fermes de grandes cultures en AB utilisent plus de façons culturales pour la maîtrise des adventices que les fermes en conventionnel. Dans les autres systèmes de production, la valeur en AB est toujours inférieure à celle des fermes en conventionnel. Il semble que la consommation d'énergie soit moins dispersée chez les bios.

d) Analyse selon l'orientation des systèmes de production

Les fermes spécialisées dans les bovins laitiers de l'échantillon consomment le plus d'énergie à l'hectare, celles ayant en plus des grandes cultures n'en étant cependant pas très éloignées. L'économie d'aliment est supérieure à l'augmentation des charges de fertilisation chez les cultivateurs, qui sont ainsi moins consommateurs. L'arboriculture conduit à moins d'entrées énergétiques, même si le poste pesticides devient important.

4.1.3. Production d'énergie des exploitations

La valeur énergétique des productions de l'exploitation s'établit (pour les 138 fermes) à :

**63,4 tep/an, soit 0,971 tep/ha
36,6 GJ/ha ou 1 013 EQF/ha**

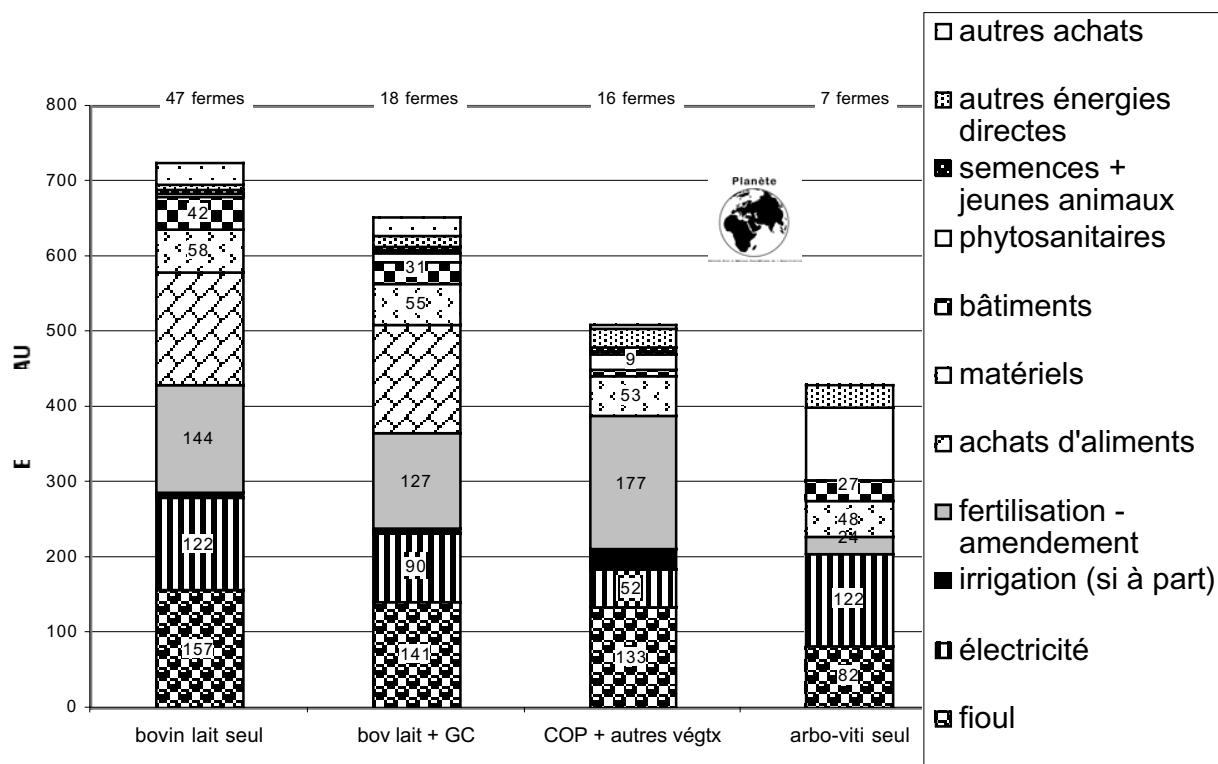


Figure 12 : Répartition moyenne des consommations d'énergie selon l'orientation des exploitations

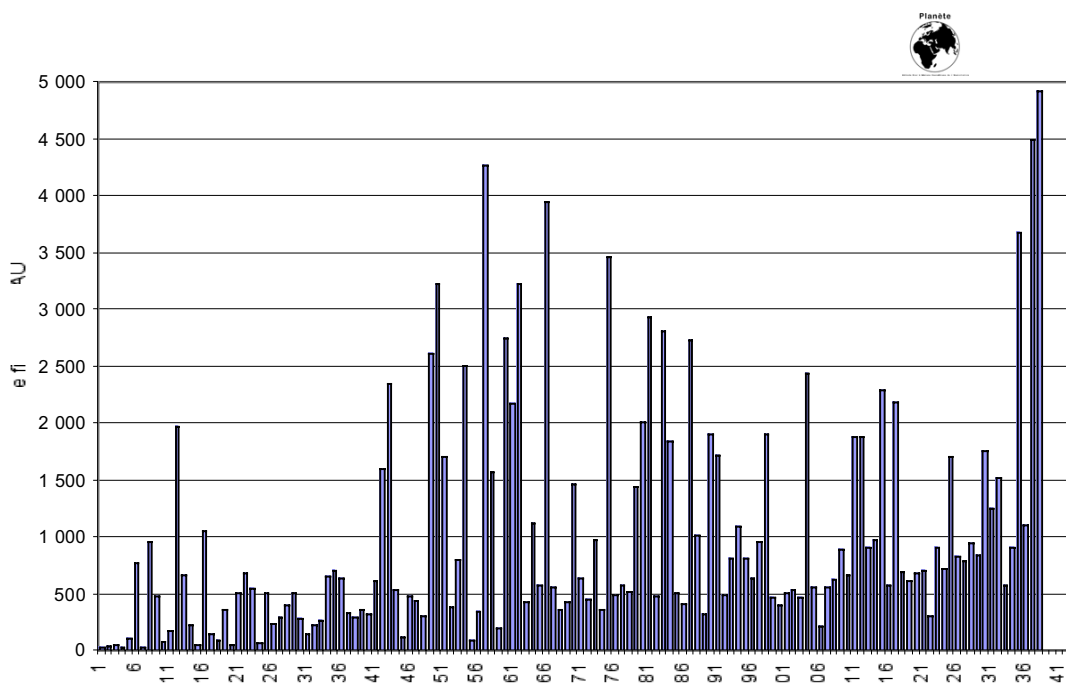


Figure 13 : Sorties énergétiques par hectare (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)



La production d'énergie moyenne peut être décomposée en quatre postes :

- Les COP (céréales et oléo-protéagineux) : 527 EQF/ha SAU ; 52 %
- Le lait : 280 EQF/ha SAU ; 28 %
- Les autres produits (cultures industrielles, fruits et légumes, plantes, fourrages et déjections animales cédées) : 156 EQF/ha SAU ; 12 %
- La viande : 88 EQF/ha SAU ; 9 %

La figure 13 « énergie produite par ha » illustre la diversité des niveaux d'énergie produite à l'hectare (fermes classées par consommation d'énergie croissante).

L'analyse énergétique d'une ferme doit prendre en compte le type de productions de la ferme. En effet, on sait déjà par la biologie / écologie, et les notions de chaînes alimentaires, que les fermes de productions végétales produisent plus d'énergie que celles avec des productions animales : puisque les végétaux utilisent directement l'énergie solaire, tandis que les animaux d'élevage peuvent être considérés comme des transformateurs d'énergie végétale. Bien souvent, quelques tonnes de produits végétaux vendus peuvent changer fortement la quantité d'énergie produite par la ferme, sans être économiquement important pour celle-ci.

Pour cela, les fermes de notre échantillon ont été réparties selon l'énergie des produits et leur répartition. Une analyse plus détaillée des énergies produites et des consommations sera effectuée par catégorie d'exploitations.

4.1.4. Efficacité énergétique des exploitations

L'efficacité énergétique de l'exploitation est le rapport des sorties sur ses entrées.

Cette efficacité dépend fortement du type de production, et en particulier du rapport entre productions végétales et productions animales dans chaque ferme.

L'efficacité énergétique de notre échantillon est en moyenne de 1,8 avec un minimum de 0,20 et un maximum de 9,5.

EE globale	Nb fermes	% fermes	EE moyen
<0,5	16	12 %	0,31
0,5 < ... < 1	51	37 %	0,74
1 < ... < 1,5	20	14 %	1,17
1,5 < ... < 2	13	9 %	1,73
2 < ... < 4	19	14 %	2,57
4 < ... < 6	9	7 %	4,74
> 6	10	7 %	7,25
Total	138		1,83

Tableau 13 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur efficacité énergétique

Dans notre échantillon, il y a 28 % des fermes qui ont une efficacité énergétique globale supérieure à 2.0. Ce sont des fermes avec des productions végétales, et pour certaines avec un élevage.

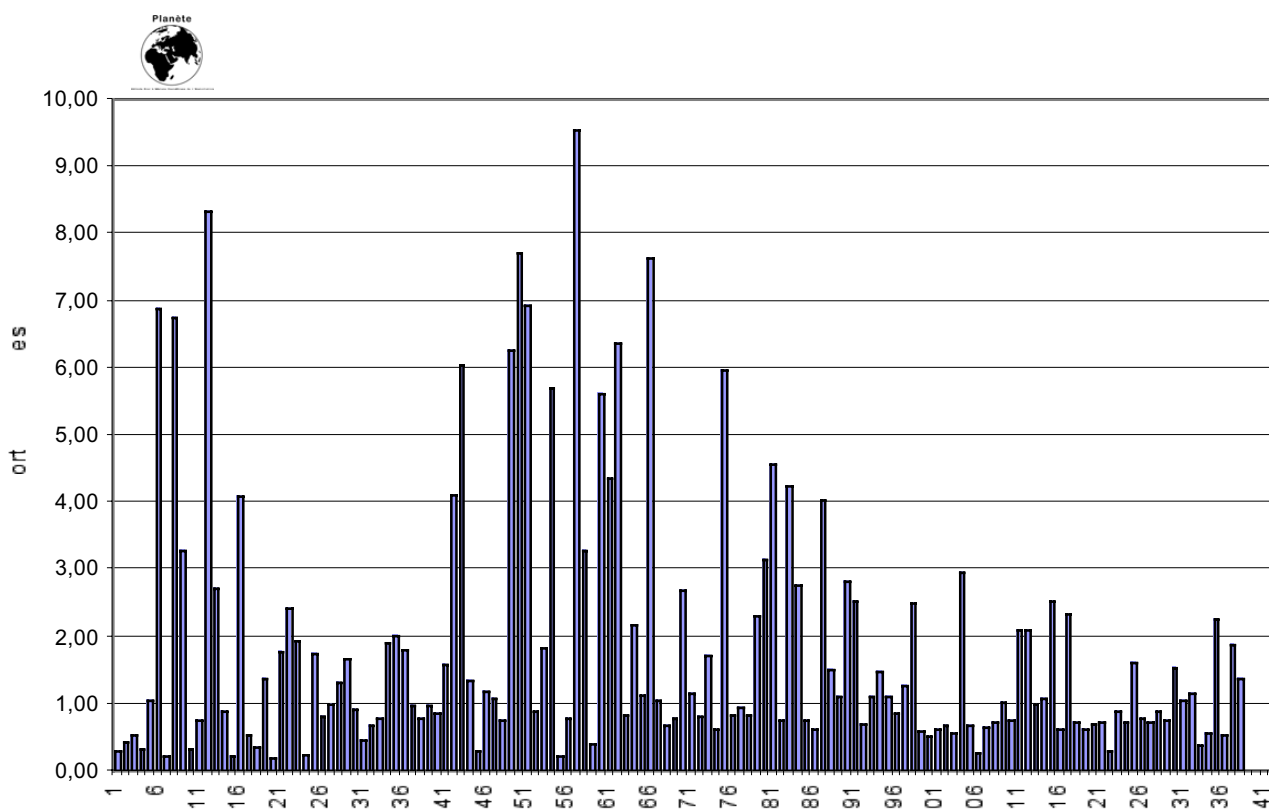


Figure 14 : Efficacité énergétique globale (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)



Pour chaque ferme, une répartition par poste de la consommation d'énergie entre productions animales et productions végétales a été effectuée. Cette répartition est plus ou moins aisée selon la complexité des productions de la ferme et la « qualité » de la séparation en ateliers.

Cette répartition permet d'approcher dans les fermes de cultures et d'élevage une efficacité énergétique spécifique d'une part aux productions animales, et d'autre part aux productions végétales.

L'efficacité énergétique des productions animales est en moyenne pour notre échantillon (115 fermes concernées) de 0,77, avec une valeur maximale de 1,93 pour une exploitation bovin lait. La plupart des exploitations ont une efficacité énergétique des productions animales comprise entre 0,5 et 1,0. Les exploitations « les moins efficaces » sont des exploitations de production de viande.

EE PA	Nb fermes	% fermes	EE moyen
< 0,5	21	18 %	0,29
0,5 < ... < 1	73	63 %	0,75
1 < ... < 1,5	16	14 %	1,19
1,5 < ... < 2	5	4 %	1,69
Total	115		0,77

Tableau 14 : Répartition des fermes de l'échantillon selon l'efficacité énergétique de leur productions animales

L'efficacité énergétique des productions végétales est évaluée sur 70 fermes. La valeur moyenne est de 4.38 toutes productions végétales confondues.

17 % des fermes ont une efficacité énergétique PV inférieure à 2,0. La plupart sont des fermes dont la production dominante est animale. Mais certaines sont des fermes de type arboriculture et viticulture.

Si l'on ne considère que les fermes dont l'EE PV est supérieure à 2,0, l'efficacité énergétique moyenne des 58 fermes est de 5,04.

EE PV	Nb fermes	% fermes	EE moyen
< 0,5	3	4 %	0,38
0,5 < ... < 1	0	0 %	-
1 < ... < 1,5	4	6 %	1,24
1,5 < ... < 2	5	7 %	1,64
2 < ... < 4	24	34 %	3,02
4 < ... < 6	17	24 %	5,07
> 6	17	24 %	7,88
Total	70		4,38
Total si EE>2	58		5,04

Tableau 15 : Répartition des fermes de l'échantillon selon l'efficacité énergétique de leur productions végétales

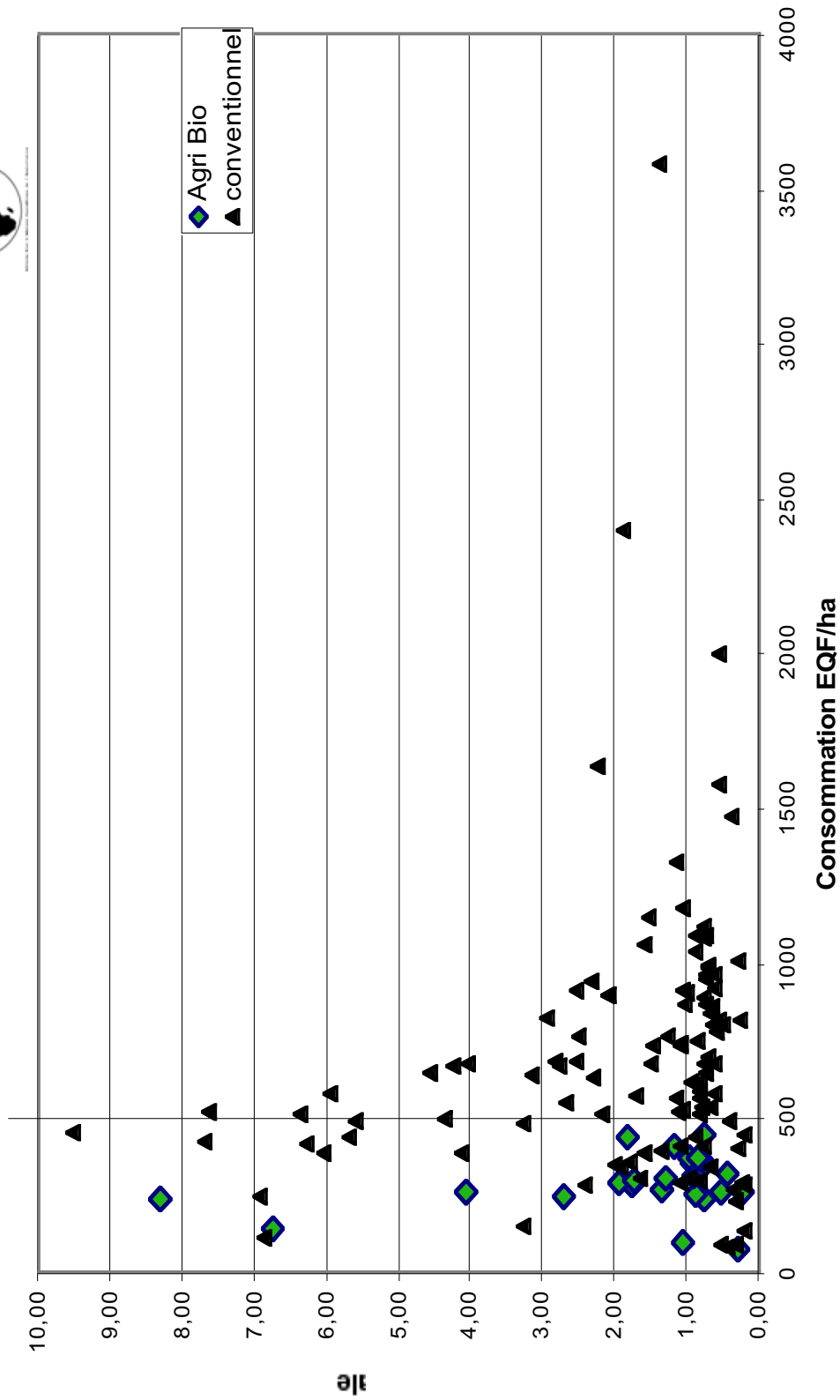


Figure 15 : Efficacité énergétique en fonction des consommations par hectare : situation des exploitations selon leurs modes de production : biologique ou conventionnel



Analyse selon le mode de production :

On a vu que les consommations énergétiques par hectare étaient généralement plus faibles chez les agriculteurs biologiques que chez les conventionnels. Ceci ne se retrouve pas dans leur efficacité énergétique qui s'intègre à la gamme des conventionnelles (voir figure 15) : car les produits énergétiques aussi sont plus faibles en agriculture biologique.

Aucune ferme en AB ne consomme plus de 500 EQF/ha, et ce quels que soient les systèmes analysés. Il existe en revanche beaucoup de fermes conventionnelles qui dépassent 500 EQF/ha.

Toutefois, beaucoup de fermes en conventionnel ont des consommations d'énergie similaires aux fermes en AB. La dispersion de la consommation totale d'énergie des fermes en conventionnel est nettement plus forte, comme cela a déjà été indiqué précédemment.

L'efficacité énergétique des fermes en AB n'est pas fondamentalement différente des fermes en conventionnel. On trouve des exploitations des deux types avec des efficacités similaires.

4.1.5. Bilan énergétique des fermes

Le bilan énergétique est égal aux sorties moins les entrées. Il est de fait lié à l'efficacité énergétique globale de l'exploitation. Le bilan est nul quand l'efficacité énergétique est égale à 1. Il est positif quand elle est supérieure à 1.

Le bilan énergétique des fermes de l'échantillon est en moyenne de 13.7 GJ/ha de SAU. La valeur du bilan par ha est donc très fortement tributaire du type de productions. Soulignons qu'il existe des fermes de productions animales avec une efficacité supérieure à 1, donc un bilan positif.

À partir de la figure 16, on ne voit pas apparaître de lien entre le bilan énergétique et la consommation totale. Il y a toutefois beaucoup de bilans négatifs dans les fermes consommant beaucoup.

4.1.6. Les émissions de gaz à effet de serre

Le Pouvoir de Réchauffement planétaire Global s'élève en moyenne à :

13,8 tonnes équivalent CO₂/ha

En excluant les exploitations ateliers d'élevage hors sol, qui ont une forte émission de GES due à la concentration du cheptel, cette moyenne est de :

5,1 teqCO₂/ha

Dans les exploitations étudiées (sauf hors sol), l'émission moyenne annuelle

- de CO₂ est de 0.97 t/ha,
- de CH₄ est de 0.11 t/ha
- de N₂O est de 5.9 kg/ha.

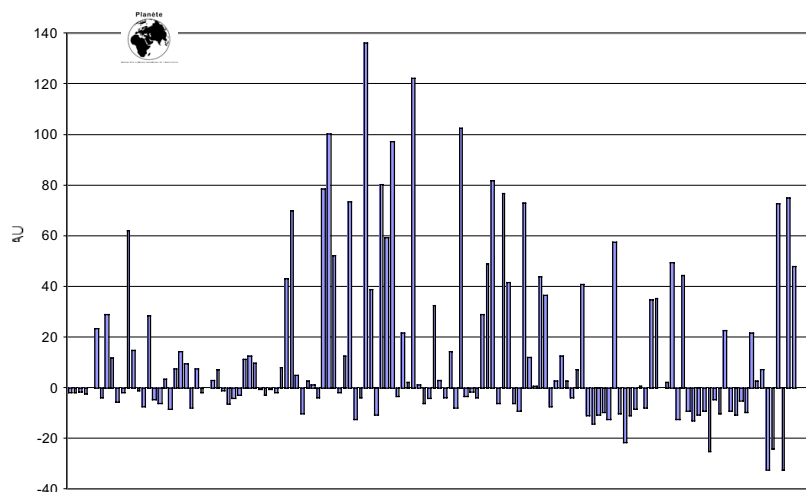


Figure 16 : Bilan énergétique par hectare de SAU
(fermes classées par consommation énergétique totale croissante)

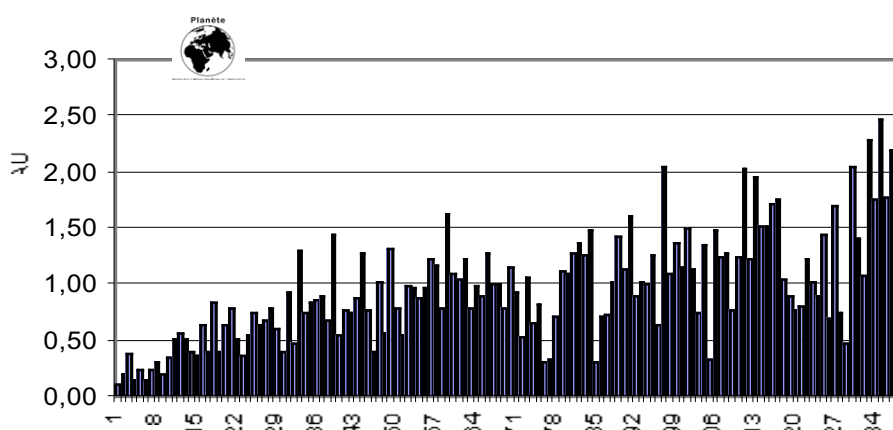


Figure 17 : Émissions de gaz carbonique par hectare de SAU
(fermes classées par consommation énergétique totale croissante)

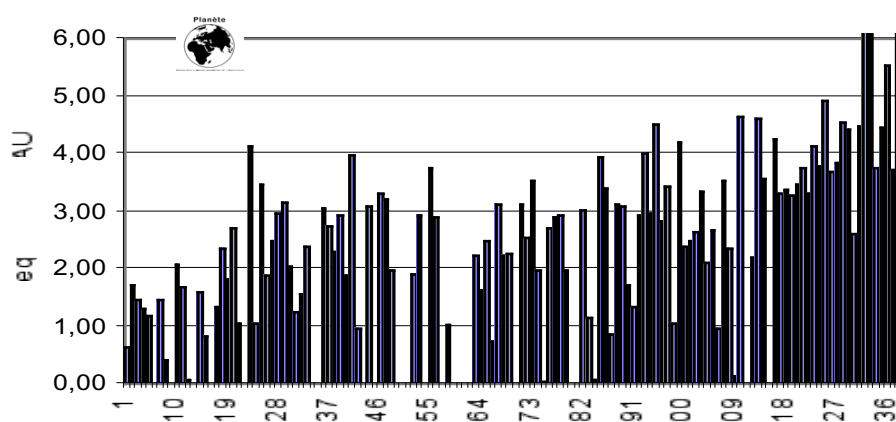


Figure 18 : Émissions de méthane par hectare de SAU
(fermes classées par consommation énergétique totale croissante)



Le pouvoir de réchauffement global moyen se décompose en : 19 % pour le CO₂, 45 % pour le CH₄ et 36 % pour le N₂O.

Cf. partie 3.2.3. pour le poids respectif des 3 gaz dans le pouvoir de réchauffement global.

La répartition par classe de quantités de gaz émis dans l'atmosphère illustre le poids des exploitations d'élevage (à cause du méthane) dans le PRG des exploitations.

CO ₂ , teqCO ₂ /ha	Nb fermes	% fermes	CO ₂ moyen
< 0,5	23	17 %	0,32
0,5 < ... < 1	55	40 %	0,76
1 < ... < 1,5	42	30 %	1,21
1,5 < ... < 2	12	9 %	1,69
2 < ... < 4	6	4 %	2,18
> 4	0	0 %	-
Total	138		0,97

Tableau 16 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leurs émissions de gaz carbonique par hectare

Les émissions de CO₂ varient de 0,2 à 2,5 teqCO₂/ha, avec une moyenne proche de 1,0 teqCO₂/ha.

CH ₄ , teqCO ₂ /ha	Nb fermes	% fermes	CH ₄ moyen
< 0,5	28	20 %	0,02
0,5 < ... < 1	6	4 %	0,83
1 < ... < 1,5	12	9 %	1,22
1,5 < ... < 2	13	9 %	1,79
2 < ... < 4	63	46 %	3,01
4 < ... < 6	13	9 %	4,52
> 6	3	2 %	7,60
Total	138		2,73

Tableau 17 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leurs émissions de méthane par hectare

Les émissions de CH₄ sont très dépendantes des animaux présents (type et quantité) et des types de déjections produites. Les exploitations sans animaux (UGB totaux = 0) n'émettent pas de CH₄ : elles sont 23 dans l'échantillon. Les émissions de CH₄ peuvent atteindre 9.2 teqCO₂/ha dans certaines fermes (atelier hors sol + cultures). Plus de la moitié des exploitations de notre échantillon ont une valeur comprise entre 1.5 et 4.0 teqCO₂/ha.

N ₂ O, teqCO ₂ /ha	Nb fermes	% fermes	N ₂ O moyen
< 0,5	12	9 %	0,20
0,5 < ... < 1	16	12 %	0,81
1 < ... < 1,5	29	21 %	1,25
1,5 < ... < 2	26	19 %	1,74
2 < ... < 4	50	36 %	2,61
4 < ... < 6	5	4 %	4,77
> 6	0	0 %	-
Total	138		1,82

Tableau 18 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leurs émissions de protoxyde d'azote par hectare

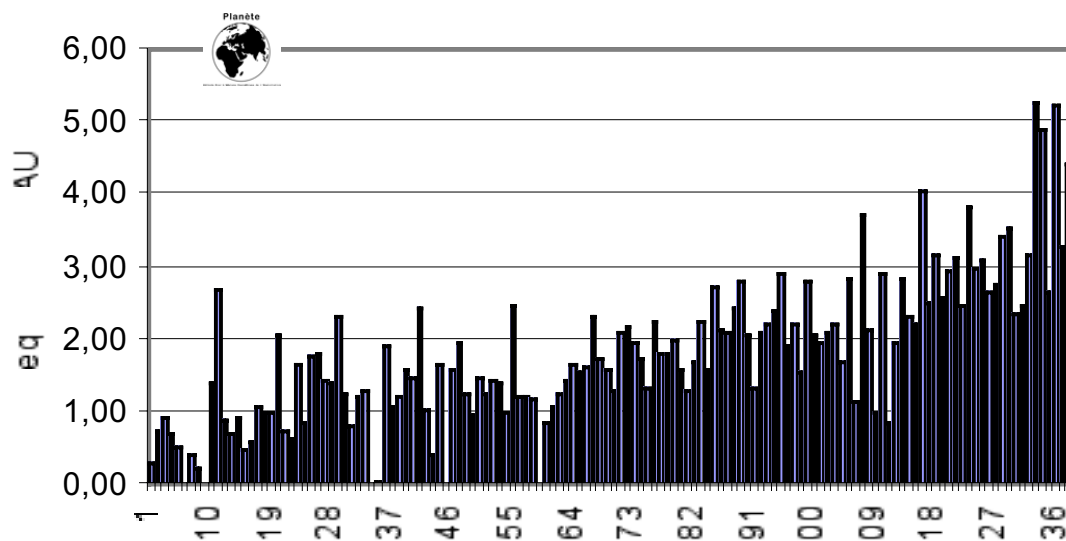


Figure 19 : Émissions de protoxyde d'azote par hectare de SAU (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)

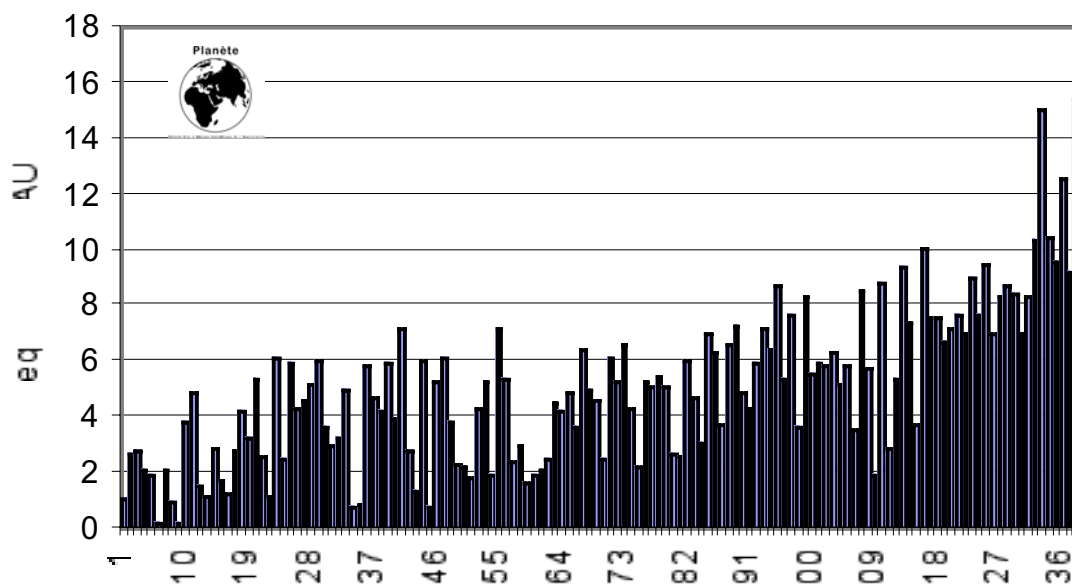


Figure 20 : Pouvoir de Réchauffement Global à 100 ans, par hectare de SAU (fermes classées par consommation énergétique totale croissante)



Les émissions de N₂O dépendent des types et des quantités d'azote, y compris celui émis par les animaux et les parcelles de légumineuses ou de sols riches en matières organiques (type prairie retournée). Il y a 2 cas qui n'émettent pas de N₂O (2 ateliers de cerises). Quelques exploitations (y compris avec élevage) présentent une émission de N₂O très faible. 75 % des exploitations ont un niveau d'émission de N₂O compris entre 1.0 et 4.0 teqCO₂/ha.

PRG, teqCO ₂ /ha	Nb fermes	% fermes	PRG moyen
< 2,0	19	14 %	1,26
2,0 < .. < 4,0	33	24 %	2,92
4,0 < ... < 6,0	39	28 %	5,09
6,0 < ... < 8,0	28	20 %	6,84
8,0 < ... < 10,0	13	9 %	8,82
10,0 < ... < 12,0	3	2 %	10,27
> 12,0	3	2 %	14,34
Total	138		5,06

Tableau 19 : Répartition des fermes de l'échantillon selon leur Pouvoir de Réchauffement Global par hectare

La moitié des exploitations de l'échantillon ont un PRG compris entre 2.0 et 6.0 teqCO₂/ha. Les fermes en dessous de 2.0 teqCO₂/ha sont aussi bien des exploitations de productions végétales que des exploitations avec élevage. Les fermes au-dessus de 6.0 teqCO₂/ha sont toutes avec de l'élevage.

Selon le mode de production biologique ou conventionnel, le même constat que pour la consommation d'énergie apparaît : une dispersion identique des résultats est obtenue. Les fermes en AB émettent globalement moins de GES que les fermes en conventionnel, mais il existe des fermes en conventionnel autonome en énergie qui émettent des quantités similaires de GES. Ceci est logique, puisque nous avons vu que les émissions de GES sont directement liées à l'utilisation des énergies directes ou indirectes.

4.1.7. Analyses croisées sur l'échantillon global

4.1.7.1. Explications de la consommation totale

Sur l'échantillon global, il existe **une relation forte** entre la consommation totale et :

- l'énergie des achats d'aliments $r^2 = 0,7389$
- l'électricité consommée $r^2 = 0,5323$
- l'énergie de la fertilisation $r^2 = 0,3547$
- le fioul domestique consommé $r^2 = 0,3533$

Le poste « bâtiments » est aussi corrélé à la consommation totale ($r^2 = 0,45$).

En revanche, il n'y a pas de corrélation dans notre échantillon entre le poste « matériels » et la consommation totale. Cette dernière est également indépendante de la SAU de l'exploitation.

Il n'y a pas de relation entre le fioul consommé et le poste « matériels ».

Le cumul des quatre premiers postes, qui représentent 80 % de la consommation totale d'énergie, est très fortement lié à la consommation totale ($r^2 = 0,97$). La corrélation varie légèrement selon les systèmes de production, tout en restant très forte ($r^2 = 0,90$ à $0,99$).

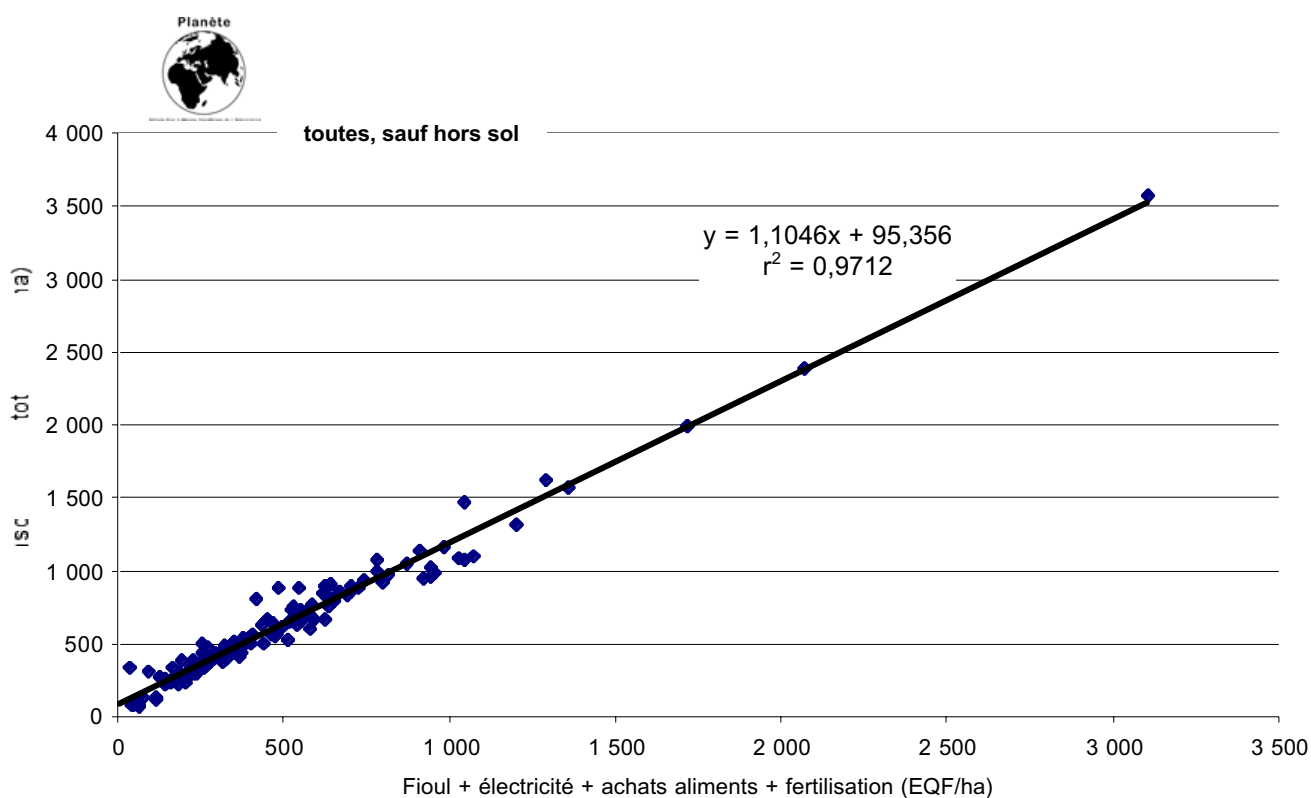


Figure 21 : Relation entre somme des consommations énergétiques liées au fioul, à l'électricité, aux achats d'aliments et aux engrais, et la consommation énergétique totale des exploitations de l'échantillon



Ainsi, au moins pour les systèmes de production étudiés, qui sont majoritairement des systèmes laitiers, une **simplification de la collecte des données** peut certainement s'envisager pour apprécier la consommation totale d'énergie de l'exploitation. Le recueil des données pourrait alors se limiter à :

- La consommation de fioul domestique utilisé sur la ferme (y compris CUMA et ETA) ;
 - La consommation d'électricité à usage professionnel ;
 - Les achats d'aliments pour les animaux ;
 - Et les achats de fertilisants minéraux et d'amendements organiques ;
- en considérant la somme de ces 4 postes comme 80 % de la consommation totale.

Il ne faudra pas oublier de comptabiliser l'énergie pour l'irrigation si elle n'est pas comprise dans les consommations directes de l'exploitation.

Cela permettrait de ne pas collecter les informations relatives :

- aux bâtiments et au matériel intervenants sur l'exploitation,
- aux jeunes animaux et aux semences,
- aux produits phytosanitaires et aux autres achats.

Cependant, les pistes d'amélioration de la situation énergétique de l'exploitation (diminution de la consommation - y compris par mise en œuvre d'énergies renouvelables, amélioration de l'efficacité) nécessitent souvent la prise en compte de la spécificité de l'exploitation. La démarche de conseil issue de l'analyse des consommations d'énergie doit tenir compte des pratiques agricoles et de leurs conséquences environnementales et économiques pour l'exploitation.

4.1.7.2. Explications de l'efficacité énergétique, du bilan énergétique

Il n'y a pas de lien direct entre consommation totale et efficacité énergétique globale sur l'ensemble de l'échantillon (cf. figure 15).

De même pour efficacité énergétique globale et énergie produite. L'analyse par système de production permettra de voir si un lien existe au sein des systèmes.

En revanche, il y a un lien entre efficacité énergétique globale et bilan énergétique/ha ($r^2 = 0.77$).

L'analyse de l'efficacité énergétique et de ses possibilités d'amélioration doit donc être menée individuellement sur chaque ferme avec l'agriculteur. Elle passe par l'étude des possibilités de réduction de la consommation totale d'énergie, et des répercussions sur la production quantitative de la ferme.

Il semble que les facteurs territoriaux (par exemple le département qui résume les facteurs altitude et pluviométrie) joue un rôle important dans les bovins-lait, répartis dans différentes zones géographiques de la France. Indirectement, le département traduit le potentiel pédo-climatique local au moins pour la facilité de pousse de l'herbe (système herbager breton) et la possibilité « théorique » d'implantation de céréales et de protéagineux pour la complémentation de la ration de base des bovins, rendant ainsi les exploitations autonomes pour l'alimentation. Dans d'autres territoires, des parcelles de faible productivité (parcours ...) limitent la production végétale donc animale.



4.1.7.3. Explications du PRG /ha

Il y a une relation forte entre consommation totale d'énergie et le PRG/ha ($r^2 = 0,663$), ce qui est logique.

Plus la consommation d'énergie augmente, plus le PRG augmente.

Les émissions de GES proviennent d'une part de l'utilisation des différents intrants sur la ferme, et d'autre part des animaux et des types de déjections.

Les coefficients unitaires disponibles nécessitent à ce jour la collecte des données sur les énergies directes et indirectes de l'exploitation (pour le CO_2), sur la description du cheptel (pour le CH_4) et le type de déjections (fumier, lisier, pâture), ainsi que les apports d'azote aux sols (pour le N_2O).

Les répercussions de la simplification de la collecte des données pour l'analyse énergétique n'ont pas été analysées pour évaluer les conséquences sur l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre. Ceci nécessiterait d'effectuer la répartition des émissions de gaz entre les énergies indirectes de l'exploitation (émissions induites de CO_2 et de N_2O), les énergies directes (CO_2), le cheptel (CH_4) et les apports azotés divers (N_2O). Ces éléments ne sont pas disponibles dans la base de données créée pour la présente analyse, mais pourraient l'être en reprenant chaque enquête.

4.2. Analyse de la production de lait de vache

4.2.1. Description de l'échantillon d'exploitations laitières

4.2.1.1. Les orientations

Les enquêtes ont été réalisées auprès de 86 exploitations ayant un atelier bovin-lait. Le tableau 4 (partie 3.3. présentent leur répartition régionale).

Certains résultats sont fortement influencés par la présence et l'importance de productions végétales de vente, voire par la présence d'atelier hors-sol ou par une production significative de viande bovine.

Pour pallier cette difficulté, les exploitations ont été regroupées par grandes orientations, selon les critères de répartition présentés dans le tableau 20 : On trouve :

- les exploitations laitières spécialisées (BL),
- les exploitations avec un atelier de production végétale (BLPV),
- les exploitations avec une autre production animale (BLPA)
- les exploitations avec des productions végétales et une autre production animale (BLPVPA).

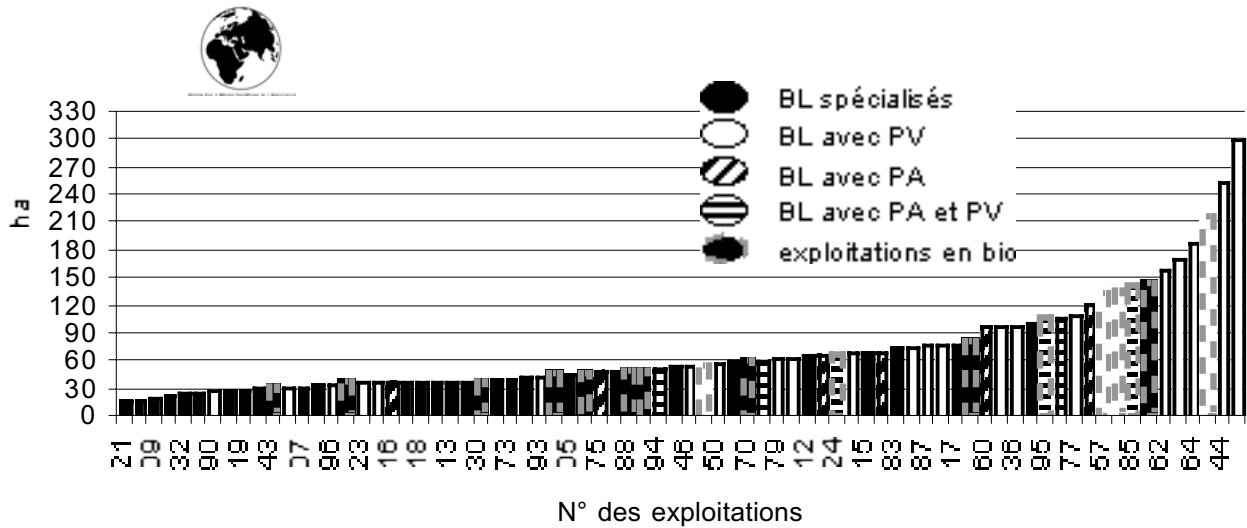


Figure 22 : Surface Agricole Utile des exploitations laitières et leurs types

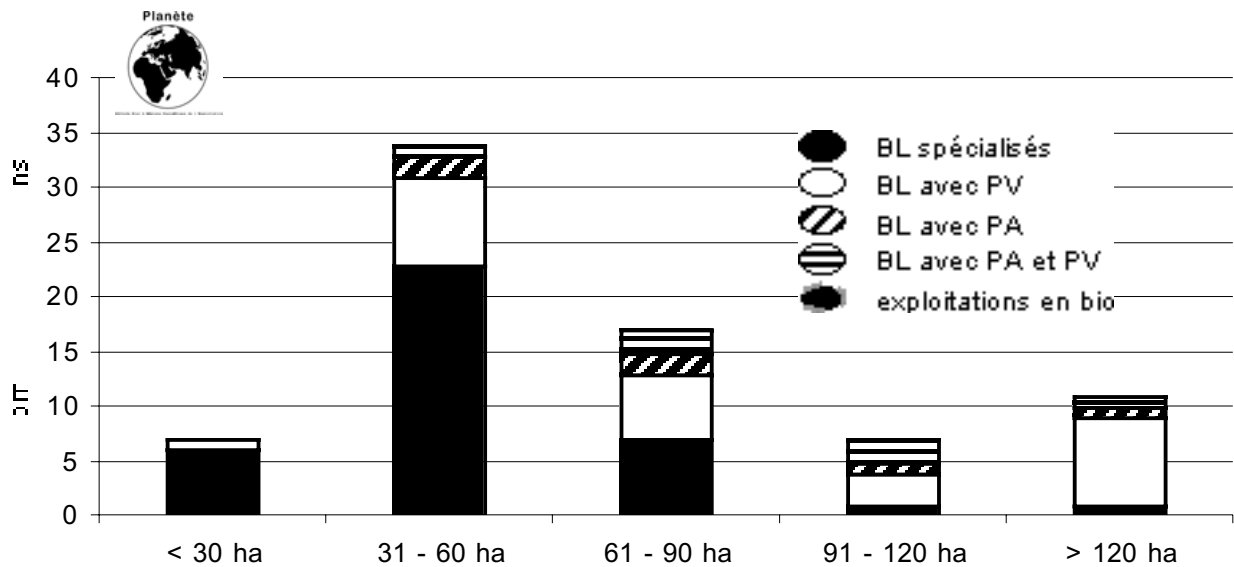


Figure 23 : Répartition des exploitations laitières en classe de Surface Agricole Utile selon leur type



Orientation	Énergie végétale produite/Énergie produite totale	Énergie viande produite/Énergie lait produite	Nombre d'exploitations	Représentation graphique
BL	< 10 %	< 25 %	48	Noir/carré noir
BLPV	> 10 %	< 25 %	26	Blanc/carré blanc
BLPA	< 10 %	> 25 %	6	Hachure diagonale / rond noir
BLPVPA	> 10 %	> 25 %	6	Hachure horizontale / triangle noir

Tableau 20 : Critères de répartition pour déterminer les orientations des exploitations laitières et nombre de fermes concernées

Parmi ces 86 fermes laitières, 17 exploitations sont conduites selon les règles de l'agriculture biologique : elles appartiennent à des orientations variées : 10 BL ; 4 BLPV ; 3 BLPVPA

Ces exploitations biologiques sont représentées avec une bordure grise (pointillée dans les histogrammes, pleine dans les graphiques en point).

On notera que les résultats de consommation énergétique pour le matériel et les bâtiments sont manquants pour 10 exploitations du groupe BL. Elles seront naturellement exclues lors des analyses concernées.

Dans cette partie, sur les figures, les exploitations sont toujours classées par SAU croissante.

4.2.1.2. La Surface Agricole Utile

En terme de SAU, la taille moyenne est de 72 ha avec une fourchette de 16 à 302 ha. Mais plus de la moitié des exploitations ont moins de 50 ha. Le groupe 30 à 60 ha représente 45 % de l'échantillon.

Les fermes en agriculture biologique sont présentes dans toutes les classes de surface, mais plus particulièrement dans la classe plus de 120 ha, dont elles représentent 45 % contre 20 % de notre échantillon. Ceci est contraire au fait qu'elles ont généralement de plus petites structures que les fermes conventionnelles, et provient de la sur-représentation des petites exploitations dans notre échantillon.

Sur la figure 23, on peut observer que les exploitations spécialisées (BL) sont en général plus petites, elles ont une SAU moyenne de 47,1 ha. Les exploitations avec un atelier de production végétale ont une SAU moyenne de 103 ha. Néanmoins, au sein des deux groupes, la dispersion est importante, voisine d'un rapport de 1 à 10.

4.2.1.3. La production laitière

La proportion d'exploitations ayant un gros quota laitier (> 400 000 Litres) est peu élevée, seulement 16 % (14 fermes), car l'échantillon n'est pas représentatif. Le spectre couvert (figure 24) est néanmoins très large avec un rapport de 1 à 12 (de 72 500 L à 875 000 L).

On constate que, logiquement, ce sont les plus grandes exploitations (à droite de la figure 23) qui ont les plus gros quotas laitiers, auxquelles elles associent des productions végétales (BLPV). Les fermes laitières spécialisées ont plus souvent des petits quotas ; et des faibles surfaces. Cependant il y a des exceptions.

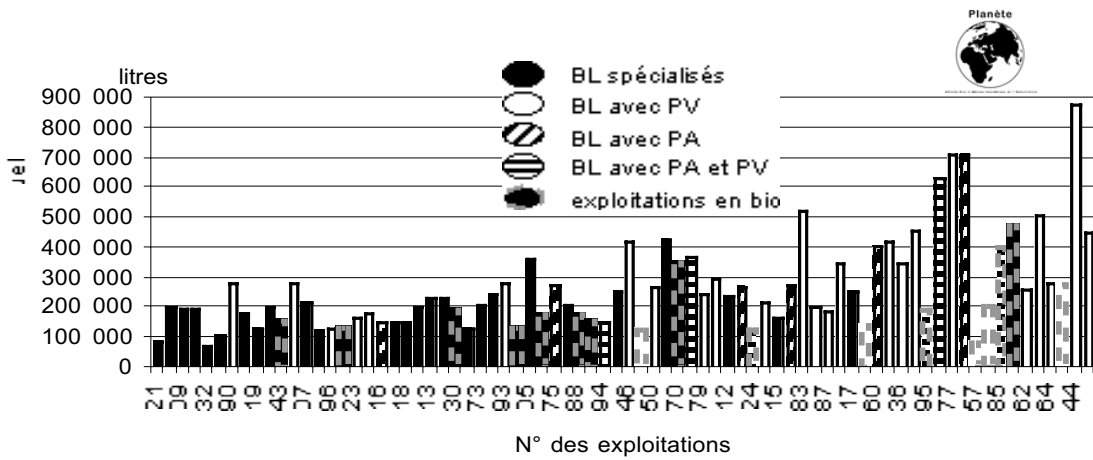
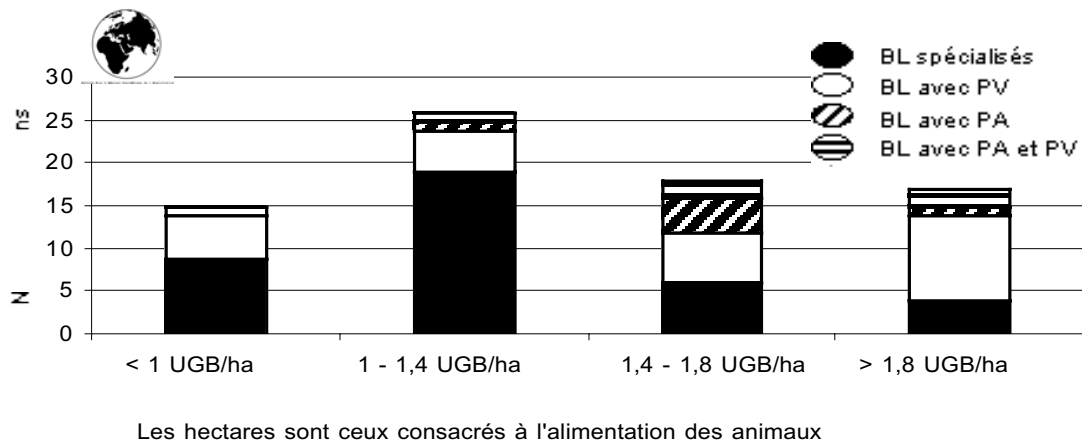


Figure 24 : Production laitière annuelle (en litres) des exploitations laitières, selon leur type



Les hectares sont ceux consacrés à l'alimentation des animaux

Figure 25 : Répartition des exploitations laitières en classe de chargement, selon leur type

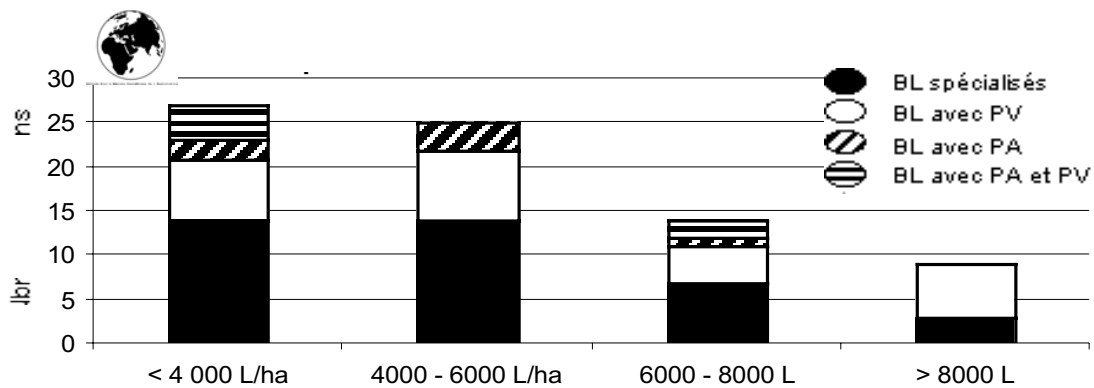


Figure 26 : Répartition des exploitations laitières en classe de production laitière par hectare de SFP, selon leur type



4.2.1.4. Les niveaux d'intensivité des systèmes laitiers.

Par intensivité d'un système de production, nous entendons son niveau d'intensification : il peut être défini, comparativement à d'autres,

- par la quantité de charges opérationnelles par unité de surface, qu'on peut assimiler ici aux consommations énergétiques en entrée/ha, (cf. partie 4.2.2.)
- ou bien par les charges opérationnelles par unité de produit, qu'on peut assimiler ici aux consommations énergétiques en entrée/unité de produit (par exemple les EQF consommés pour produire 100 litres de lait, cf. partie 4.2.2.).

Sur le plan technique, en élevage, on considère aussi que plus il y a d'animaux par unité de surface, plus les systèmes d'élevage sont intensifs. Ce critère correspond au chargement sur l'exploitation, exprimé en Unité Gros Bétail par hectare. Considérer les hectares de SAU totale ou seulement ceux consacrés aux animaux (prairies plus cultures pour leur alimentation) conduit à deux conceptions du chargement. La seconde est un meilleur indicateur de l'autonomie alimentaire de l'élevage, c'est le critère retenu ici. On peut aussi affiner l'approche technique du pâturage en ne prenant que les hectares de Surface Fourragère Principale (SFP), qui n'intègre pas les cultures de COP pour l'alimentation animale.

Dans la constitution de l'échantillon, la diversité des niveaux de chargement a été recherchée. Le critère nombre d'UGB herbivores/surface consacrée aux animaux varie de 0, 7 UGB/ha à 3,3 UGB/ha et peut se regrouper en quatre classes, illustrant la diversité des exploitations (figure 25).

Le niveau de production annuelle par vache laitière et le pourcentage de prairies naturelles et de parcours dans la SAU sont aussi des indicateurs techniques de l'intensivité du système de production.

Ces deux critères présentent des diversités importantes au sein de l'échantillon :

- aux extrêmes, 15 exploitations sont à moins de 5000 L/vache, tandis que 6 sont à plus de 8 000 L/vache,
- de même, pour 11 exploitations, les prairies naturelles représentent plus de 75 % de la surface consacrée aux animaux, tandis que d'autres n'en ont pas du tout.

Un autre critère technique est la « production laitière annuelle par hectare de SFP ». Au sein de l'échantillon, la variation est très importante (figure 26) : de moins de 1 000 L/ha à plus de 18 000 L/ha, avec néanmoins une forte proportion d'exploitations produisant moins de 4 000 L/ha de SFP.

Ce critère est corrélé positivement au chargement ($r^2 = 0,73$) mais pas aux niveaux de production par vache ni aux taux de prairies naturelles.

4.2.2. Résultats énergétiques des exploitations laitières

4.2.2.1. Les consommations énergétiques

Afin de se focaliser sur l'atelier-lait, et comme les enquêtes le permettent, on ne s'intéressera ici qu'à la consommation d'énergie destinée aux productions animales, en fonction des surfaces consacrées aux animaux (prairies plus cultures pour leur alimentation, noté haPA).

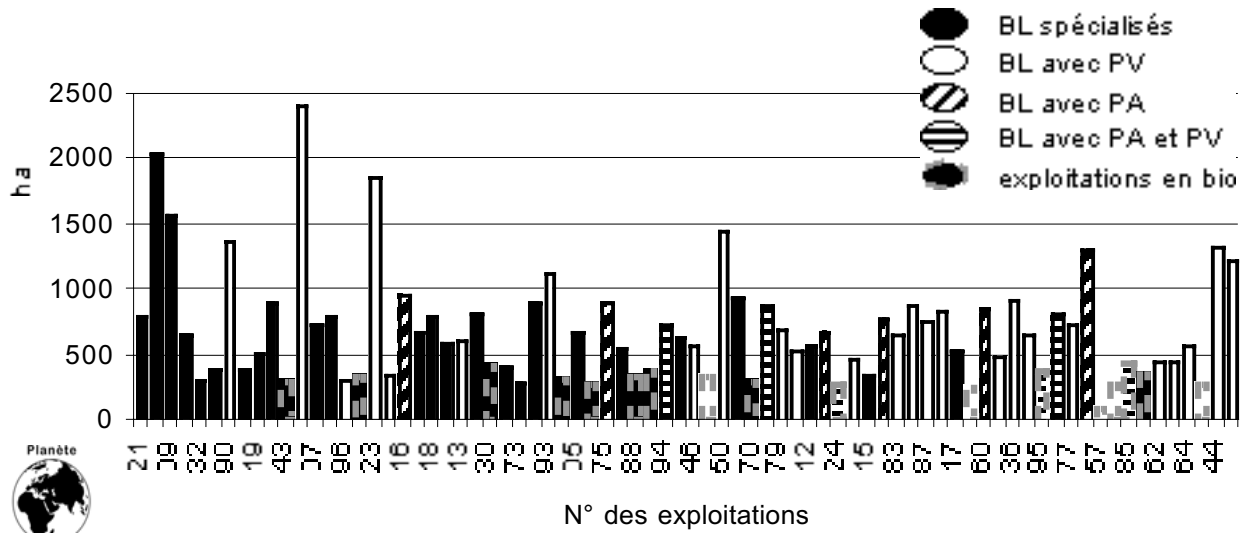


Figure 27 : Consommations énergétiques des ateliers animaux par hectare de surface consacrée aux animaux, selon les types d'exploitation

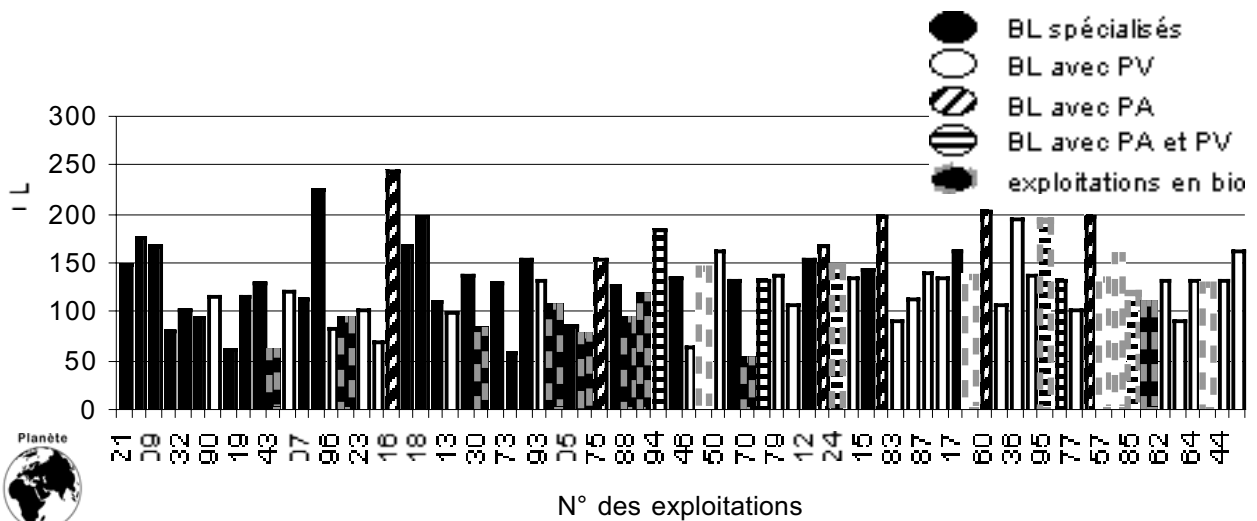


Figure 28 : Consommations énergétiques des ateliers animaux par litre de lait produit, selon les types d'exploitation

**a) Consommation/hectare de surface consacrée aux animaux**

Pour les 86 exploitations laitières, les consommations d'énergies se caractérisent par :

Intervalle de variation : 85 à 2 412 EQF/ haPA
Moyenne : 694,8 EQF/ haPA

Comme le tableur n'impute pas les consommations énergétiques entre les différentes productions animales (mais seulement entre PA et PV), la figure 27 ne représente effectivement les consommations énergétiques pour l'atelier lait que pour les orientations BL et BLPV.

La consommation des exploitations spécialisées (BL) est ici en moyenne de : 606 EQF/ha, (708 EQF/ha en conventionnel et 319 EQF/ha en bio).

La consommation pour l'atelier-lait des exploitations avec une production végétale est en moyenne un peu plus élevée : 800 EQF/ha, (900 EQF/ha en conventionnel, 237 EQF/ha en bio).

Les exploitations en agriculture conventionnelle sont, en moyenne sur l'échantillon, 2,5 fois plus consommatrices que les exploitations en agriculture biologique. Les moyennes sont respectivement de 806 EQF/ha en conventionnel et de 307 EQF/ha en agriculture bio. Et aucune exploitation biologique ne dépasse 500 EQF/ha (intervalle de 85 à 428 EQF/ha).

Ceci s'explique par des systèmes globalement plus autonomes, sans utilisation d'engrais chimiques, de produits phytosanitaires et achetant peu d'aliments du bétail.

b) Consommation d'énergie pour les productions animales par litre de lait

Pour les 86 exploitations laitières, les consommations énergétiques des PA par litres de lait se caractérisent par :

Intervalle de variation : 51 à 247 EQF/ 1000 L de lait
Moyenne : 131 EQF/ 1000 L de lait

Comme expliqué précédemment, la figure 28 ne représentent effectivement les consommations énergétiques pour l'atelier lait que pour les orientations BL et BLPV. Cette expression de la consommation d'énergie n'est pas adaptée aux exploitations ayant une autre production animale, non valorisée à travers la quantité de lait produite. Ceci explique que le résultat moyen des exploitations avec une autre production animale soit plus élevé (195 EQF/1 000 L de lait).

Il n'existe pas de différence entre les exploitations spécialisées et les exploitations avec une production végétale.

Concernant le mode de production, en moyenne, les exploitations en conventionnel consomment plus (136 EQF/1 000 L) que les exploitations en agriculture biologique (115 EQF/1 000 L). Cet écart est particulièrement marqué pour les exploitations spécialisées : 131 EQF/1 000 L pour les BL conventionnels et seulement 92 EQF/1000 L pour les BL biologiques.

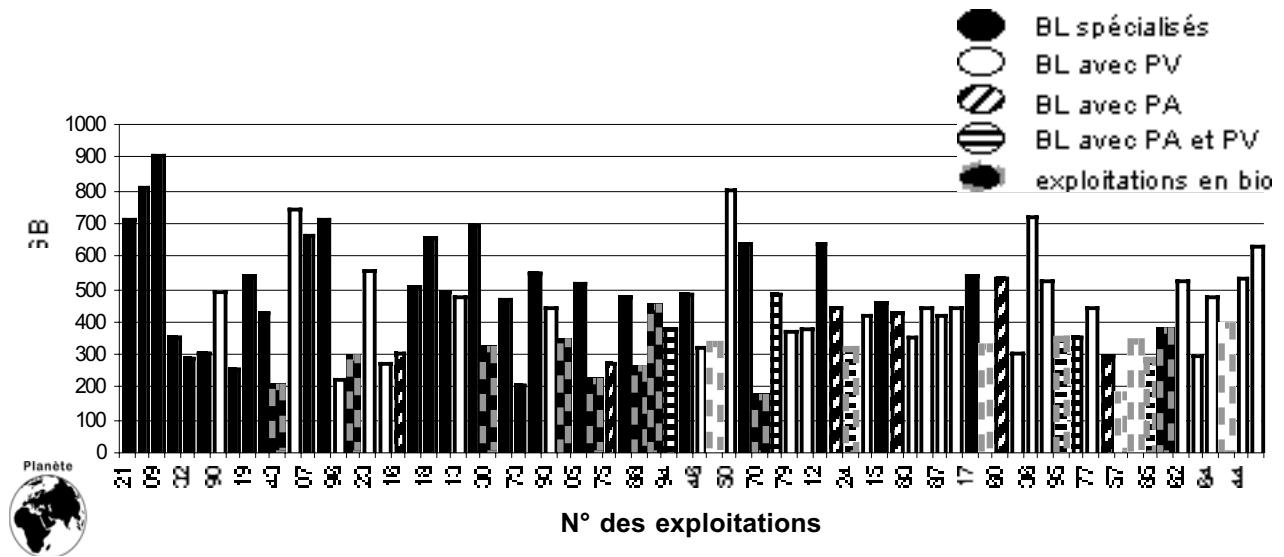
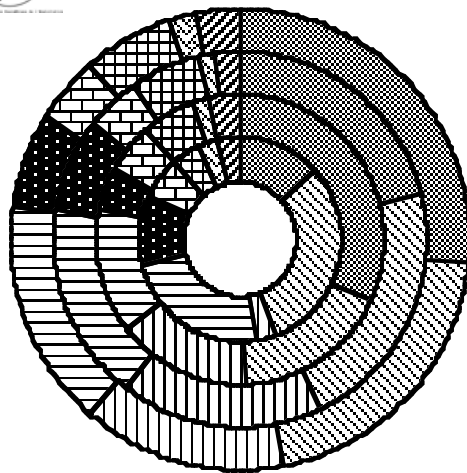


Figure 29 : Consommations énergétiques des ateliers animaux par UGB présents, selon les types d'exploitation



De l'extérieur vers l'intérieur :

- Toutes exploitations laitières
- Exploitations BL, conventionnelles
- Exploitations avec PV, conventionnelles
- Toutes exploitations laitières biologiques

- Aliments du bétail
- Fioul
- Fertilisations
- Electricité
- Matériel
- Autres achats
- Bâtiments
- Produits pétroliers
- Divers

Figure 30 : Répartition des consommations énergétiques par postes selon les types d'exploitations



c) Consommation d'énergie pour les productions animales par UGB totale de l'exploitation

Pour les 86 exploitations laitières, la consommation d'énergie pour les productions animales par UGB totale de l'exploitation :

Intervalle de variation : 169 à 908 EQF/ UGB
Moyenne : 444 EQF/ UGB

Types d'exploitations	conso. /UGB EQF/UGB
BLPAPV	362
BL	466
BLPV	445
BLPA	385
BL Bio	296
BL Conventionnel	527

Tableau 21 : Moyenne des consommations énergétiques par UGB selon les types d'exploitations laitières

Selon ce critère, les exploitations avec une double diversification en production animale et en production végétale sont les moins consommatrices (362 EQF/UGB en moyenne, 283 à 486 en extrêmes) Inversement, les exploitations spécialisées sont plus consommatrices avec 466 EQF/UGB en moyenne, malgré un minimum de 169 EQF/UGB. Les exploitations avec une production végétale sont assez proche des exploitations spécialisées (445 EQF/UGB en moyenne et une très forte dispersion) alors que les exploitations avec une production animale se rapprochent des très diversifiées (383 EQF/UGB en moyenne et une plus faible dispersion).

Globalement, les exploitations en agriculture biologique sont moins consommatrices (figure 29) que celle en agriculture conventionnelle, quels que soient les types d'orientation. L'écart est particulièrement important pour les exploitations spécialisées (296 EQF /UGB en bio par rapport à 527 EQF/UGB en conventionnel).

d) Les postes de consommation d'énergie

Les constats faits pour l'échantillon global (partie 4.1.2) s'appliquent aussi aux exploitations laitières (figure 30).

Les consommations par hectare des 4 postes majeurs « aliments du bétail », « fertilisation », « fioul » et « électricité » représentent en moyenne **75 %** de la consommation totale par hectare des exploitations. Leur somme est fortement corrélée à la consommation totale ($r^2 = 0,98$). Si on analyse plus finement, on constate que les quatre postes majeurs représentent **80 %** de la consommation totale pour les **productions animales** (avec la même corrélation). L'analyse sur les consommations pour les **productions végétales** des exploitations laitières montre une proportion de **70 %** pour ces quatre postes. En effet, pour les cultures, le poste « produits phytosanitaires » est plus important que le poste électricité, dont l'utilisation est limitée au stockage et à l'irrigation.

Par ailleurs, pour les exploitations en **agriculture biologique**, la part des quatre postes majeurs n'est que de **71 %**, en raison d'une part moins importante de la fertilisation et des aliments du bétail. A contrario, les postes fioul, électricité et amortissement du matériel sont relativement plus importants malgré des valeurs brutes plus faibles.

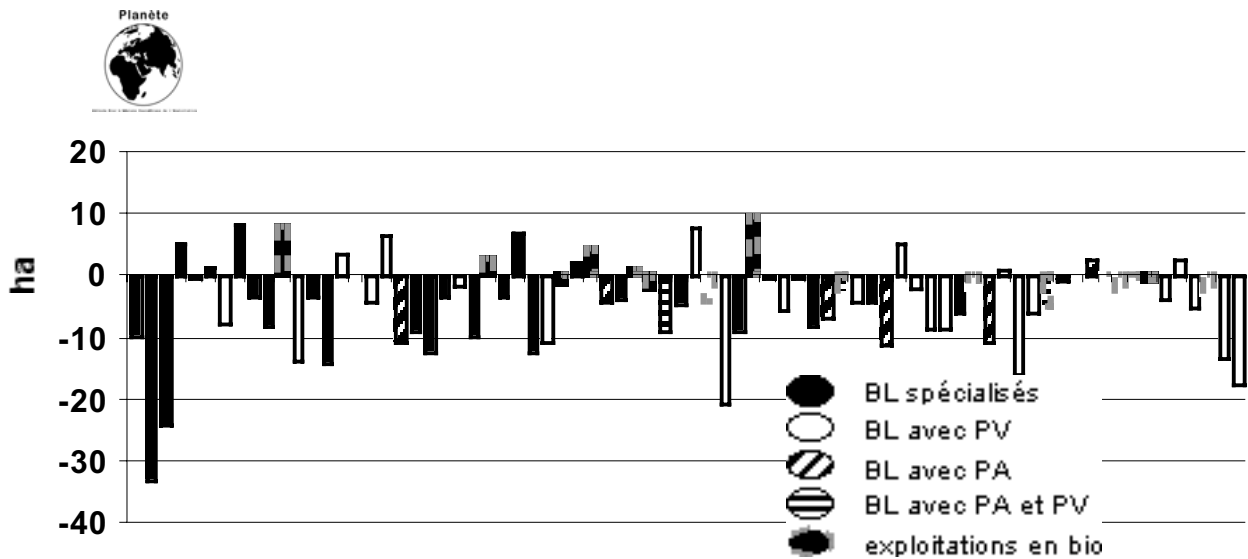


Figure 31 : Bilan énergétique des productions animales, par hectare de surface consacrée aux animaux, selon les types d'exploitations



Ceci permet de considérer que la règle de simplification proposée (partie 4.1.7.1) peut probablement s'appliquer aux exploitations laitières conventionnelles, mais doit être reconsidérée pour les exploitations de cultures et pour les fermes biologiques.

Notons qu'aucun poste, qu'il soit majeur ou non, pris individuellement, ne possède une relation aussi forte avec la consommation d'énergie totale. Par exemple, pour la consommation d'aliment par rapport à la consommation totale, le r^2 s'élève à 0,73, il est de 0,61 pour la consommation d'engrais.

Certains postes peuvent prendre ponctuellement des valeurs plus élevées, en fonction de situations particulières de certaines exploitations : bâtiments récents, matériel important, achat d'animaux extérieurs, etc.

postes de consommation énergétique	Toutes exploitations laitières (76 exploit.)		Exploit. spécialisées en conventionnel (28 exploit.)		Exploit. diversifiées en conventionnel (31 exploit.)		Exploitations en agriculture biologique (17 exploit.)	
	Moy.	Max	Moy.	Max	Moy.	Max	Moy.	Max
En EQF/ha								
Aliments	185	872	149	586	297	872	40	173
Fioul	140	397	154	397	153	305	94	168
Fertilisation	101	574	125	574	128	471	11	86
Electricité	111	292	121	292	123	290	70	124
Matériel	46	183	57	183	43	127	34	89
Autres achats	33	225	34	88	44	225	21	31
Bâtiments	45	182	44	130	59	182	13	77
Produits pétroliers	13	93	10	37	19	93	9	40
Divers	21		16		31		12	
Total	695	2412	708	2056	895	2413	304	428

Tableau 22 : Valeurs moyennes et maximales des postes de consommation énergétique selon les types d'exploitations laitières

La consommation d'énergie directe représente en moyenne 42,8 % de la consommation totale pour les 76 exploitations laitières. Ce pourcentage est bien plus important pour les exploitations en agriculture biologique (58,2 %) car elle consomme moins d'énergie par les intrants que les exploitations en conventionnel (38,4 %).

4.2.2.2 Les bilans énergétiques

Les bilans annuels globaux (figure 31) par hectare de SAU sont très variables de : – 32 GJ/ha à + 73 GJ/ha.

La présence de productions végétales de vente améliore logiquement le bilan. Ainsi, les exploitations avec une production végétale présentent en général des bilans supérieurs aux exploitations en production animale. Néanmoins, quelques exploitations avec des productions végétales ont des bilans négatifs et inversement 11 exploitations en production animale (sur 46) présentent un bilan positif dont 4 exploitations conduites en agriculture biologique (sur 10).

Pour éviter ce biais, un bilan annuel de l'énergie des productions animales a été calculé. Il fait la différence entre la production d'énergie par le lait et les viandes et les consommations d'énergie destinées aux productions animales. On le ramène à l'hectare de surface consacrée aux animaux.

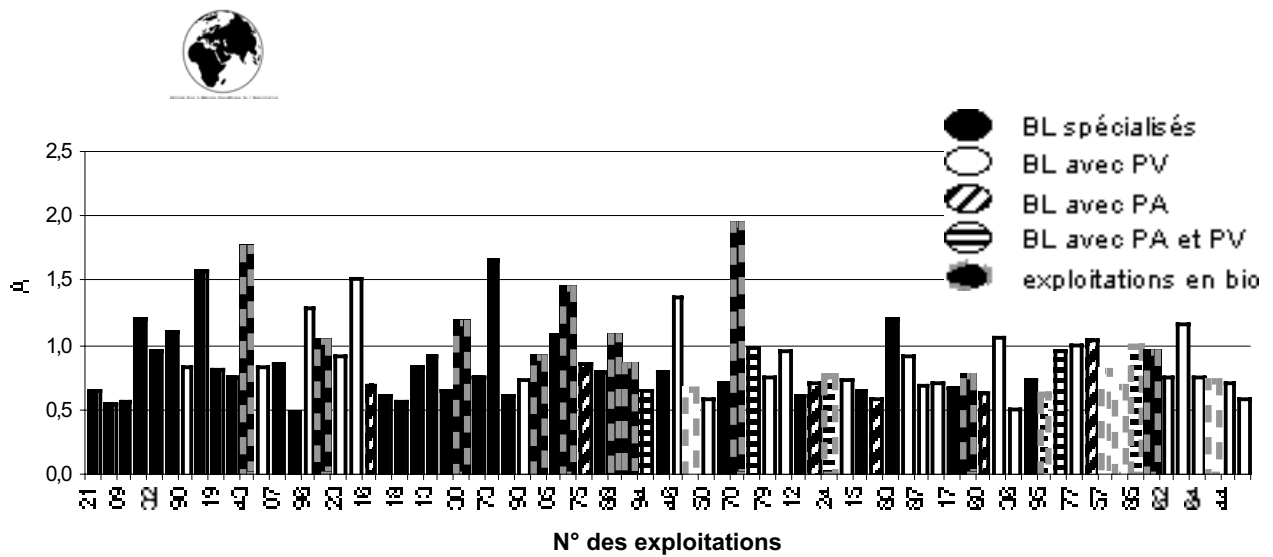


Figure 32 : Efficacité énergétique des productions animales, selon les types d'exploitations



Globalement, les résultats sont les suivants :

bilan énergétique selon les types En GJ/ha/an	Toutes exploitations			Conventionnelles	Biologiques
	Moyenne	Mini	Maxi	Moyenne	Moyenne
BL	- 3,6	-33	9,5	- 5,6	2
BL PV	- 4,9	- 21	7,8	- 5,4	-2,6
BL PA	- 6,7	- 11	2,8	- 6,7	
BL PV PA	- 2,9	- 8,7	- 0,3	- 3,3	- 2,5
Toutes lait	- 4,3	- 33	9,5	- 5,6	0,1

Tableau 23 : Valeurs moyennes, minimales et maximales des bilans énergétiques selon les types d'exploitations laitières

Le bilan énergétique annuel moyen des productions animales des exploitations laitières est négatif, d'environ 4,3 GJ ou 120 EQF par ha de SFP. Il est particulièrement négatif pour les exploitations avec un atelier de production animale complémentaire, à priori moins efficace que l'atelier laitier.

De même, les exploitations avec un atelier de production végétale présentent des bilans moins bons que les exploitations spécialisées.

Les exploitations laitières spécialisées et biologiques présentent en moyenne un bilan positif, ce qui est remarquable en production animale.

Les exploitations en agriculture biologique ont d'une manière générale des bilans énergétiques moins dégradés que les exploitations en agriculture conventionnelle.

4.2.2.3 Efficacité énergétique des productions animales

C'est le rapport entre l'énergie produite par les productions animales et l'énergie consommée pour obtenir ces productions.

Les résultats sont globalement comparables aux bilans globaux (figure 32).

efficacité énergétique des PA	Toutes exploitations			Conventionnelle	Biologique
	Moyenne	Mini	Maxi	Moyenne	Moyenne
BL	0,94	0,5	1,9	0,85	1,19
BL PV	0,87	0,5	1,5	0,89	0,72
BL PA	0,77	0,6	1,1	0,77	-
BL PV PA	0,83	0,6	1,0	0,88	0,79
Toutes lait	0,89	0,5	1,9	0,86	1,01

Tableau 24 : Valeurs moyennes, minimales et maximales des efficacités énergétiques selon les types d'exploitations laitières

Les exploitations spécialisées en agriculture biologique sont en moyenne plus efficaces que celles en agriculture conventionnelle.

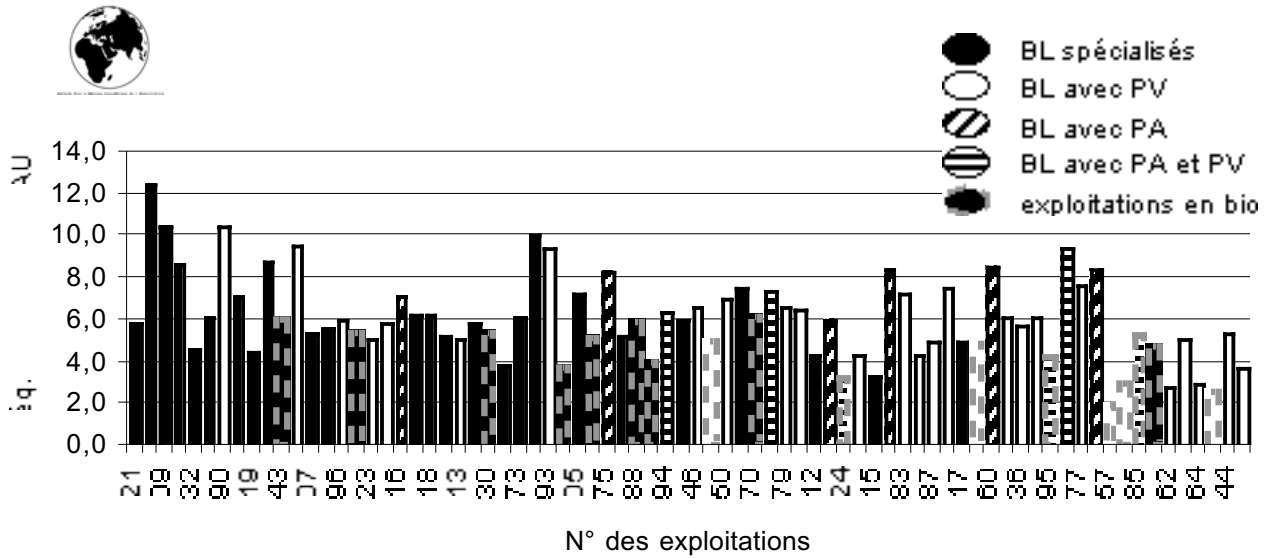


Figure 33 : Pouvoir de réchauffement Global, à 100 ans, par hectare de SAU, selon les types d'exploitations laitières

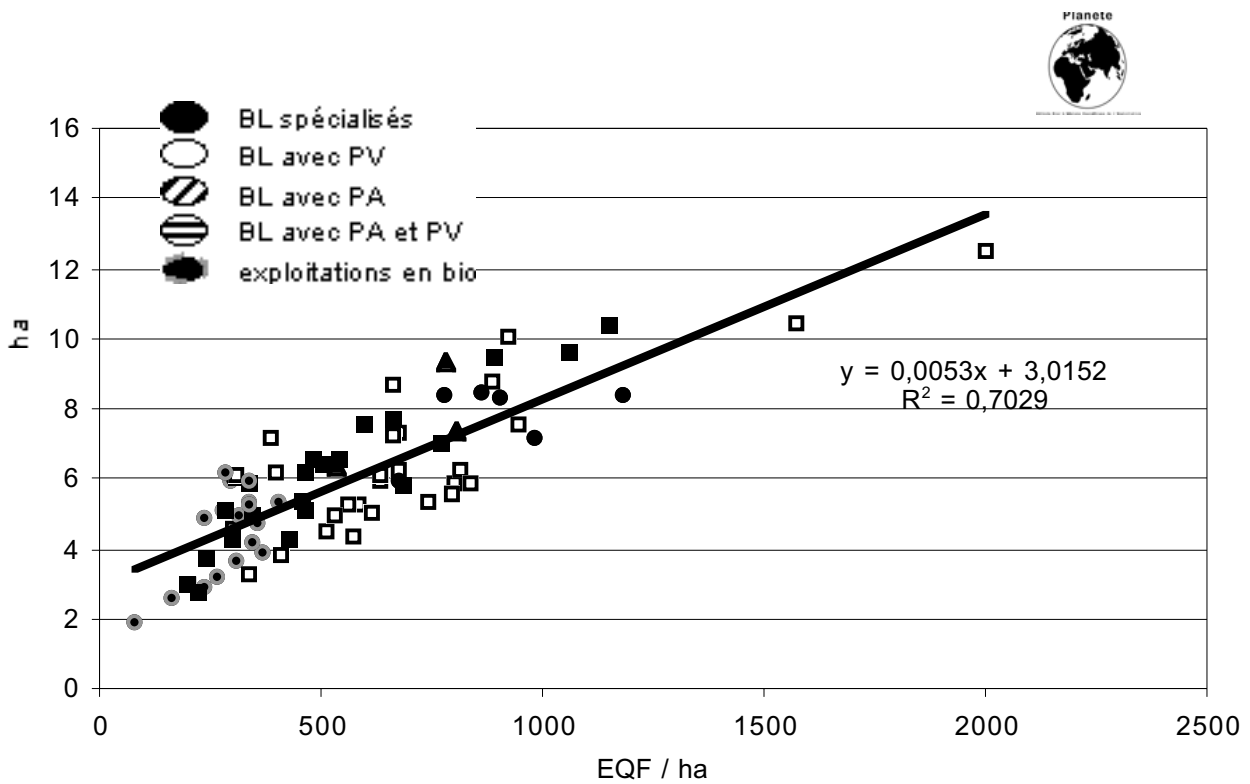


Figure 34 : Pouvoir de Réchauffement Global, à 100 ans, par hectare de SAU, fonction des consommations énergétiques/ha pour les PA, selon les types d'exploitations laitières



Les exploitations avec une production végétale en agriculture biologique soit moins efficace que celle en agriculture conventionnelle que ce soit pour la production laitière (EE PA = 0,72 contre 0,89) ou pour les productions végétales (EE des PV = 3,0 contre 4,2). Cette situation n'est pas vérifiée avec les exploitations spécialisées en production végétale où les efficacités sont comparables (partie 4.3.). Il n'a pas pu être isolé de cause exacte à cette situation qui demanderait à être vérifiée sur un échantillon plus large.

4.2.2.3. Pouvoir de Réchauffement global des exploitations laitières

a) Le critère retenu est le PRG à 100 ans en T éq. CO₂, par ha de SAU.

Le PRG moyen des exploitations laitières est de : 6,0 T éq. CO₂/ha de SAU, avec des variations très importantes (1,9 à 12,5 T éq. CO₂/ha de SAU).

Les variations de PRG sont assez comparables à celles de l'efficacité énergétique. En particulier, les exploitations avec une production végétale présente un PRG moyen plus faible (5,6 T éq. CO₂/ha de SAU) que les exploitations spécialisées (6,1 T éq. CO₂/ha de SAU) et que les exploitations avec une autre production animale (7,8 T éq. CO₂/ha de SAU). On constate également (figure 33) que les exploitations plus petites (à gauche) ont tendance à avoir un PRG/ha plus important,

Les exploitations laitières en agriculture biologique s'illustrent encore par des PRG, en moyenne, plus faibles d'environ 2 T éq. CO₂/ha de SAU que les exploitations laitières conventionnelles, et cela quels que soient les ateliers complémentaires.

b) Le PRG par litre de lait

Ce critère est faussé par les exploitations ne produisant pas que du lait. Nous ne l'étudierons donc que pour les exploitations laitières spécialisées.

On constate que :

pour les exploitations spécialisées (BL), le PRG/L de lait moyen des exploitations conventionnelles est de 1,4 kg éq. CO₂/L de lait, il est 1,8 kg éq. CO₂/L de lait pour les exploitations en agriculture biologique.

Ceci s'explique par une productivité moindre par animal, un nombre d'animaux plus élevé et une plus grande surface.

Ceci se vérifie aussi pour les exploitations avec diversification, même si les valeurs absolues ne sont pas significatives.

c) Malgré des tendances comparables, il n'y a pas de relation entre l'efficacité énergétique des productions animales et le PRG à 100 ans par ha de SAU ni entre le bilan global par ha de SAU et le PRG à 100 ans par hectare de SAU

Il existe une corrélation positive, pour l'échantillon, entre la consommation d'énergie totale pour les productions animales/ha de SAU et le PRG 100 ans/ha de SAU (figure 34). Ce lien signifie que les émissions de méthane, seulement liées aux animaux, ne sont pas déconnectées des surfaces ni des consommations, car le chargement pratiqué par l'éleveur est cohérent : on n'aurait pas les mêmes résultats avec des ateliers hors-sol.

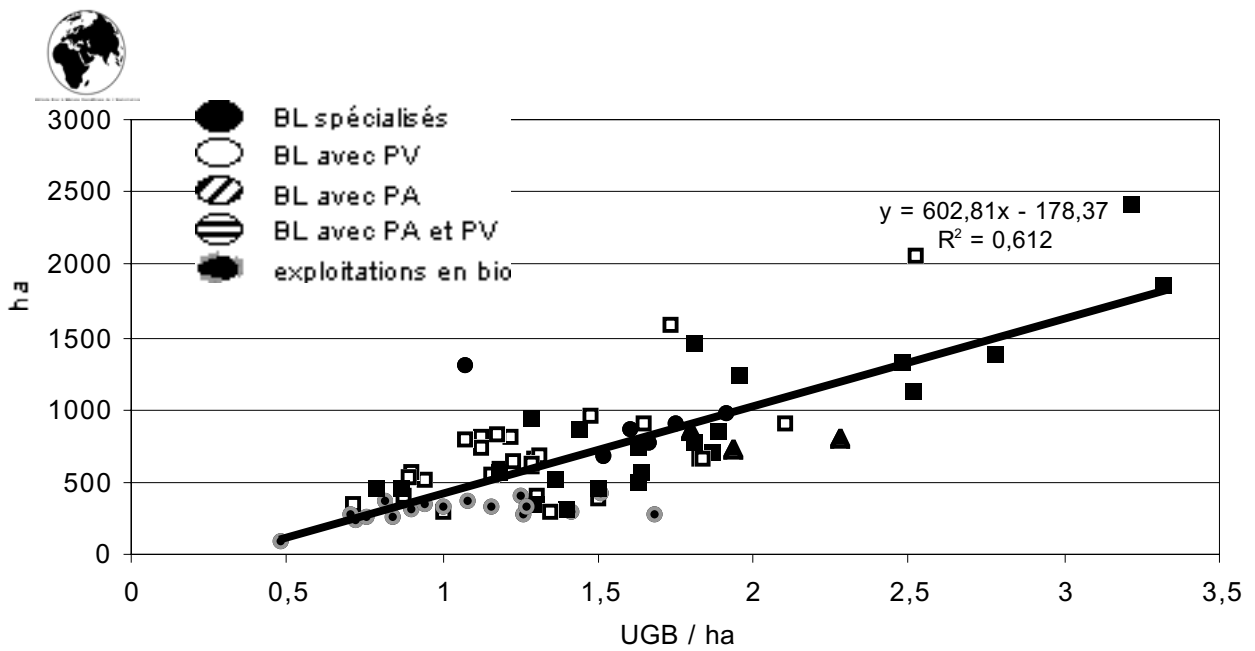


Figure 35 : Consommations énergétiques/ha pour les PA et chargement UGB/ha, selon les types d'exploitations laitières



4.2.3. Analyses croisées sur les exploitations laitières

Nous cherchons à mettre en évidence d'autres liens éventuels entre intensivité des systèmes de production (définie en partie 4.2.1.4.) et leurs résultats : consommation énergétique, efficacité énergétique, PRG.

4.2.3.1. Consommation d'énergie et intensivité

L'énergie consommée par les productions animales/surface consacrée aux productions animales est déjà en elle-même un critère d'intensivité.

Cette consommation d'énergie est en corrélation positive avec la production laitière par ha ($r^2 = 0,74$) ainsi qu'avec le chargement ($r^2 = 0,61$) (cf. figure 35). Dans cette logique, un moyen de diminuer les consommations énergétiques par hectare est de produire moins par hectare, en diminuant le chargement.

En revanche, aucun lien ne semble relier la consommation d'énergie par ha aux autres critères d'intensivité.

Logiquement, de même il n'existe pas de relation claire et identifiée entre les postes majeurs de consommation pris individuellement et les critères d'intensivité.

De plus, la consommation d'énergie pour les productions animales/litre de lait produit ne montre pas de corrélation significative avec le critère « lait produit par vache », quelles que soient les spécialisations.

4.2.3.2. Efficacité énergétique et intensivité

L'efficacité énergétique des productions animales n'est corrélée significativement à aucun des critères d'intensivité (sauf le chargement), pour la population des 76 exploitations laitières. Ce résultat est important, il montre que **les stratégies d'amélioration des efficacités énergétiques ne passent pas nécessairement par une intensification, ni par une extensification.**

Une corrélation positive se dessine pour les exploitations **en agriculture biologique** entre **l'efficacité énergétique et le chargement herbivore** mais le coefficient de corrélation est faible ($r^2 = 0,48$). La relation semble meilleure entre l'efficacité énergétique et le chargement lorsque la population est réduite aux exploitations spécialisées en lait en agriculture biologique ($r^2 = 0,84$).

Cette relation quelque peu surprenante trouve son explication dans la diversité des localisations géographiques des exploitations. En effet, les 6 exploitations (sur 10) ayant une efficacité énergétique supérieure à 1 et qui ont le plus gros chargement sont localisées ainsi : 3 en Nord-Pas de Calais, 2 en Mayenne, 1 en Finistère. Les 4 autres exploitations sont situées : 2 dans le Rhône, 1 dans le Tarn et 1 dans le Finistère. Les différences de potentiel pédo-climatique expliquent que des exploitations en agriculture biologique (sans engrais chimiques et avec peu d'aliments extérieurs) puissent avoir un chargement élevé et une bonne efficacité énergétique grâce à une productivité « naturelle » plus élevée. On retrouve ici la rationalité de l'éleveur (surtout bio), qui adapte son système de production aux potentialités du milieu.

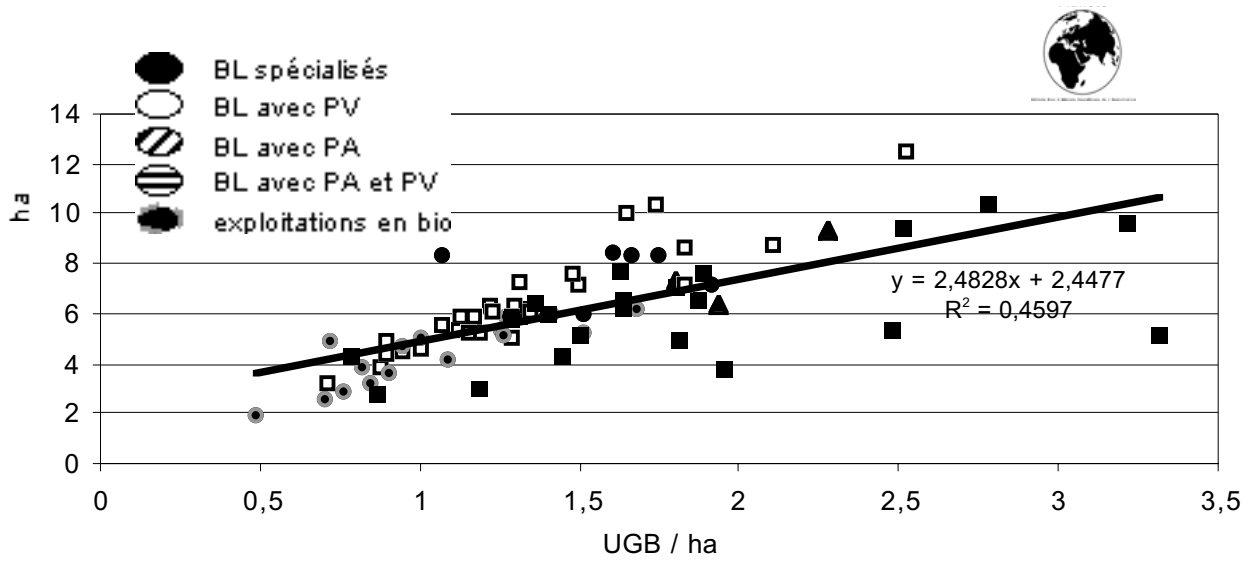


Figure 36 : Pouvoir de Réchauffement Global par hectare et chargement UGB/ha, selon les types d'exploitations laitières



4.2.3.3. Pouvoir de Réchauffement Global et intensivité

Le PRG à 100 ans par ha et le PRG à 100 ans par litre de lait présentent des **corrélations positives** mais faibles **qu'avec le chargement** ($r^2= 0,48$ et $0,46$) et **avec la production laitière par hectare** ($r^2= 0,33$ pour les deux analyses).

En revanche, ils ne présentent pas de relation avec le niveau de production par vache, ni avec le taux de prairies naturelles dans la SAU.

La relation est plus nette lorsque la population est réduite aux exploitations laitières en agriculture biologique ($r^2= 0,74$ pour le lien au chargement et $0,66$ pour le lien à la production laitière/ha).

4.2.4. Conclusion

Les différences, connues, d'efficacité entre les cycles végétaux et animaux, ont conduit le groupe PLANÈTE à rechercher dans ses analyses la séparation des productions végétales et animales, mais l'affectation de l'énergie entre PA et PV peut être source de biais. Par ailleurs, l'analyse des résultats reste délicate pour toutes les exploitations mettant en œuvre plus d'une production animale.

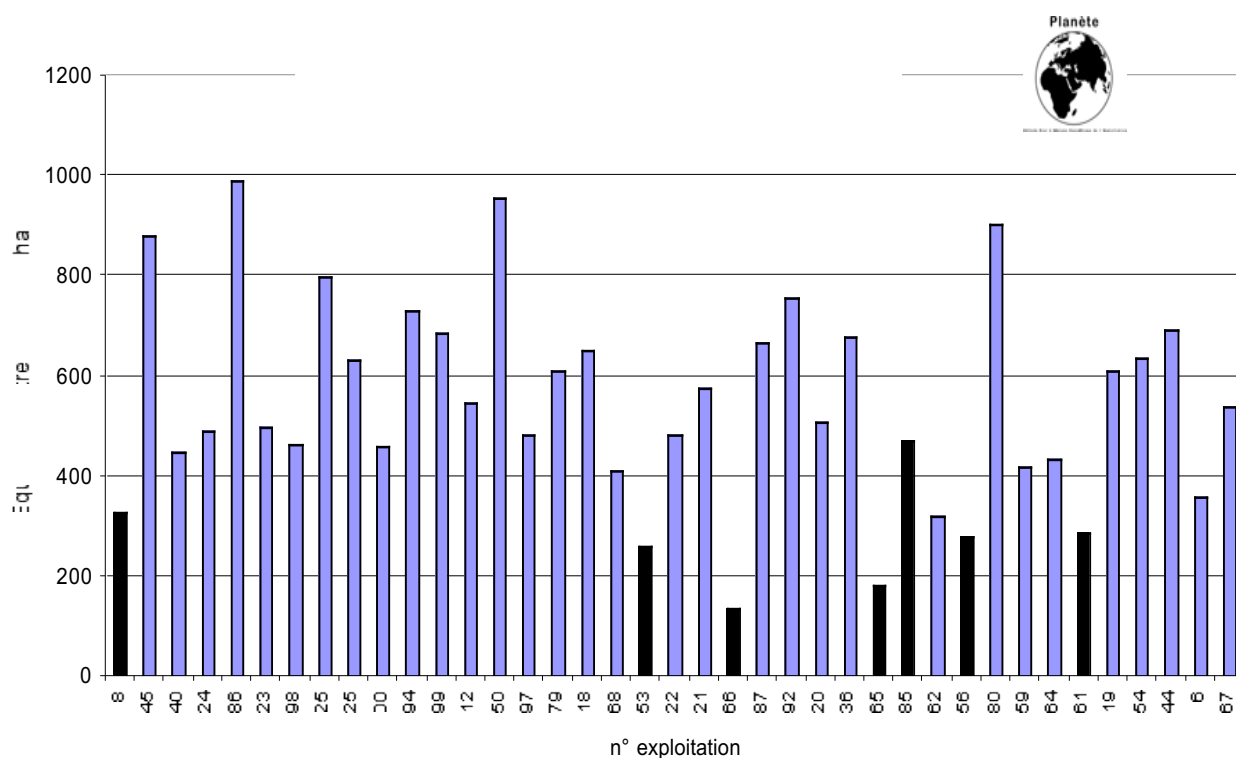
De même, les moyennes citées sont à manipuler avec prudence, l'échantillon n'étant pas représentatif des exploitations françaises. Les comparaisons réalisées entre les groupes d'exploitations laitières définis selon leur spécialisation, sont de même susceptibles d'être influencées par les différences structurelles des exploitations de chaque groupe.

Pour les exploitations laitières de l'échantillon, les principaux résultats sont :

- Les chiffres de consommation d'énergie pour les productions animales par ha sont en moyenne, sur les exploitations enquêtées, de 700 EQF /ha (avec un rapport de 1 à 30 entre le minimum et le maximum observés), de 125 EQF/1000 L de lait (pour les exploitations n'ayant qu'un atelier de production animale, avec une variation de 1 à 5) et de 440 EQF/UGB totale (avec un rapport de 1 à 5).
- 75 % de la consommation d'énergie proviennent de quatre postes majeurs : aliment du bétail, engrais, fioul et électricité.
- Les bilans énergétiques sont déficitaires en moyenne d'environ 120 EQF /ha (pour l'énergie liée aux productions animales exclusivement) avec des écarts importants (de - 920 à + 266 EQF/ha).
- Globalement, les exploitations spécialisées sont les plus efficaces pour l'énergie liée aux productions animales.
- Globalement, le PRG/ha des exploitations avec une production animale sont plus faibles que ceux des exploitations spécialisés ou avec une autre production animale.

Globalement les exploitations en agriculture biologique consomment moins d'énergie que les conventionnelles, sont plus efficaces et ont des PRG par unité de surface plus faibles. En revanche, leur PRG/litre de lait produit est plus élevé.

La consommation d'énergie et la contribution au réchauffement global semblent être en relation positive avec le chargement herbivore et la production laitière par ha. L'efficacité énergétique semble moins liée aux critères d'intensivité retenus.



**Figure 37 : Consommation énergétique par hectare de culture de vente
(en noir : exploitation suivant mode de production de l'agriculture biologique)**

NB : dans les graphes de cette partie, les exploitations sont présentées par ordre de SAU croissante. On peut remarquer ainsi qu'il n'apparaît pas d'existence d'économie d'échelle liée à la taille de la SAU dans les consommations énergétiques par hectare pour les cultures.

4.3. Analyse des cultures de vente

4.3.1. Choix des exploitations d'étude

Les exploitations concernées sont celles qui vendent des grandes cultures et éventuellement d'autres végétaux (cultures industrielles telles que betteraves à sucre, pomme de terre, tabac, etc. ; mais aussi fruits et légumes). Par grandes cultures, nous entendons cultures de Céréales, d'Oléagineux ou de Protéagineux. Ce sont les cultures COP (au sens de la PAC, et de ses subventions).

Les exploitations produisant des COP et autres cultures sont au nombre de 99 dans l'échantillon d'étude. Cependant, parmi elles, 46 exploitations utilisent l'intégralité de ces produits végétaux comme aliments de leur bétail, contribuant ainsi à l'autonomie alimentaire du troupeau. D'autres utilisent une partie seulement de leurs productions végétales pour nourrir leur troupeau : elles réduisent ainsi leurs entrées d'aliments achetés, mais parallèlement diminuent leurs sorties de végétaux COP. Ces intra-consommations n'ont pas été quantifiées, puisque l'analyse se limite aux entrées et sorties de l'exploitation. Néanmoins ont été évaluées les surfaces vouées aux intra-consommations et celles dont les produits sont vendus. Ainsi, lors des enquêtes, ont été différenciées les consommations énergétiques imputables à l'élevage (y compris celles pour cultiver les aliments des animaux) et celles imputables aux cultures de vente. Ceci permet l'affectation des énergies consommées en entrée, respectivement aux productions animales et aux productions végétales de vente (cf. partie 3). Par défaut, l'affectation se fait au prorata de ces surfaces pour tous les intrants des cultures.

Ici, afin d'étudier les processus de production des cultures, nous nous restreindrons aux 39 exploitations (parmi les 53 vendant des végétaux) pour lesquelles la vente de COP n'est pas marginale : Ont été ainsi retenues les fermes ayant une surface de COP de vente supérieure à 10 ha. Certaines autres cultures sont analysées spécifiquement dans la partie 4.5 quand elles ne sont pas produites conjointement à des COP. Parmi ces 39 fermes, 7 d'entre elles suivent le cahier des charges de l'agriculture biologique.

4.3.2. Consommation d'énergie des productions végétales

Pour ces 39 fermes, les surfaces consacrées aux COP de vente s'échelonnent de 10 ha à 245 ha. Les consommations pour les productions végétales ramenées à l'hectare de végétaux de vente s'établissent selon la figure 37.

Sur les 39 exploitations de l'échantillon d'étude

Les consommations énergétiques à l'hectare de culture de vente se caractérisent par :

Intervalle de variation : 135 à 988 EQF/ha

Moyenne : 544 EQF/ha

Pour les 7 exploitations pratiquant l'agriculture biologique (en noir), on a :

Intervalle de variation : 135 à 469 EQF/ha

Moyenne : 277 EQF/ha

Pour les 32 exploitations pratiquant l'agriculture conventionnelle (en gris), on a :

Intervalle de variation : 318 à 988 EQF/ha

Moyenne : 603 EQF/ha

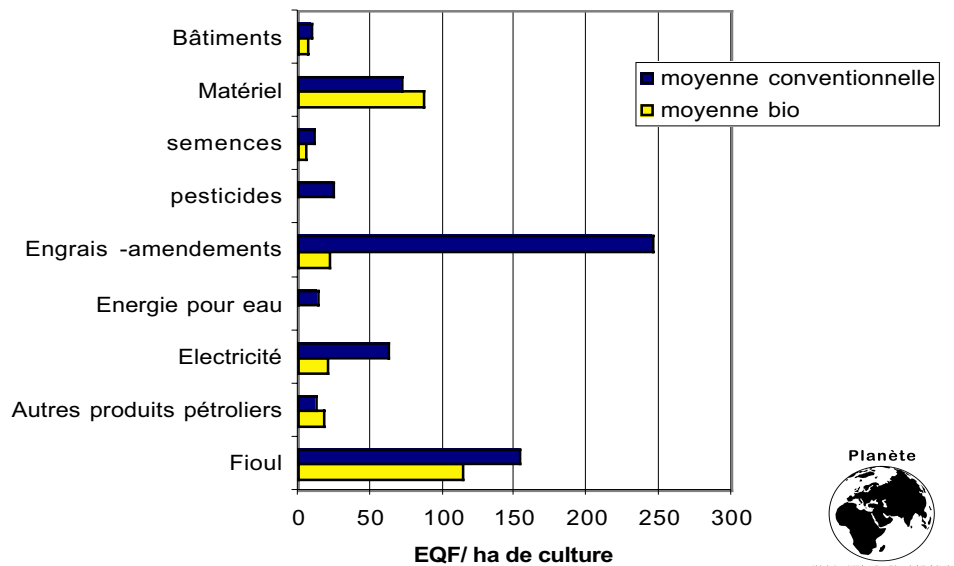


Figure 38 : Moyenne des consommations énergétiques par postes, selon le mode de production biologique ou conventionnel

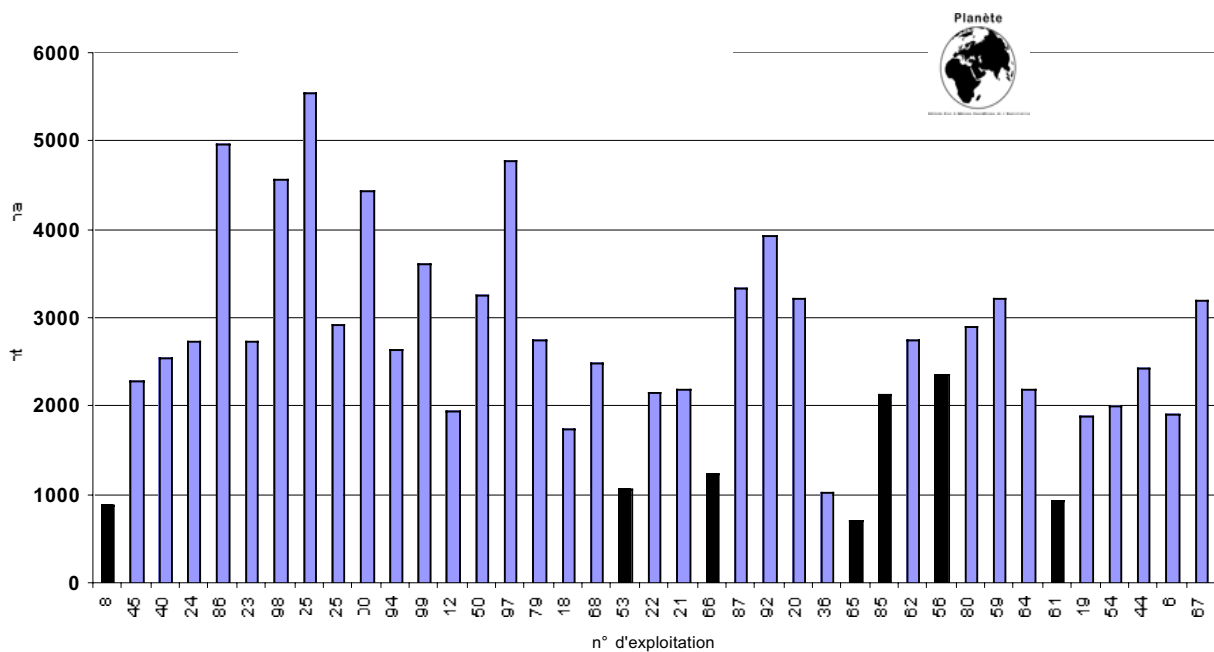


Figure 39 : Sorties énergétiques par hectare de culture de vente (en noir : mode de production de l'agriculture biologique)

Le mode de culture selon l'agriculture biologique apparaît en moyenne sur l'échantillon comme deux fois moins consommateur d'énergie en entrée par unité de surface.

La répartition des consommations par postes explique ces différences (figure 38) : les itinéraires techniques bio sont moins consommateurs en engrais et en pesticides, comme le montre le tableau 25, mais aussi en fioul, eau,... Notons que les fermes bio de cette étude fertilisent leurs terres essentiellement en interne par leurs effluents d'élevage et par des rotations à base de Légumineuses.

Consommations moyennes par poste	des exploitations biologiques		des exploitations conventionnelles		de l'ensemble		
	En EQF	Par exploitation	Par hectare de culture	Par exploitation	Par hectare de culture	Par exploitation	Par hectare de culture
Fioul		6 660	114	9 806	153	9 242	146
Autres produits pétroliers		934	17	709	12	749	12
Électricité		1 468	21	3 698	62	3 297	55
Énergie pour eau		131	2	1 397	14	1 170	12
Engrais -amendements		1 478	22	17 165	246	14 349	206
pesticides		20	1	1 684	24	1 386	20
semences		434	6	721	11	670	10
Matériel		4 394	87	3 729	72	3 848	74
Bâtiments		312	7	414	9	396	9
Autres (bâches, etc...)		0	0	22	0,3	18	0,3
TOTAL		15 831	277	39 345	603	35 124	544

Tableau 25 : Moyenne des consommations par poste pour les productions végétales de vente, à l'échelle de la ferme et par hectare de culture de vente

4.3.3. Production d'énergie des productions végétales

La valeur énergétique des productions végétales de l'exploitation, ramenées à l'hectare de végétaux de vente s'établit selon la figure 39.

Les sorties de végétaux par ha consacré aux cultures de vente sont également très variables :

<p>Sur l'échantillon d'étude</p> <p>Les sorties énergétiques à l'hectare de culture de vente se caractérisent par :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 707 à 5 542 EQF/ha</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 2 661 EQF/ha</p> <p>Pour les 7 exploitations pratiquant l'agriculture biologique (en noir), les sorties se situent :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 707 à 2 354 EQF/ha</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 1 334 EQF/ha</p> <p>Pour les 32 exploitations pratiquant l'agriculture conventionnelle (en gris), les sorties se situent :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 1 040 à 5 542 EQF/ha</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 2 952 EQF/ha</p>

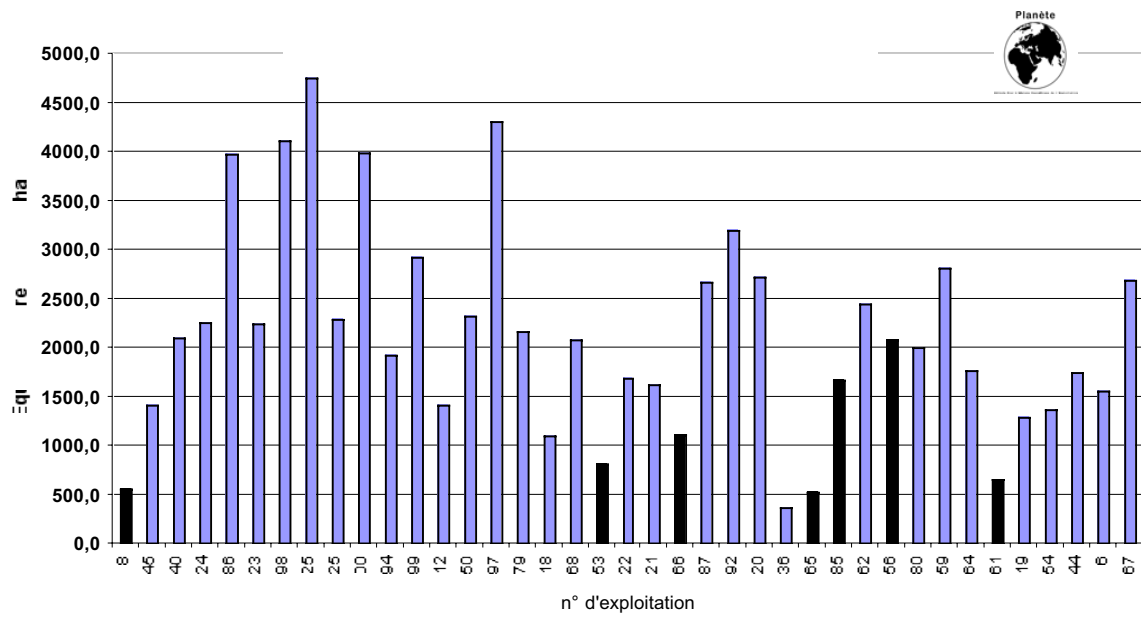


Figure 40 : Bilans énergétiques par hectare de culture de vente (en noir : mode de production de l'agriculture biologique)

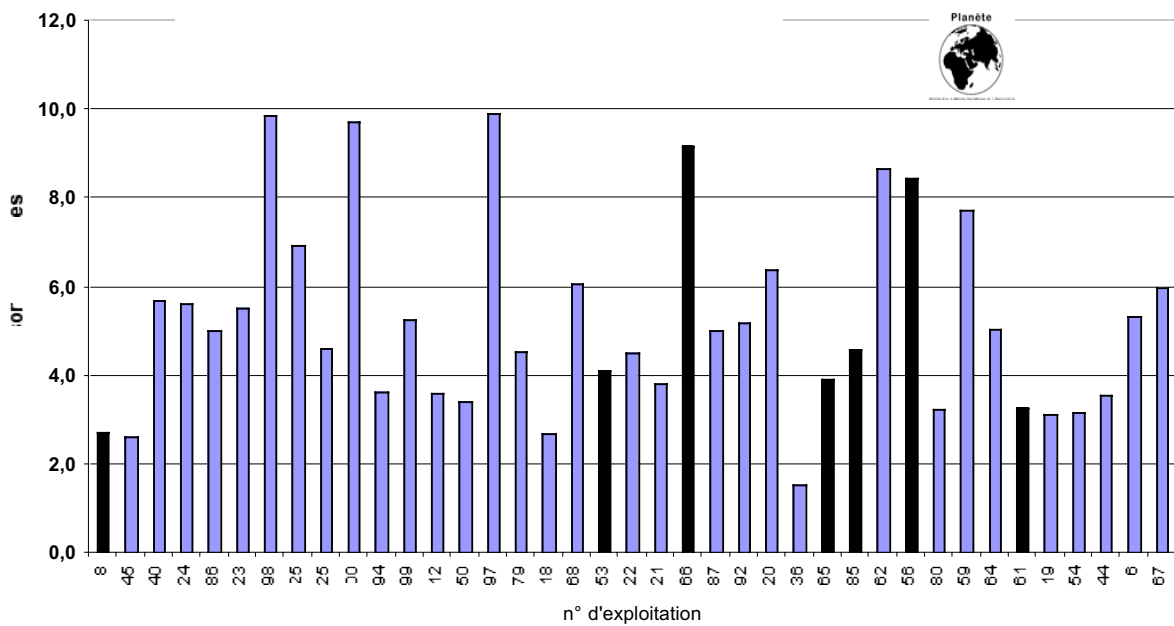


Figure 41 : Efficacités énergétiques des productions végétales de vente (en noir : mode de production de l'agriculture biologique)

Les exploitations biologiques produisent environ deux fois moins d'énergie à l'hectare de culture que les conventionnelles (on retrouve le fait que les rendements en COP sont en moyenne deux fois moins élevés).

4.3.4. Bilan énergétique des productions végétales

On calcule le bilan énergétique des cultures de vente en soustrayant de l'énergie des végétaux vendus les consommations qui leur sont liées.

<p>Sur l'échantillon d'étude (figure 40)</p> <p>Les bilans énergétiques à l'hectare de culture de vente se caractérisent par :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 363 à 4744 EQF/ha</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 2117 EQF/ha</p> <p>Pour les 7 exploitations pratiquant l'agriculture biologique (en noir), on a :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 526 à 2076 EQF/ha</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 1057 EQF/ha</p> <p>Pour les 32 exploitations pratiquant l'agriculture conventionnelle (en gris), on a :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 363 à 4744 EQF/ha</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 2349 EQF/ha</p>
--

Les bilans énergétiques à l'hectare des exploitations bio sont en moyenne deux fois moins élevés que ceux des conventionnelles.

Les meilleurs bilans à l'hectare (supérieur à 3000 EQF/ha) se trouvent chez des agriculteurs du Nord de la France, produisant des betteraves et autres cultures riches en énergie .

4.3.5. Efficacité énergétique des productions végétales

On calcule l'efficacité énergétique des cultures de vente en divisant l'énergie des végétaux vendus par l'énergie des consommations qui leur sont liées.

<p>Sur l'échantillon d'étude (figure 41)</p> <p>Les efficacités énergétiques des cultures de vente se caractérisent par :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 1,5 à 9,9</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 5,2</p> <p>Pour les 7 exploitations pratiquant l'agriculture biologique (en noir), on a :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 2,7 à 9,2</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 5,2</p> <p>Pour les 32 exploitations pratiquant l'agriculture conventionnelle (en gris), on a :</p> <p style="padding-left: 40px;">Intervalle de variation : 1,5 à 9,9</p> <p style="padding-left: 40px;">Moyenne : 5,2</p>

Le hasard veut que sur notre échantillon, l'efficacité énergétique moyenne des cultures de vente des bios soient égales à celle des conventionnelles. Néanmoins les variations internes sont très importantes.

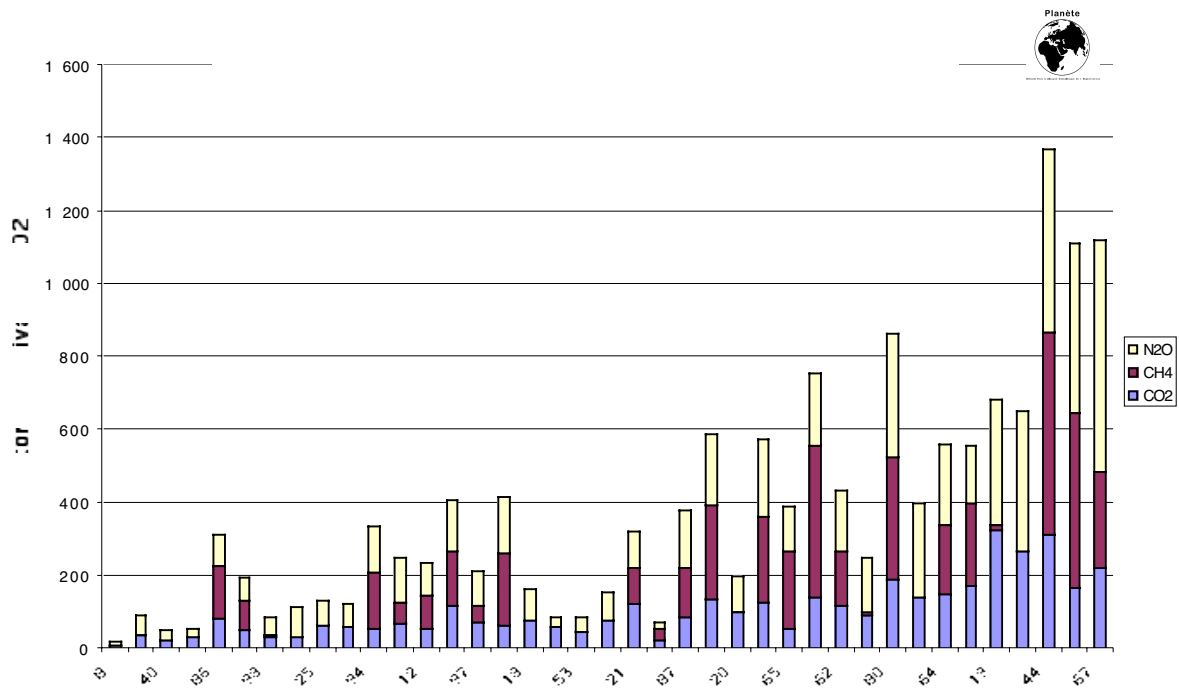


Figure 42 : Pouvoir de Réchauffement Global par exploitation agricole, et son origine

Soulignons que cette efficacité ne concerne pas spécifiquement les COP, elle intègre les autres cultures, notamment les cultures industrielles telles que betteraves sucrières, tabac, etc., les consommations liées aux cultures n'étant pas affectées selon qu'elles sont destinées aux COP ou aux cultures industrielles ou à d'autres cultures.

Ainsi, les 7 très bonnes efficacités énergétiques (supérieures à 7), se trouvent :

- chez 4 agriculteurs produisant aussi des autres cultures : n°97 possède 11 ha en betteraves à sucre, n°98 en cultive 4 ha, le n°56 cultive 16 ha de pomme de terre bio, le n°100 cultive en conversion vers le bio 12 ha de pommes de terre : ces cultures sont très productives et plus efficaces que les COP ;
- l'agriculteur n°98 produit aussi du colza-diester sur 3,6 ha de jachère ;
- chez deux éleveurs cultivant seulement des COP : le n°66 est un éleveur de moutons bio très économique (matériel et bâtiments amortis, Légumineuses ayant une place importante dans les rotations) ; un éleveur de vaches laitières et taurillons conventionnel (n°62) chez qui le poste matériel et le poste bâtiments sont peu élevés du fait que l'essentiel est amorti et qui pratique la fertilisation raisonnée avec apports de fumier en interne ;
- chez un spécialisé en COP (conventionnel) qui valorise sa paille à l'extérieur.

Il est remarquable que 3 agriculteurs bio (dont un en conversion) figurent parmi les plus efficaces dans leurs productions végétales. La culture de pommes de terre n'est pas le seul facteur explicatif, d'autant que chez n°56, le gain qu'elles produisent doit être contrebalancé par la culture de légumes (persil, basilic, cresson) sur 12 ha, qui sont peu caloriques.

Si l'on écarte les exploitations vendant d'autres végétaux que des COP, la moyenne des efficacités énergétiques baisse à 4,6 avec les extrêmes variant de 1,5 à 9,2.

4.3.6. Pouvoir de Réchauffement Global des 39 exploitations vendant des cultures

Type de GES émis (sur les 39 exploitations vendant entre autres des COP)	Moyenne/ferme Tonnes éq. CO ₂	Minimum Tonnes éq. CO ₂	Maximum Tonnes éq. CO ₂
CO ₂	104 (27%)	9	325
CH ₄	116 (31 %)	0	556
N ₂ O	159 (42 %)	12	637
PRG à 100 ans	379	20	1367

Tableau 26 : Moyenne et écart des émissions de GES par type de gaz, pour les fermes ayant des productions végétales de vente

Pour ces 39 exploitations, le Pouvoir de Réchauffement Global à 100 ans s'élève en moyenne à 379 tonnes éq CO₂ par ferme, mais les variations sont grandes : de 20 à 1367 teq CO₂ par ferme.

La figure 42 illustre cette diversité. On constate logiquement un lien entre émissions totales et taille de la ferme, mais il y a des exceptions.

Dans l'outil d'analyse, pour la synthèse des résultats, nous n'avons pas différencié les émissions de GES imputables à l'élevage et celles liées aux productions végétales : nous ne pouvons faire que des analyses à l'échelle globale. Ici, on constate qu'environ un tiers des GES émis l'est sous forme de méthane (CH₄), qui provient exclusivement de l'élevage (116 teq CO₂ en moyenne).

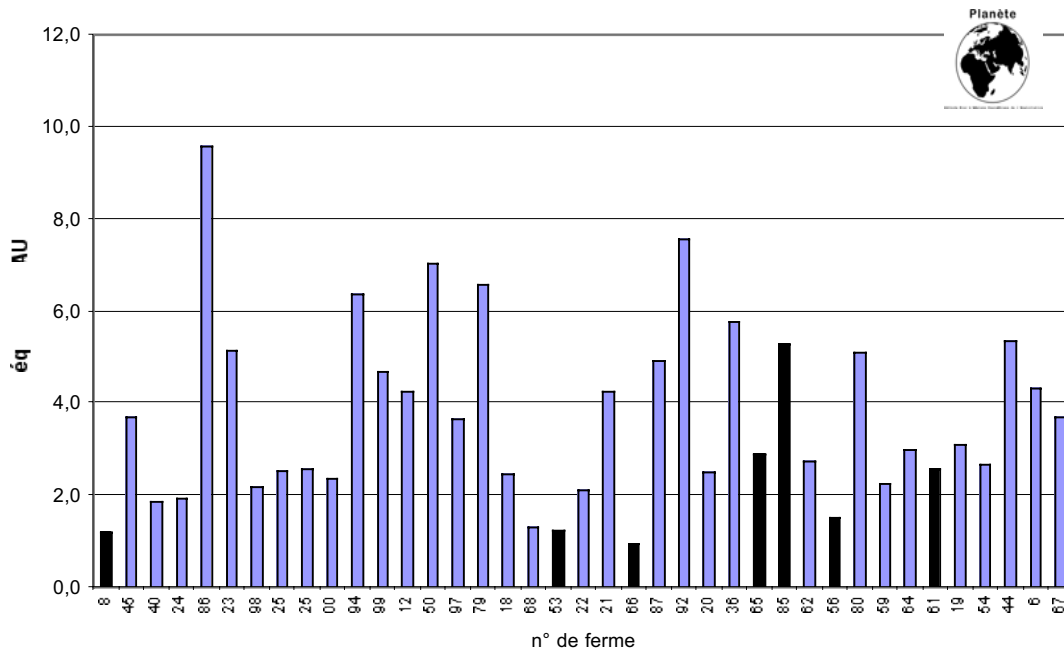


Figure 43 : Pouvoir de Réchauffement Global par hectare de SAU (en noir : mode de production de l'agriculture biologique)

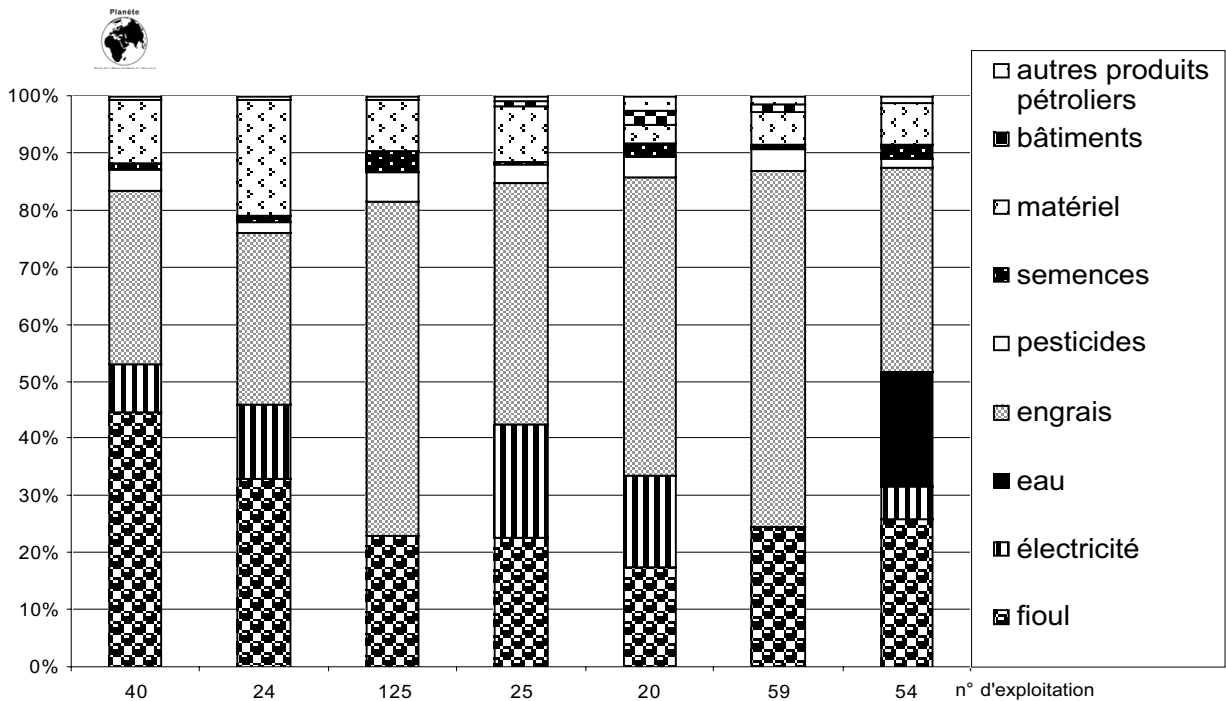


Figure 44 : Proportion des consommations énergétiques par poste des fermes spécialisées en grandes cultures

Si on ramène le PRG à l'hectare de SAU (figure 43), on constate malgré tout une forte diversité, les fermes en agriculture biologique étant parmi les plus faiblement émettrices de GES à l'hectare.

La moyenne du PRG / ha est de 3,7 t. éq CO₂ / ha, les écarts étant élevés :

- le minimum de 1,0 t. éq CO₂ / ha se trouve chez un agriculteur bio très économe (n°66), malgré la présence de 11 UGB moutons,
- le maximum de 9,6 t. éq CO₂ / ha est chez un éleveur intensif laitier du Nord ayant un fort chargement animal (3,2 UGB/ha de surface consacrée aux animaux).

4.3.7. Analyse approfondie des exploitations spécialisées en COP

Comme l'outil d'analyse ne différencie pas les énergies consommées selon le type de cultures auxquelles elles sont affectées, lorsque d'autres cultures sont pratiquées avec des COP, elles peuvent améliorer l'efficacité énergétique comme on l'a constaté ci-dessus avec les betteraves ou les pommes de terre. Elles peuvent également la diminuer comme avec la culture de cresson chez le n°8 par exemple. Pour approfondir l'approche, ne seront retenues ici que les exploitations sans autres cultures que des COP. De plus, afin d'éviter le biais éventuel lié à l'imputation énergétique entre les PA et les PV qui peut-être n'a pas été faite de façon homogène selon les enquêteurs dans les différentes régions, nous nous restreindrons à l'échantillon des exploitations sans animaux et spécialisées en COP.

Ces exploitations spécialisées en grandes cultures sont au nombre de 7. Elles sont toutes de type conventionnel (non bio).

4.3.7.1. Description de l'échantillon

Le tableau 27 synthétise l'ensemble des informations utiles et les résultats des 7 exploitations spécialisées en COP. Ces 7 exploitations se considèrent comme « en allure de croisière », stables. Les stocks ne sont ni en augmentation, ni en diminution.

Le taux de jachère effective est variable, de 10 à 15 % selon les années, et le fait que des exploitations puissent y cultiver des végétaux à finalités énergétiques (comme n°25 avec 3,8 ha de colza diester) nous ont conduits à considérer cette variable (SCOP moins jachère nue).

Étudions certains résultats.

4.3.7.2. Consommations énergétiques

La figure 44 permet de visualiser les proportions par poste des consommations énergétiques selon les exploitations



Numéro d'exploitation	unités	40	24	125	25	20	59	54
Département		Hautes-Pyrénées	Gers	Ain	Hautes-Pyrénées	Haute-Garonne	Côte-d'Or	Haute-Garonne
Parcelle		groupé	qq parcelles éloignées	groupé	qq parcelles éloignées	qq parcelles éloignées	qq parcelles éloignées	qq parcelles éloignées
Type de sol		argileux	hétérogène	limoneux	limoneux	limoneux	argileux	argileux
Taux matière organique		2 à 4 %	< 2%	2 à 4 %	2 à 4 %	< 2%	> 4%	< 2%
Pente		plaine	vallonné	plaine	vallonné	plaine	vallonné	vallonné
Altitude	m	250	340	290	295	160	400	200
Pluviométrie	mm	800	750	900	900	650	900	700
Main d'œuvre	UTH	1	1	2	2,3	1	2	2
SCOP	ha	26	27,7	44	51	80	177	245
SCOP moins jachère nue = surf cultivée	ha	22,6	24,4	40,5	49,2	71,9	158	208,5
COP vendue	quintaux	1 282	1 618	2 273	3 225	5 654	8 237	10 409
Rendement moyen	qx/ha	56,8	66,3	56,2	65,6	78,7	52,2	49,9
Paille vendue	t	0	0	0	0	0	375	0
Conso. ENTREES	MJ	408 427	484 273	951723	1 167 907	1 449 609	2 645 245	5 578 894
Produits SORTIES	MJ	2 326 175	2 718 907	6607057	5 331 393	9 234 033	20 386 724	17 566 637
conso totale par ha cultivé	EQF/ha cultivé	505	554	657	656	563	468	747
sortie totale par ha cultivé	EQF/ha cultivé	2878	3110	4563	3030	3588	3605	2353
Bilan énergétique par ha cultivé	EQF/ha cultivé	2372	2556	3905	2374	3025	3138	1606
Bilan énergétique global	GJ	1918	2235	5655	4163	7784	17741	11988
Bilan énergétique par ha de SAU	GJ/ha SAU	73,8	80,7	128,5	81,6	97,3	100,2	48,9
Efficacité énergétique		5,7	5,6	6,9	4,6	6,4	7,7	3,1
Conso én. pour 100 tonnes de COP	MJ/100 t de COP	318611	299302	238569	362108	256366	321123	535966
émissions de CO ₂	T CO ₂	23	31	34	65	98	138	268
émissions de N ₂ O	kg N ₂ O	84	75	248	212	326	834	1242
PRG à 100 ans	t. éq. CO ₂	49	54	111	131	199	397	653
PRG par ha de SAU	t. éq. CO ₂ /ha	1,9	1,9	2,5	2,6	2,5	2,2	2,7
PRG pour 10 t de COP	t. éq. CO ₂ /10 t COP	3,8	3,33	4,88	4,06	3,52	4,82	6,27

Tableau 27 : Conditions naturelles, activités, résultats énergétiques et émissions de GES des 7 exploitations en grandes cultures

Selon les exploitations, les proportions d'énergie dépensées par poste varient : certaines ne consomment pas d'électricité, d'autres un peu pour le stockage des productions végétales. Le poste engrais est le plus important, mais le fioul et les autres énergies directes sont aussi des postes consommateurs, ainsi que l'énergie liée à l'eau quand l'irrigation est pratiquée. Le reste (pesticides, semences, matériel, bâtiment, autres produits) apparaît comme secondaire finalement :

Pour évaluer les consommations d'énergie mise en œuvre pour les grandes cultures, une **simplification des données** à collecter pourrait consister à ne considérer que les 4 postes : engrais-amendements, fioul, électricité, eau qui représente en moyenne pour les 7 cas, **84 %** des consommations totales. Cependant, il est hasardeux de généraliser à partir de si peu de cas.

Ceci gommerait les différences liées au caractère amorti ou non des bâtiments et du matériel, qui ne relève pas des itinéraires techniques, avec toutefois l'inconvénient d'occulter certaines stratégies économes de l'agriculteur telles que l'auto-production de semences, la protection phytosanitaire raisonnée, le non remplacement de matériel ancien...

Le détail des consommations par poste et par hectare cultivé est présenté dans le tableau 28.

numéro d'exploitation	fioul EQF/ha	autres pétroliers EQF/ha	électricité EQF/ha	énergie/ eau EQF/ha	engrais EQF/ha	pesticides EQF/ha	semence EQF/ha	matériel EQF/ha	bâtiment EQF/ha	conso totale EQF/ha
40	227	3	42	0	153	20	4	57	0	505
24	184	3	71	0	166	11	6	112	0	554
125	151	3	0	0	386	33	26	59	0	657
25	149	5	130	0	277	21	4	63	7	656
20	100	14	90	0	295	20	12	19	13	563
59	115	6	0	0	291	17	4	26	7	468
54	195	9	42	150	266	12	20	53	0	747

Tableau 28 : Consommations énergétiques par hectare cultivé des fermes spécialisées dans les COP de vente

Les consommations totales par hectare cultivé varient de 468 à 747 EQF/ha, cette dernière forte valeur étant due à l'irrigation (150 EQF/ha).

La moyenne consommée est de 593 EQF/ha cultivé.

Sans irrigation, les consommations totales par hectare cultivé se trouvent entre 468 et 657 EQF/ha. Poste à poste, les variations selon les fermes sont très importantes, comme on le voit sur la figure 45.

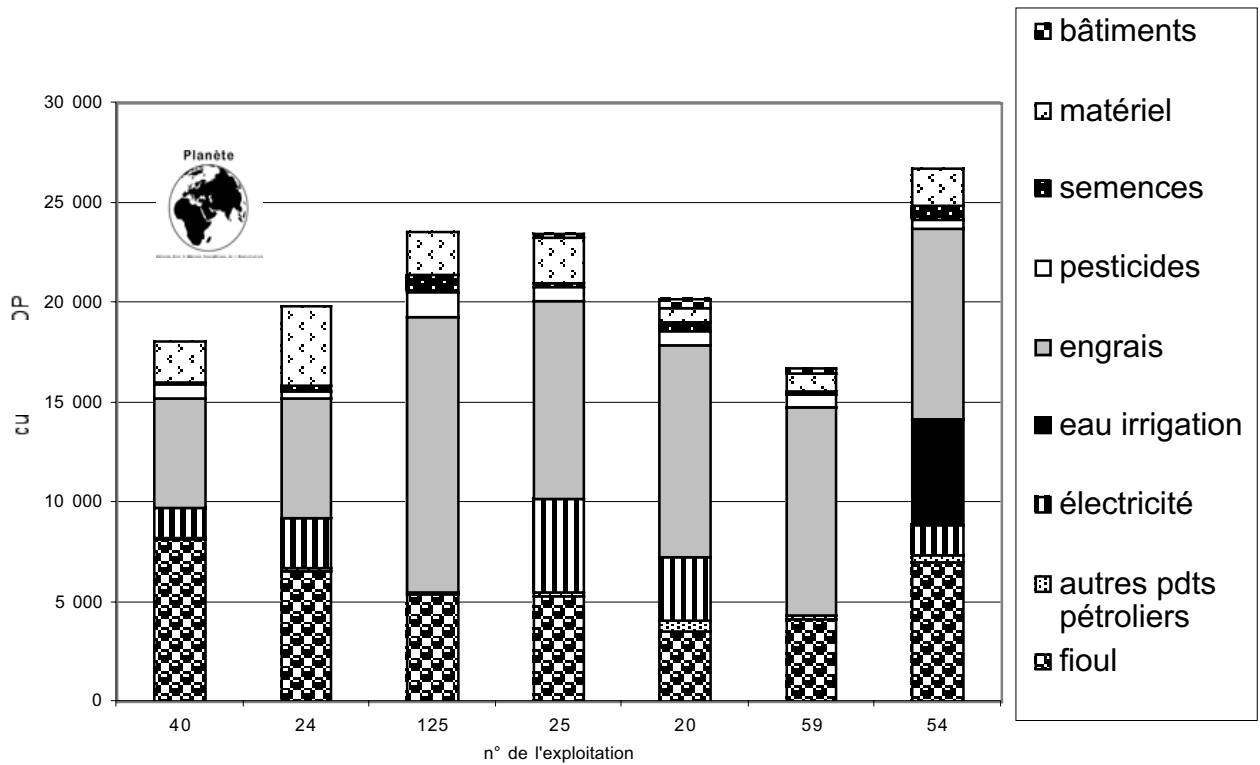


Figure 45 : Répartition des consommations énergétiques par hectare cultivé, pour les fermes spécialisées en grandes cultures

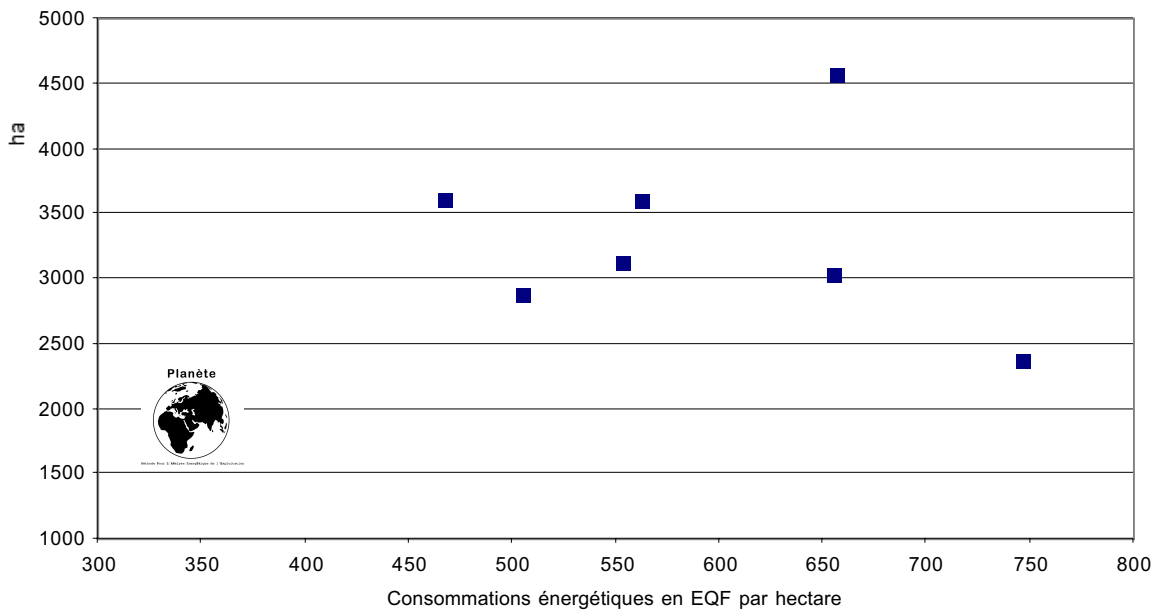


Figure 46 : Sorties énergétiques et consommations énergétiques en grandes cultures

4.3.7.3. Les productions énergétiques

Les sorties énergétiques varient selon les quantités produites, mais aussi selon le type de végétal produit. Voir tableau 27.

Elles ne semblent étonnamment pas liées aux consommations énergétiques (figure 46), mais ceci provient probablement de la diversité des situations pédo-climatiques.

4.3.7.4. Les efficacités et bilans énergétiques

En conséquence, **les efficacités énergétiques des productions de COP sont très variables : de 3,1 à 7,7, avec une moyenne de 5,7.**

Le minimum est obtenu par l'agriculteur (n°54) pratiquant l'irrigation. La mise à disposition de l'eau est en effet fortement consommatrice. Ces consommations ne sont pas entièrement compensées par les gains de productivité liés à l'irrigation (cf. Ménégon, 1997). Le rendement moyen obtenu est d'ailleurs relativement bas : ceci provient de la part importante dans l'assolement

- des pois (24 ha à 40 qx/ha),
- des pois chiches (7,8 ha à 11 qx/ha)
- et surtout du soja (74 ha à 33 qx/ha),

dont les rendements sont faibles par rapport aux céréales. Cette forte surface en légumineuses explique aussi les importantes émissions de N₂O.

L'efficacité énergétique maximale (7,7) se trouve chez un cultivateur (n°59) dont une partie de la fertilisation des terres provient de l'élevage de son frère voisin, ce qui est peu coûteux en énergie. L'essentiel de son matériel est par ailleurs amorti. Mais surtout, ce sont des sorties importantes de paille à l'extérieur (375 tonnes, pour ce même frère), représentant 5974 GJ, qui expliquent ces bons résultats. Si cette paille restait au champ, l'efficacité énergétique baisserait à 5,4.

Ce cas permet de souligner l'importance de la valorisation des sous-produits végétaux, en particulier par l'élevage, et ceci de façon d'autant plus efficace qu'il est extérieur à la ferme mais situé à proximité.

Le critère « consommation énergétique pour produire 100 tonnes de COP » (tableau 27) est pertinent pour montrer l'efficacité productive de l'énergie consommée. Il est proche de l'inverse de l'efficacité énergétique. L'exploitation 125 est la meilleure, tandis que celle pratiquant l'irrigation est la moins bonne. Les performances de n°125 s'expliquent par un bon ajustement des pratiques aux potentiels de rendement, qui sont favorables, et par la présence de productions animales proches, qui permettent de compléter la fertilisation des terres à peu de coût énergétique.

De même, les bilans énergétiques sont variables (voir tableau 27) : comme pour l'échantillon global, il y a une logique corrélation positive ($r^2 = 0,69$) entre bilan / ha et efficacité énergétiques.

En revanche, il n'y a pas de relation entre bilan énergétique/ha et consommation/ha. Mais il existe bien une relation linéaire négative entre efficacité énergétique et consommation/ha ($r^2 = 0,53$). Cette relation tendrait toutefois à prouver que le gain de production obtenu par l'intensification (augmentation des consommations/ha) n'est pas proportionnel aux consommations : par conséquent, si on cherche à économiser les énergies non renouvelables, mieux vaudrait produire de façon extensive. Mais ceci doit tenir compte des quantités de COP nécessaires à notre économie.

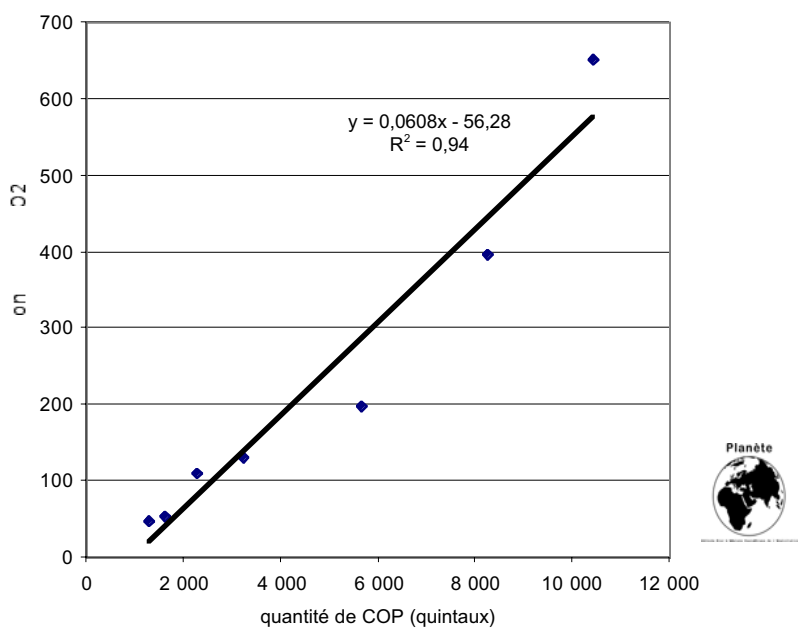


Figure 47 : Pouvoir de Réchauffement planétaire Global et quantité de COP vendue, pour les exploitations spécialisées en grandes cultures

4.3.7.5 . Le Pouvoir de Réchauffement Global des exploitations spécialisées en grandes cultures

Par la figure 47, on constate l'existence d'une relation linéaire positive entre les quantités de COP vendues et le PRG au niveau des 7 exploitations. Ceci prouve la validité du modèle et surtout la rationalité des agriculteurs : les quantités de COP produites sont bien fonction de la fertilisation azotée (responsable des émissions de N₂O) et des consommations d'intrants (responsables des émissions de CO₂), l'agriculteur les ajustant selon les potentialités de ses terres. Le point le plus élevé correspond à l'exploitation n°54 : il y a augmentation relative du PRG par rapport aux quantités produites, du fait de l'importance des Légumineuses dans l'assolement. De plus, les dépenses énergétiques liées à l'irrigation renforcent les émissions de CO₂. Cependant, ce résultat est peut-être dû à l'absence dans cette analyse de systèmes ayant des rationalités différentes, tels que des bios ou extensifs.

Pour les 7 exploitations d'étude,

**4,5 t.éq. CO₂/ 100 quintaux de COP sont émis en moyenne,
avec des variations allant cependant du simple au double, de 3,3 à 6,3 t.éq. CO₂/ 100
quintaux de COP.**

Par ailleurs, sans se rapporter à la production, les exploitations en grandes cultures ont des PRG/ha fort variables : de 1,9 à 2,7 t.éq. CO₂/ha (tableau 27), selon leur intensivité, qui, on l'a vu, est adaptée aux potentialités agronomiques locales.

4.3.8. Conclusion

L'approche des cultures de vente, quelles qu'elles soient, nous montre que les exploitations biologiques consomment en moyenne deux fois moins d'énergie à l'hectare que les conventionnelles, et que les bios produisent parallèlement deux fois moins d'énergie. L'efficacité énergétique des cultures bios est donc similaire à celles des cultures conventionnelles. Dans le même temps, les bilans énergétiques à l'hectare des exploitations bio sont en moyenne deux fois moins élevés que ceux des conventionnels. En revanche, le PRG/ha est le plus bas chez les bios. Globalement, les consommations énergétiques à l'hectare de culture de vente s'élèvent à 544 EQF/ha.

L'analyse des exploitations spécialisées en grandes cultures permet de proposer, pour évaluer les consommations d'énergie mise en œuvre pour les grandes cultures, une **simplification des données** à collecter. Elle consisterait à ne considérer que les 4 postes : engrais-amendements, fioul, électricité, eau qui représente en moyenne pour les 7 cas, **84 %** des consommations totales. La moyenne consommée est de 593 EQF/ha cultivé.

L'utilisation à l'extérieur des sous-produits des cultures permet d'améliorer l'efficacité énergétique, tandis que l'irrigation apparaît inefficace en terme énergétique.

En matière de PRG, les produits COP obtenus auront généré une moyenne de 4,5 t.éq. CO₂/100 quintaux de COP pour les 7 exploitations d'étude.



	Viticulture (sans vinification)			Arboriculture				Élevage				Cultures spéciales (atelier)	
	Raisin	Cerises	Pommes stockage compris	Bovins viande	Veau hors sol	Porc hors sol	Ovins viande	Artichaut bio	Tabac irrigué				
Nombre de fermes	3	2	1	5	1	3	4 (2 pour GES)	1	1				
Conso. totale/ha (EQF/ha)	325,18	129,3	486	134,3	28500	78335	162	250 à 466	1422				
Sorties tot./ha (EQF/ha)	682,31	627,2	196	39,1	15000	55062	48	1089	350				
Bilan énergétique (GJ/an/ha)	12,75	17,8	-10,4	-3,40	-482,1	-831	-4,08	22,3 à 30,2	-38,4				
Efficacité énergétique	2,17	5,1	0,4	0,34	0,53	0,68	0,34	2,3 à 4,4	0,25				
CO ₂ émis (t/an)	5,11	0,085	8,1	19,69	20	47,51	16,5	ND	ND				
CH ₄ émis (t/an)	0	0	0	5,95	17,8	7,58	4,7	ND	ND				
N ₂ O émis (kg/an)	6,01	0,002	0,17	205,35	145	243,3	192,8	ND	ND				
PRG à 100 ans/ha SAU (t.éq. CO ₂ /an)	0,92	0,17	1,63	3,01	439,4	274,43	2,26	ND	ND				

Tableau 29 : Synthèse des résultats énergétiques et d'émissions de GES pour les productions étudiées (non représentatifs, valeur d'études de cas)



4.4. Analyse des autres exploitations

4.4.1. Description des fermes orientées vers diverses productions

Cet échantillon est un ensemble hétérogène de 55 fermes dont les productions sont variées. C'est l'échantillon global sans les 48 fermes spécialisées en « bovin lait » et sans les 39 fermes en cultures de vente, analysées précédemment.

Quatre grandes catégories peuvent être distinguées :

- Arboriculture (3) ;
- Viticulture (4) ;
- Polyculture - élevage (31) ;
- Élevage (17).

Comme dans la base de données issue du tableur, il n'y a pas séparation des données entre les différents ateliers animaux d'une même exploitation, ou entre les différentes productions végétales d'une même exploitation, l'analyse est restreinte aux fermes ayant une seule production animale et/ou une seule production végétale particulière. Ainsi, notre analyse porte sur :

- pour les productions végétales : raisin (3) ; cerise (2) ; pomme (1) ; artichaut (1), tabac (1) ;
- pour les productions animales, sur viande bovine (5), veau hors sol (1), viande porcine en hors sol (3), viande ovine (4).

Taille des exploitations : conséquence de cette diversité, la surface des exploitations de cette partie varie de 1 hectare (en production hors sol) jusqu'à 257 hectares (ferme en poly-élevage et grandes cultures).

Localisation géographique : se reporter à la carte 1.

4.4.2. Résultats énergétiques par productions

Les principaux résultats énergétiques et d'émissions de GES pour les différentes productions étudiées sont regroupés dans le tableau de synthèse suivant (tableau 29). Soulignons que les cas étudiés étant peu nombreux, quand il ne se limite pas à un seul cas, il faut se garder de les généraliser.

4.4.2.1. Arboriculture

a) Production de cerises

Il s'agit de la même ferme dont l'atelier « cerises » a été analysé deux années consécutives, car la technique de production s'est intensifiée (figure 48).

En effet, l'arboriculteur a choisi en 2000 de traiter plus fréquemment le verger. Malheureusement, après cet itinéraire technique plus intensif, la gelée a détruit une partie de la production. Ceci conduit à deux efficacités énergétiques très éloignées, elles s'élevaient à 6,87 en 1999 et à 3,28 en 2000 (tableau 30). Cet exemple sert à montrer la variabilité inter-annuelle, et nous conduit à relativiser les résultats obtenus sur une seule année.

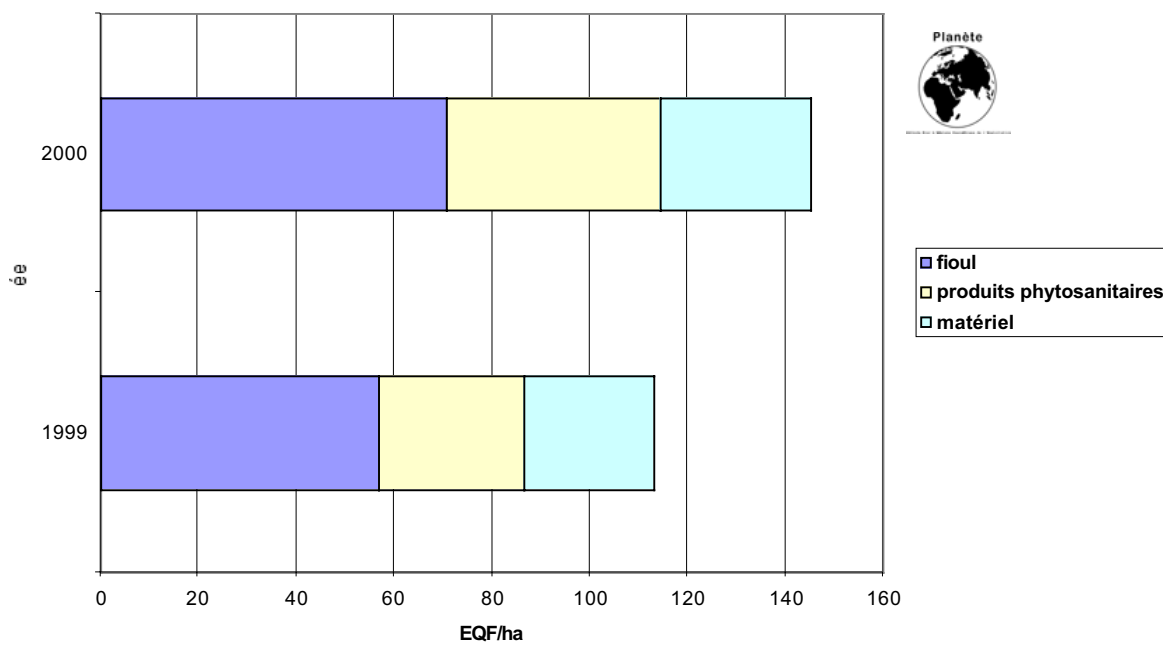


Figure 48 : Consommations énergétiques pour la production de cerise



	Conso. én. /ha (EQF/ha)	Production én. /ha (EQF/ha)	Conso. én. pour 100 T produites (EQF)	Rendement (qx /ha)	Efficacité énergétique	Bilan (GJ/ha)	PRG/ha téqCO ₂ /ha)
1999	113	778	47 585	85	6,87	23,8	0,07
2000	145	476	99 802	52	3,28	11,8	0,1

Tableau 30 : Résultats énergétiques et PRG de deux itinéraires de production de cerises

Le pouvoir de réchauffement global varie légèrement entre les deux années du fait des consommations énergétiques accrues.

b) Production de pommes

C'est le cas d'une ferme de 5 hectares en production de pommes, non certifiée bio, mais en approchant les pratiques.

Se reporter au tableau de synthèse n°29.

L'efficacité énergétique est faible : seulement 0,40. Le rendement est très faible, 40 qx/ha, car les arbres arrivent à « épuisement » et mériteraient d'être renouvelés.

D'autre part, les consommations en énergies directes dues notamment au stockage en chambre froide ont été comptabilisées et sont importantes (la consommation électrique représente près de la moitié de la consommation totale). Les énergies indirectes liées notamment aux traitements (soufre et cuivre) sont également la cause de ce résultat.

Les résultats détaillés de cette ferme (n°102) sont dans le CD-Rom.

4.4.2.2. Viticulture

3 fermes spécialisées en viticulture (vin de pays) ont été analysées, leur surface varie de 2,75 à 11 ha. Les résultats s'arrêtent à la vendange et n'intègrent pas la transformation en vin. Ces 3 fermes ont un rendement en raisin /ha sensiblement égal, autour de 80 qx/ha.

On constate une efficacité énergétique peu variable d'une ferme à l'autre ; la moyenne s'établissant à 2,17. (variation de 1,92 à 2,42).

Les postes les plus importants pour ce type de production sont les pesticides, les amendements ainsi que les énergies directes (fioul notamment)

Une 4^{ème} ferme (n°5) est aussi spécialisée en viticulture, mais l'enquête intègre la transformation en vin (AOC) : elle n'est donc pas comparable avec les résultats précédents.

L'efficacité énergétique intégrant production de raisin et vinification est bien sûr plus faible : 0,29.

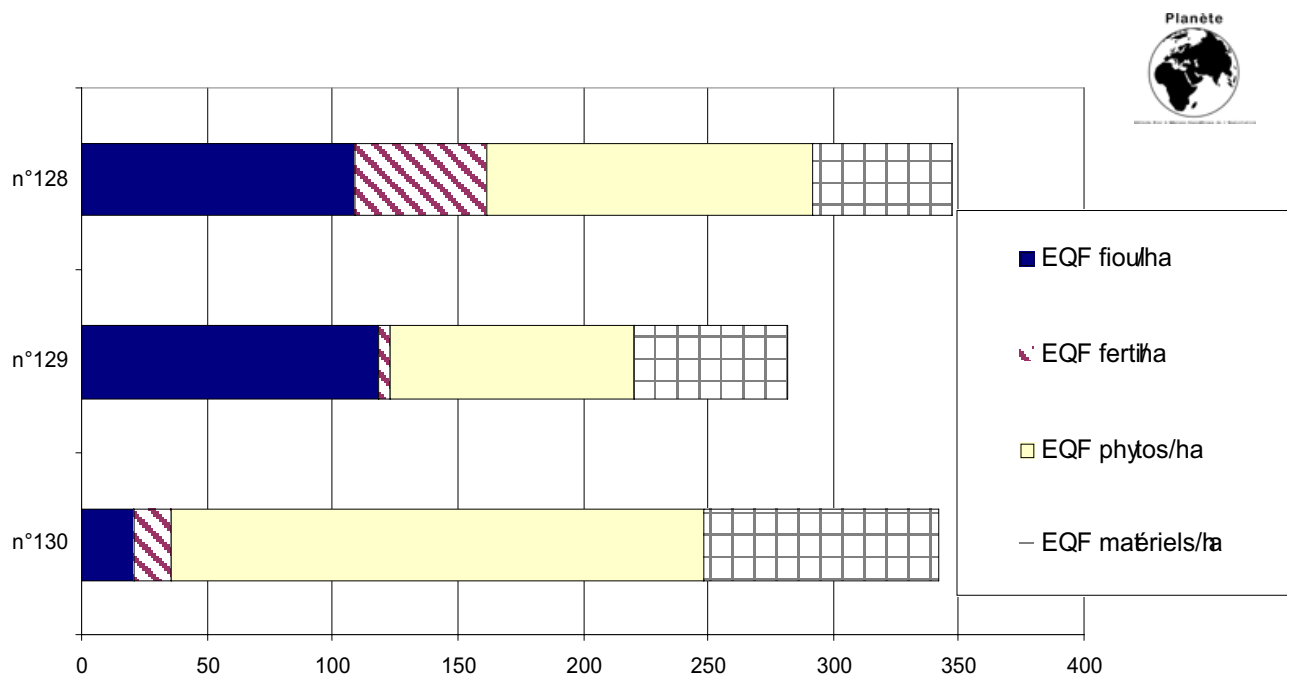


Figure 49 : Consommations énergétiques par poste pour les trois fermes viticoles (vin de pays)



	Conso. én. /ha (EQF/ha)	Production/ha (qx/ha)	Production én. (EQF/ha)	Efficacité énergétique	Bilan énergétique GJ/ha/an	PRG t. éq. CO ₂ /ha SAU	PRG t. éq. CO ₂ / tonnes raisin
n°130	342	78,5 raisin	657	1,92	11,2	0,8	0,10
n°129	284	82 raisin	687	2,42	14,4	1,1	0,14
n°128	349	84 raisin	703	2,01	12,6	0,9	0,11
n°5	401	77 vin AOC	116	0,29	-10,2	ND	ND

Tableau 31 : Résultats énergétiques et PRG des exploitations viticoles

Le pouvoir de réchauffement global moyen des 3 fermes de viticulture est de 0,9 t. éq. CO₂/ha.

4.4.2.3. Cultures spéciales

a) Artichaut bio

Le tableau 29 présente les résultats de la culture d'artichaut sur une exploitation laitière, en agriculture biologique. Les données sont présentées dans un intervalle de variation, car une incertitude existe sur la quantité de gazoil effectivement consommée pour les artichauts (problème d'imputation avec l'atelier lait). L'affectation par la surface (6 %) conduit à 178 EQF/ha de gazoil consommé (et à une efficacité énergétique de 4,4). Si l'on considère que cette culture exige plus de travaux (affectation à 11 %) on passe à une consommation de 343 EQF/ha de gazoil (et à une efficacité énergétique de 2,3). Cet exemple est fourni pour montrer à quoi peuvent tenir d'importantes variations de résultats.

b) Tabac irrigué

Le tableau 29 présente les résultats principaux. Pour cette culture (sur une exploitation laitière également), c'est sur la consommation d'électricité à imputer à l'irrigation que nous avons quelques incertitudes. En tout cas, l'efficacité énergétique est largement inférieure à 1 : cette culture consomme plus d'énergie qu'elle n'en produit.

4.4.2.4. Atelier d'élevage spécialisé

4.4.2.4.1. Production de viande bovine

Sur les 6 fermes analysées, l'une est un élevage de veaux hors sol (n°31), nous l'analyserons à part.

a) Élevage bovin-viande en plein air

L'efficacité énergétique des 5 fermes non hors-sol varie entre 0,20 et 0,54 (moyenne : 0,34) cf. figure 50.

Pour les élevages de bovins-viande en plein air, on constate que, comme pour la production laitière en agriculture biologique, le chargement et l'efficacité énergétique semblent reliés positivement ; plus le chargement à l'hectare augmente et meilleure est l'EE. Ce constat peut s'expliquer par une adéquation, réalisée par l'éleveur, entre les potentialités de ses terres (et donc de leurs capacités à supporter des animaux) et leur productivité (exprimée par le chargement).

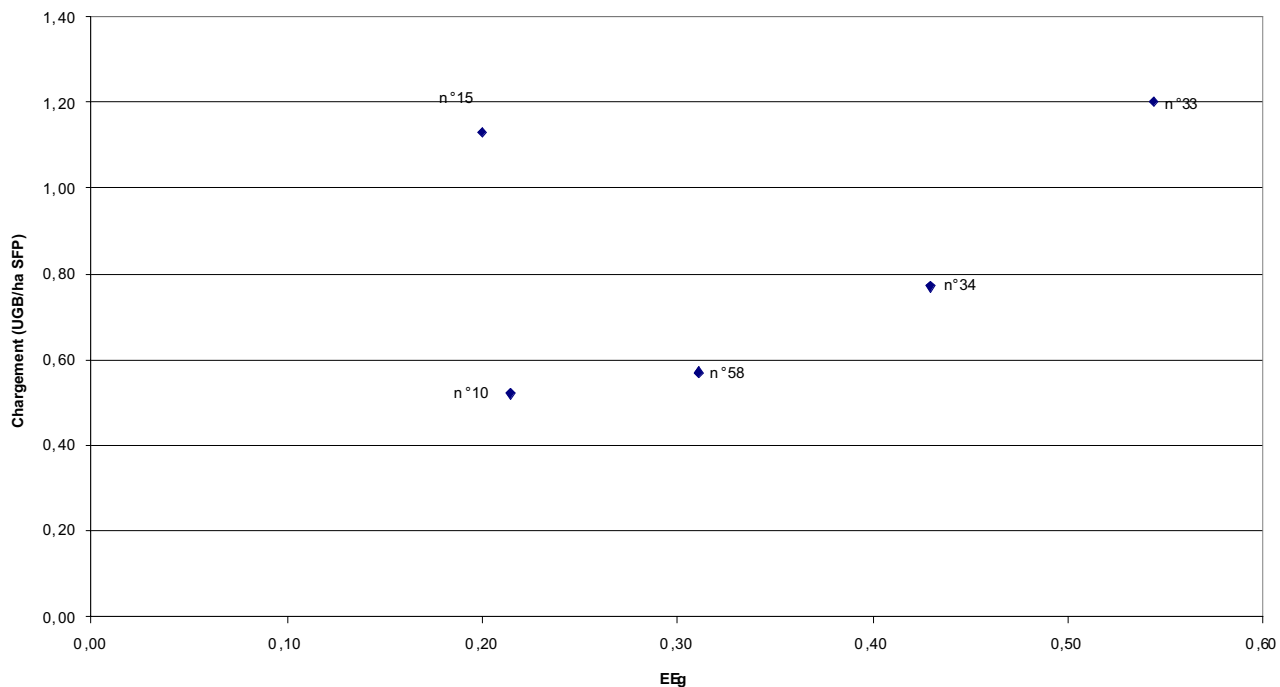


Figure 50 : Chargeement en UGB/ha et efficacités énergétiques des productions bovins-viande

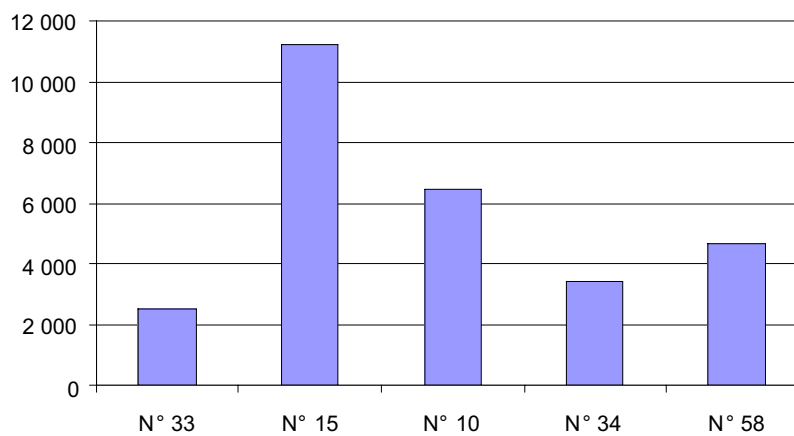


Figure 51 : Consommation énergétique pour produire 100 kg de viande bovine



Ceci n'est pas vrai pour la ferme n°15, qui a une relativement faible efficacité énergétique par rapport à son chargement. Cette exploitation a des consommations importantes en énergie directe, pour fertiliser les cultures destinées aux animaux, et achète les jeunes animaux. De plus, ses bâtiments ne sont pas amortis. Sa consommation pour produire 100kg de viande est donc également élevée (figure 51).

Les types de viande produits diffèrent peut-être d'une ferme à l'autre (brouillards, taurillons, ...) et influent sur les résultats. Nous n'avons pas cependant abordé le détail des types de viande bovine produite.

L'exploitation la moins consommatrice pour produire 100 kg de viande est une petite structure où l'autonomie alimentaire est totale, la ferme n°33 n'achète aucun aliment, toutes les surfaces (herbe et céréales) servent à l'alimentation des animaux. Elle consomme 70 EQF pour produire 100 kg de viande.

La consommation moyenne s'établit à 158 EQF/100 kg de viande.

Quant aux 4 autres fermes, elles achètent des aliments que ce soit des concentrés simples, ou également de la paille, comme les fermes qui sont en tout-herbe (n°10 et 58). Ces dernières ont toutes deux des sorties /ha identiques : 28 EQF/ha, alors que l'une est dans le Tarn, l'autre dans l'Yonne...

La répartition des consommations par poste (figure 52) permet de mieux comprendre les résultats.

On constate que le poste le plus consommateur est le fioul ; les postes aliments, matériels sont généralement les plus importants.

Quant aux émissions de gaz à effet de serre, elles sont résumées dans les tableaux 32 et 27. L'exploitation autonome (n°33) est celle qui a le plus faible PRG pour 100kg de viande produite. L'exploitation la moins efficace (n°15) atteint plus du double en PRG pour 100 kg de viande produite.

Les émissions de CH₄ dues aux ruminants représentent entre de 50 et 85 % des émissions totales (converties en t. équ. CO₂, pour le PRG à 100 ans).

Par ailleurs, le PRG/ha apparaît corrélé au chargement UGB/ha ($r^2 = 0,62$), ce qui semble logique : plus il y a d'animaux par hectare, plus il y a d'émissions de méthane. Cependant, comme on a constaté également une corrélation positive entre chargement et efficacité énergétique, on peut être conduit à un dilemme : si on veut augmenter l'efficacité, on risque d'augmenter le PRG/ha.

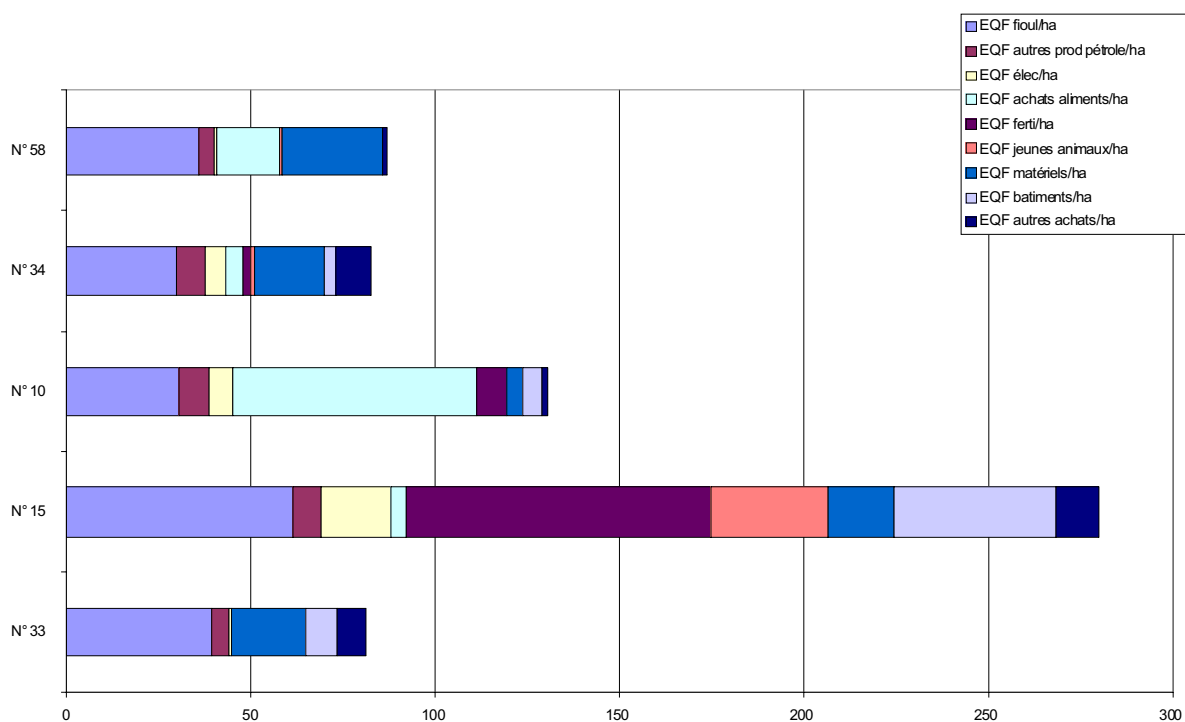


Figure 52 : Répartition des consommations énergétiques par hectare des productions de bovin-viande

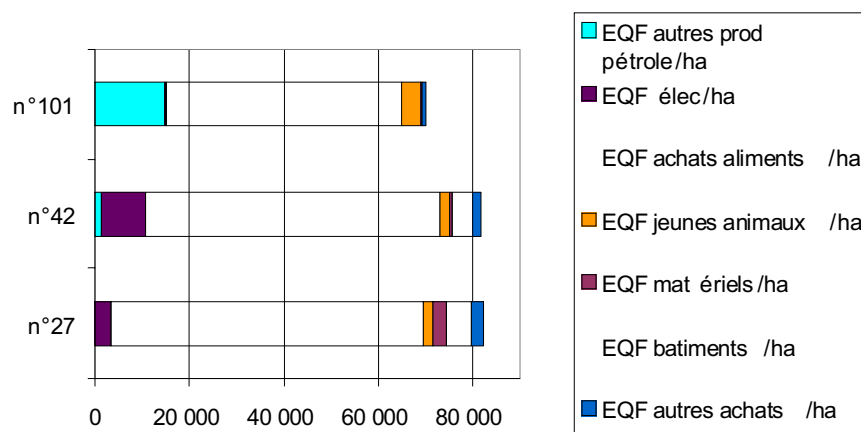


Figure 53 : Répartition des consommations énergétiques/ha des productions de porcs en hors sol



n° d'exploitation	t de CO ₂ émis	t de CH ₄ émis	kg de N ₂ O émis	PRG(t eqCO ₂ /an)	PRG/ha SAU	PRG/100Kg viande
n°33	7,1	1,3	56,5	52,1	2,78	2,24
n°15	33,9	6,8	352,5	285,3	5,39	6,01
n°10	17,7	5,2	95,5	156,9	2,09	2,89
n°34	22,3	9,4	270,0	302,7	2,66	3,06
n°58	17,5	7,1	252,3	245,5	2,15	3,19
n°31 (veau laitier hors sol)	20	17,8	145	439	439,4	0,69

Tableau 32 : Émissions de GES et PRG des exploitations produisant de la viande bovine

Notons que pour 6 autres fermes ayant simultanément un atelier bovins-viande et des cultures de vente, l'efficacité énergétique moyenne est de 0,4 pour la production de viande bovine : les résultats sont comparables.

b) Élevage de veaux laitiers en hors sol

Cet élevage de veaux hors sol a une efficacité énergétique de 0,5. Les consommations à l'hectare sont, bien entendu, très élevées (quel que soit le poste), mais les sorties équilibrent le résultat. Voir tableau 29. Globalement, 45 EQF sont consommés pour produire 100 kg de viande. Le poste « poudre de lait » est le plus important (50 % des consommations). Le reste est surtout de l'énergie directe et l'achat des jeunes.

Le PRG par hectare (tableau 32) est très élevé, vu la concentration de la production, mais le PRG/100 kg de viande produite est inférieur aux élevages bovins de plein air. Cependant, le type de viande produite n'est pas comparable (veau de lait/viande rouge).

4.4.2.4.2. Élevages porcins hors sol

L'échantillon contient 3 élevages de porcs en hors sol.

L'efficacité énergétique moyenne est de 0,68

Les élevages hors sol sont caractérisés par des consommations très importantes à l'hectare. Le poste le plus important pour la production porcine hors sol est l'achat d'aliments (figure 53). Dans une moindre mesure, les achats d'animaux (fermes en intégration, où il n'y a pas de naissances) et les énergies directes sont également importants.

En comparant avec la ferme n°103, porcs sur paille et cultures, on constate que l'EE de la production porcine est bien meilleure (= 1,31). Ceci s'explique par le fait que toute l'alimentation est produite en interne, sur la ferme.

Le pouvoir de réchauffement global moyen est 275 t. éq. CO₂.

Ramené à la quantité de viande produite, on constate que pour 100 kg de viande vendue, le PRG moyen est d'environ 0,20 t. éq. CO₂. Les variations d'un atelier à l'autre sont faibles.



	t de CO2 émis	t de CH4 émis	kg de N2O émis	PRG t. éq. CO2/an	PRG t. éq. CO2/100Kg viande
N°27	53	9,0	327	345	0,17
N°42	30	11,3	301	362	0,23
N°101	59	2,4	102	140	0,20

Tableau 33 : Émissions de GES et PRG des exploitations produisant de la viande de porc en hors sol

4.4.2.4.3. Élevage ovin viande

Quatre exploitations élèvent des moutons pour la viande. Trois d'entre elles suivent le cahier des charges de l'agriculture biologique. La n°11 est en conventionnel.

n°	mode de prod ⁿ	ha consacrés aux ovins	UGB ovins	charge-ment UGB/ha	consommation EQF/ha consacré aux ovins	produit EQF/ha consacrés aux animaux	EE ovins	bilan/ha	PRG/ha t. éq. CO2/an ha	PRG/100 kg viande ovine t. éq. CO2/100 kg
35	bio	7,4	7	0,95	280,2	58,7	0,21	-7931,77	ND	ND
66	bio	39,9	11	0,27	75,4	40,0	0,53	-5310,06	ND	ND
1	bio	87,9	21	0,24	73,2	22,0	0,30	-1266,97	92	1,83
11	conv.	69,0	57	0,82	220,6	72,3	0,33	-1836,78	256	1,95

Tableau 34 : Résultats énergétiques et PRG des exploitations produisant de la viande de mouton

On remarque une importante variation des efficacités énergétiques, le n°66 en agriculture biologique étant le plus efficace, car alimentant totalement les moutons sur l'exploitation. Son matériel et ses bâtiments sont de plus amortis. Même n°1, qui pourtant a un faible chargement aussi, n'est pas complètement autonome.

Les postes « énergie directe » et « autres achats divers » (sels minéraux) sont les plus importants. Pour l'exploitation conventionnelle, c'est le poste « aliment » qui domine, lui permettant un plus fort chargement. Le détail des 4 fermes ovines est donné dans le CD-Rom.

Les exploitations n°35 et 66 ayant des productions végétales de vente, on ne peut exprimer leur PRG spécifique des ovins. Le PRG pour 100 kg de viande ovine produite se situe entre les valeurs de la viande porcine (hors sol) et celles de la viande bovine.

On retrouve les mêmes tendances pour les fermes en lait ovin ou caprin : L'efficacité énergétique moyenne de ces fermes est assez faible : 0,31.

Les postes les plus importants sont les énergies directes, ainsi que les aliments et le matériel.

4.4.2.5. Les exploitations de polyculture-élevage

Selon l'importance respective des productions animales et des productions végétales combinées au sein de chaque ferme, les résultats seront très variables, ainsi que selon les productions elles-mêmes. Seule une analyse au cas par cas revêt un intérêt pour le pilotage de l'exploitation, mais elle n'a pas sa place ici. Quand cela était possible, l'analyse a porté précédemment sur une des productions de ces fermes. Soulignons que ce type d'orientation est un excellent compromis entre les faibles efficacités des PA et les plus fortes des PV : les complémentarités entre PA et PV en termes d'alimentation des animaux (et de production de paille) et en termes de fertilisation des cultures permettent d'économiser les entrées énergétiques.



4.5. Évolution de 10 exploitations laitières sur deux années. Analyse énergétique et bilan des minéraux

4.5.1. Description de l'échantillon

L'échantillon considéré ici est constitué de 10 exploitations volontaires parmi les adhérents du CETA. Il s'agit d'un groupe d'éleveurs localisés en Thiérache, zone herbagère de l'Aisne fortement axée sur l'élevage laitier. Ce secteur est caractérisé par des sols humides, peu favorables aux cultures de vente. En complément du troupeau laitier, certains élèvent des bœufs pour valoriser les surfaces en herbe éloignées du corps de ferme ; d'autres se sont orientés vers un troupeau allaitant.

	Échantillon	Aisne	France
SAU moyenne	85,6 ha	82 ha	42 ha
STH	57,5 ha	20 ha	20 ha
Cultures fourragères	15,5 ha	3 ha	10,5 ha
UGB totaux	129 UGB		
Nombre de VL	60	39	33
Production / VL	7 200 l		

Tableau 35 : Situation de l'échantillon par rapport au département et à la nation

Comme on le voit dans le tableau 35, les exploitations étudiées ne sont pas représentatives de leur région naturelle. 50 % des élevages considérés sont sous forme sociétaire avec en moyenne 2,5 UTH. Cela explique que les structures soient plus importantes : dans le secteur, les exploitations avoisinent plutôt les 50 ha de SAU, 45 VL à 5 300 litres/VL. Par contre, la part des prairies et cultures fourragères se rapportent assez bien à la situation locale. Du fait de leur taille, ce sont aussi des structures qui ont déjà effectué la mise aux normes des bâtiments ou y seront confrontés dans un avenir proche.

Par ailleurs, l'adhésion de ces exploitations à un CETA n'est pas sans répercussions sur la conduite des élevages, comme par exemple le travail sur le bilan des minéraux depuis 1997...

Par conséquent, ici aussi, les dix exploitations suivies ne peuvent constituer un échantillon extrapolable, mais plutôt une base d'observations. Elles permettent toutefois d'argumenter certains propos.

4.5.2. Présentation des résultats

Le tableau 36 (en annexe 5) présentent l'ensemble des résultats énergétiques et concernant l'effet de serre, pour chaque exploitation, ainsi que leur évolution entre les années 1999/2000 et 2000/2001 (l'année est comptée à partir du 1^{er} avril). La moyenne du groupe est également donnée.

L'analyse détaillée par exploitation est aussi donnée en annexe 5.



4.5.2.1. Évolution globale des résultats énergétiques sur 2 ans

	99/00	Moyenne 00/01	Écart
Fioul/ha	133,3	128,1	-5,2
autres pétrole/ha	25,9	24,6	-1,3
Électricité/ha	96,0	90,1	-5,9
Énergie/eau/ha	6,2	8,6	2,4
Aliments/ha	243,4	275,5	32,1
Fertilisants/ha	112,2	103,6	-8,6
Phytos/ha	5,1	4,2	-0,9
Semences/ha	3,7	3,1	-0,6
Animaux/ha	4,8	9,0	4,2
Matériels/ha	48,8	49,7	0,9
Bâtiments/ha	63,6	62,5	-1,2
A. achats/ha	33,1	41,0	7,8
conso totale /ha	776,2	800,0	23,8
lait/ha	474,5	466,3	-8,2
viande/ha	130,8	123,5	-7,3
végétaux/ha	247,8	238,4	-9,4
sorties totales /ha	853,1	844,8	-8,4
bilan énergie/an	554,0	508,3	-45,6
bilan én./an/ha	2,7	1,6	-1,1
conso /UTH	1 041,6	1 045,0	3,4
intensité énergétique	1,8	1,8	0,0
conso/100 l lait	453,4	472,0	18,6
conso/100 kg viande	5 914,9	6 196,3	281,5
conso/100 t COP	469 441,0	634 251,4	164 810,4
EE globale	1,1	1,1	0,0
EE / PA	1,0	0,9	0,0
EE / PV	1,5	1,4	-0,2
CO ₂ émis (t)	117,9	118,7	0,8
CH ₄ émis (t)	13,1	13,5	0,4
N ₂ O émis (kg)	625,1	626,8	1,7
PRG 100 ans	586,3	596,4	10,1

Tableau 36 : Résultats énergétiques et pouvoir de réchauffement global moyens des 10 exploitations, et leur évolution entre les années 1999/2000 et 2000/2001

Globalement, les consommations d'énergies directes ont été réduites (sauf pour l'eau, qui ne représente qu'une faible partie de ces énergies). Les intrants liés aux productions végétales ont également été revus à la baisse. En revanche, le poste « aliments » a été augmenté.

Les explications qui pourraient être données à ce stade de l'analyse sont principalement d'ordre climatique. En effet, la **pluviométrie importante** de l'hiver 2000/01 a retardé les travaux, notamment sur prairie, et limité les apports d'engrais minéraux (premier passage du début de printemps annulé). Elle a aussi eu des répercussions sur l'élevage : la période d'hivernage a été allongée, d'où un besoin en stocks plus important et des achats extérieurs pour compenser les manques, d'autant que, suite à la crise de l'ESB, les effectifs ont été augmentés.



En ce qui concerne les postes matériels et bâtiments, il n'y a pratiquement pas eu d'évolution. Seuls des investissements pour le renouvellement de matériel ancien (amorti) ou des travaux de mise en conformité des bâtiments ont pu intervenir de façon individuelle.

4.5.2.2. Relations entre bilan énergétique et bilan des minéraux

	<i>Moyenne</i>			
	Énergie 99	N 99	P 99	K 99
Fioul/ha	133,3			
Autres pétrole/ha	25,9			
Electricité/ha	96,0			
Energie/eau/ha	6,2			
Aliments/ha	243,4	70,3	12,6	28,1
Fertilisants/ha	112,2	66,0	6,3	8,1
Phytos/ha	5,1			
Semences/ha	3,7			
Animaux/ha	4,8	-0,1	0,1	0,0
Matériels/ha	48,8			
Bâtiments/ha	63,6			
A. achats/ha	33,1			
conso totale /ha	776,2	136,2	19,0	36,2
lait/ha	474,5	27,4	5,0	7,9
viande/ha	130,8	12,3	3,4	1,8
végétaux/ha	247,8	15,7	3,3	4,7
sorties totales /ha	853,1	49,1	10,4	12,5
bilan /an	554,0	9 533,0	723,1	1 830,0
bilan /an/ha	2,7	87,1	8,6	23,7

Tableau 37 : Bilan énergétique moyen et bilan des minéraux moyen des 10 exploitations, année 1999/2000

Il est important de noter que pour le bilan énergétique, on calcule Production – Consommation, tandis que pour les bilans minéraux, c'est le contraire, on calcule Entrées – sorties. Pour l'azote par exemple, on calcule le contenu azoté des intrants, celui des produits, et on cherche à ne pas apporter plus que ce qui est exporté.

Améliorer le bilan énergétique, c'est l'augmenter.

Améliorer le bilan minéral, c'est le diminuer.

Par souci de lisibilité, seul l'aspect azote du bilan des minéraux sera analysé ici, même si nous disposons aussi des balances entrées/sorties du phosphore et de la potasse. Ces deux éléments ont en effet moins de relations directes avec les aspects énergie : engrais et aliments en constituent la majeure partie des entrées, or il y a eu ici peu d'achat d'engrais composés et les P et K des aliments proviennent surtout des fourrages grossiers.

Il n'est pas évident de tirer des enseignements à partir de ces moyennes, d'autant plus que l'on ne compare pas les mêmes critères. Cela cache notamment de fortes variations entre « individus ». Différentes notions peuvent toutefois être soulignées :

- Les **postes aliments et engrais** jouent un rôle important dans l'élaboration des 2 types de bilan. Ces charges liées à la production, peuvent être améliorées avec un effet direct et notable sur les résultats des deux bilans.

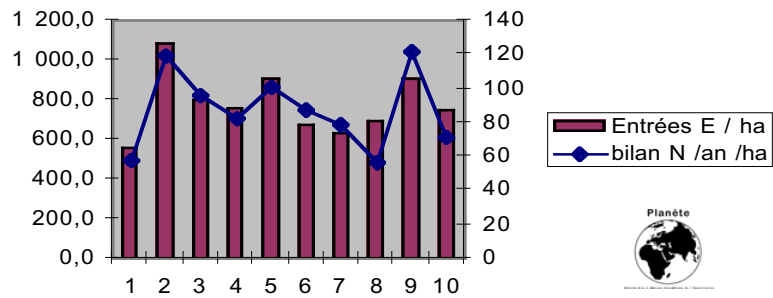


Figure 54 : Relations entre consommations énergétiques en entrée/ha et bilan azote/ha

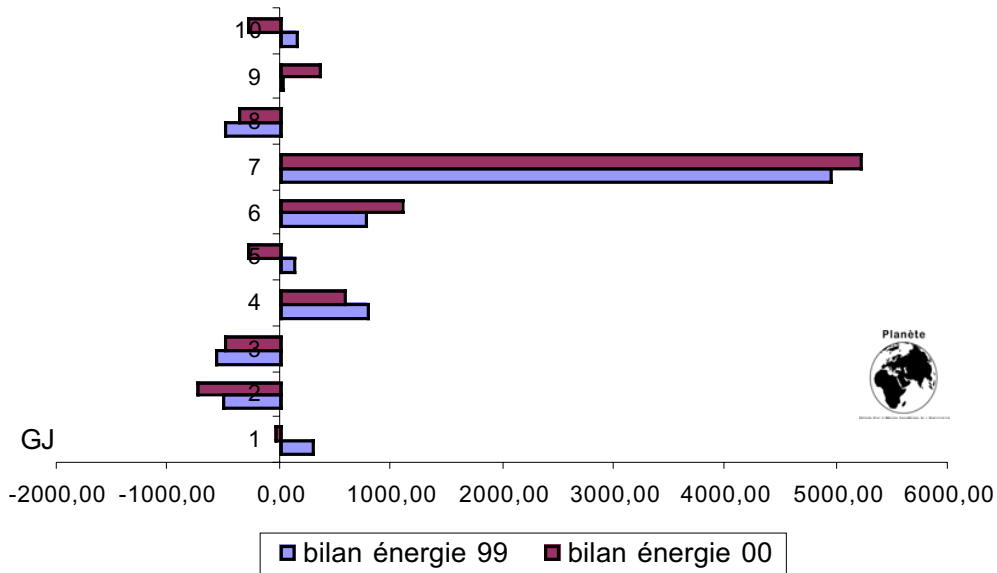


Figure 55 : Évolution des bilans énergétiques individuels sur les 2 années

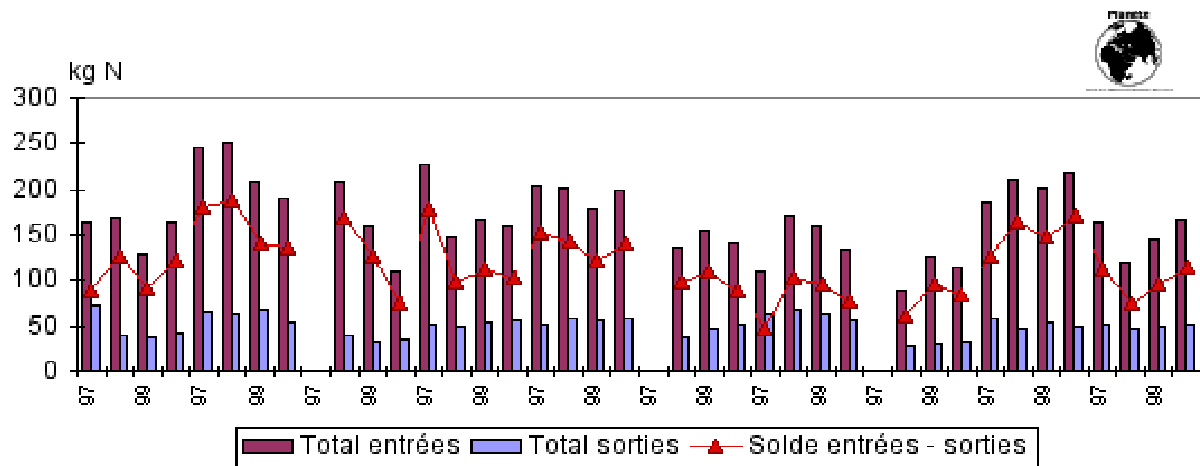


Figure 56 : Évolution des bilans azote individuels sur les 4 dernières années



- Des **éléments « structurels »** tels que bâtiments, matériels mais aussi les énergies directes (fioul, électricité...) ...qui expliquent environ 50% des consommations d'énergie ne contiennent pas d'éléments N-P-K. Aussi certaines exploitations qui tentent de gérer au mieux la conduite de leurs atelier lait ou viande peuvent être « pénalisées » par ces données, souvent peu modulables (ou inversement).
- La **participation du lait, de la viande et des végétaux** est similaire dans les deux types d'analyse, la viande restant toujours peu exportatrice.

Il apparaît un lien entre les entrées énergétiques/ha et le bilan azote/ha, comme on le voit sur la figure 54.

Ainsi, la diminution des excédents d'azote va de pair avec les réductions d'intrants.

En revanche, on n'a pas trouvé de relations entre sorties énergétiques/ha et bilan azote/ha. Ni entre efficacité énergétique et bilan azote/ha. Pas plus de liens entre PRG et bilan azote/ha.

Les deux approches, bilan énergétique et bilan azote, sont différentes, mais peuvent être complémentaires. Ainsi le travail sur l'alimentation des animaux et la fertilisation permettent dans un premier temps d'améliorer une relation à l'environnement (la plus concrète) puis l'analyse énergétique permet d'aller plus loin en tenant compte de la structure même des exploitations.

4.5.2.3. Évolution des bilans énergétiques et des bilans azote

Il apparaît tout d'abord sur la figure 55 que les évolutions sont mitigées : on observe 5 améliorations et 5 détériorations du bilan. L'interprétation ne pourra être faite qu'individuellement. Les remarques sont identiques pour les efficacités énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre.

- De fortes **augmentations de consommation d'énergies directes ou d'aliments** (cas n°2, 4 et 10) se traduisent par une **dégradation du bilan** énergétique (même s'il y a en parallèle accroissement de la production d'énergie, ce qui n'est pas toujours le cas).
- **L'amélioration du bilan** passe nécessairement par la **maîtrise des énergies directes, de l'alimentation et des engrais**, postes les plus importants dans les entrées d'énergie avec respectivement 18% pour le fuel, 12% pour l'électricité, 29% pour les aliments et 16% pour les engrais. Mais cela se traduit aussi souvent par une réduction des sorties (cas n°6 et 9).

Il ne paraît pas y avoir d'effet entre les « bons » et les « moins bons ». Ainsi, l'amélioration peut être observée chez des exploitants qui avaient un bilan négatif aussi bien que chez ceux qui bénéficiaient d'un bilan positif et inversement (cas n°6 et 7 / 3 et 8 ou 4 et 5 / 2). On retrouve que les exploitations avec cultures de vente ont toujours de meilleurs bilans.

Il ne se dégage **pas de relation systématique entre les évolutions du bilan énergétique et du bilan des minéraux**. Certes, les exploitations bien placées pour le bilan des minéraux (cas n°3,6,7 et 8) ont plus de chance d'avoir un bilan énergétique positif (cas 6 et 7) mais ce n'est pas obligatoire (cas n°3 et 8). Cela s'explique par le poids non négligeable des énergies directes qui ne sont pas prises en compte dans le bilan des minéraux.

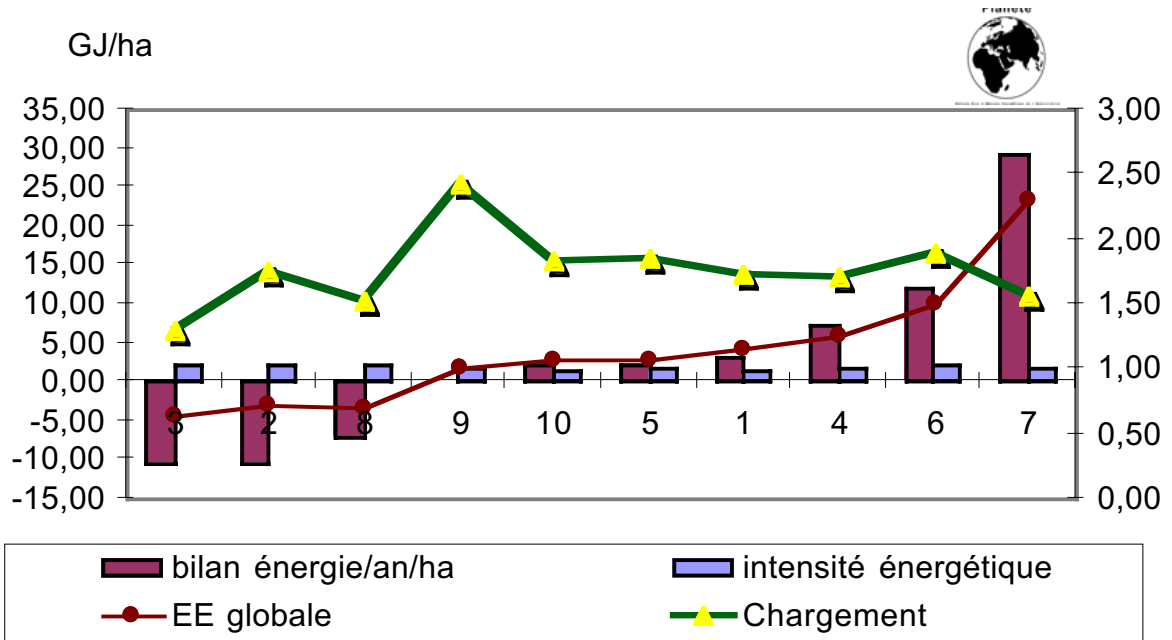


Figure 57 : Relation entre chargement (UGB/ha de SFP) et résultats énergétiques

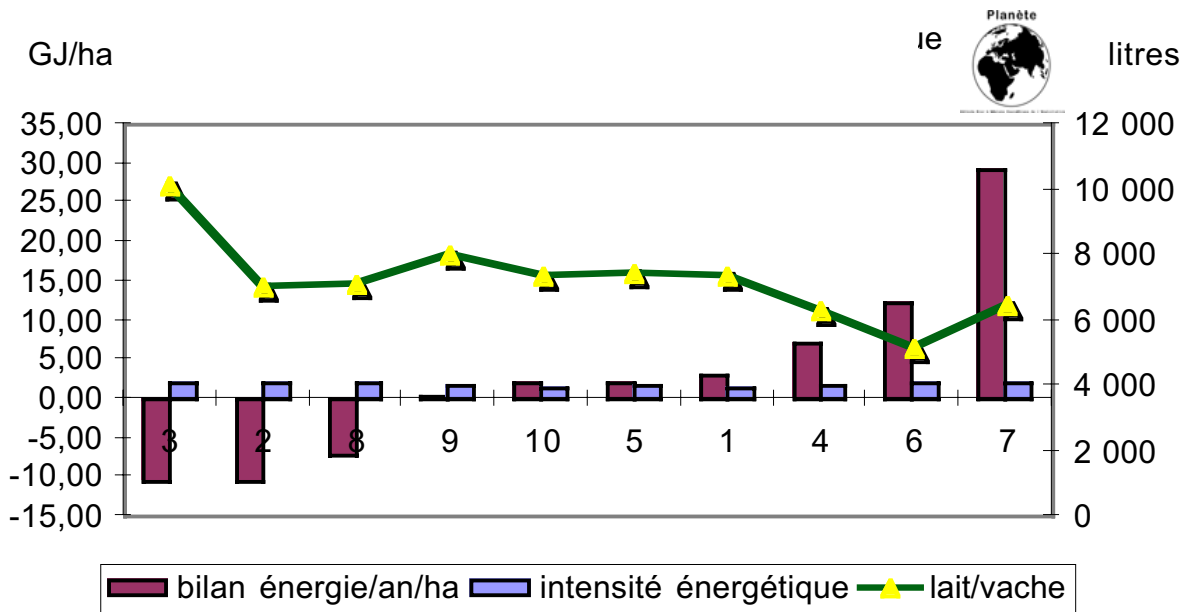


Figure 58 : Relation entre laitage moyen annuel par vache et résultats énergétiques



Par ailleurs, pour les mêmes raisons, l'amélioration du bilan énergie ne signifie pas forcément une diminution des excédents N, P et K. A titre d'exemples :

- Le cas 1 (situation ni bonne ni mauvaise pour les 2 bilans), détériore l'ensemble de ses résultats.
- Le cas 2 (plutôt mal placé pour les 2 bilans) dégrade son bilan énergie mais améliore ses résultats NPK.

En revanche, pour les cas 6 et 7, exploitations de polyculture-élevage, les situations sont favorables pour les 2 bilans et s'améliorent encore par le travail sur la réduction des intrants, principalement engrais. On retrouve ici l'effet des cultures fortement exportatrices.

Bilan des minéraux et bilan énergétique ne peuvent s'analyser simultanément que pour des exploitations dont les charges de structure sont stables. Dans le cas contraire, le poids des énergies directes, bâtiments et matériel peut conduire à une dégradation du bilan énergétique associée à une amélioration du bilan minéral..

4.5.2.4. Intensivité des systèmes et résultats des bilans

D'après la figure 57, il semble qu'il n'y ait pas de relations très nettes entre chargement et bilan énergétique, car l'approche énergétique n'est pas centrée sur les productions animales. L'effet des cultures de vente améliorent nettement les résultats des exploitations, quel que soit le niveau de chargement. Malgré tout, et comme on l'a vu précédemment, il semble logique que plus le chargement est important, plus les fourrages de l'exploitation auront une bonne valorisation, donc il y aura moins de recours aux achats (sauf cas particulier n°9).

D'après la figure 58, les résultats énergétiques peuvent être reliés, de façon négative, aux niveaux de production de lait par vache. L'une des explications peut être que cette intensification sur les animaux implique plus d'achats extérieurs qui augmentent largement les entrées d'énergie.

Des niveaux élevés de production par vache conduiraient à des résultats énergétiques moins bons, tandis que l'augmentation du chargement les améliorerait (dans les limites des potentialités du milieu).

4.5.3. Conclusion

Étant donnée la taille de l'échantillon et la durée du suivi (2 ans pour le moment), il n'est pas évident de tirer des conclusions générales sur les résultats obtenus. Cependant, les interprétations individuelles (annexe 5) peuvent apporter des pistes de réflexion pour expliquer des résultats ponctuels. D'autre part, certains postes tels que le fioul et l'électricité ont pu évoluer fortement sans raison apparente, parfois même sans pouvoir être imputés à la consommation domestique. Des évolutions de structure peuvent biaiser les informations en diluant les résultats... Autant d'éléments à prendre avec précaution !

Il n'y a **pas véritablement d'effet année** : On s'attendait à une augmentation systématique du poste aliments en 2000, qui n'a pas été vérifiée.

Il ne se dégage **pas d'influence nette de l'intensivité sur les résultats**, variable selon les critères d'intensivité choisis. C'est plutôt la présence ou non de cultures de vente (même en faible proportion), qui va se répercuter sur les résultats.

Les deux approches, bilan énergétique et bilan des minéraux, donnent deux points de vue environnementaux complémentaires sur la gestion de l'ensemble de l'exploitation. On orientera plutôt des agriculteurs déjà sensibilisés aux bilans minéraux vers l'analyse énergétique, plus complète.

5. Synthèse

En premier lieu, rappelons que les résultats obtenus ne sont pas extrapolables à une autre population qu'à l'échantillon analysé, de par sa taille et la sur-représentation des petites structures et du mode de production biologique, liée au caractère non-aléatoire de l'échantillonnage. Ils permettent néanmoins de dégager des tendances au sein de potentiels pédo-climatiques différents et d'affiner la méthode. Ils suscitent des questions qui pourront être approfondies ultérieurement.

5.1. Simplification de la méthode d'analyse énergétique

La collecte des données est longue, et même fastidieuse pour certains postes (pesticides, machines, cf. annexe 3).

Or, on a constaté à partir des résultats qu'une simplification peut s'envisager.

Pour apprécier la consommation totale d'énergie des **exploitations laitières en agriculture conventionnelle**, le recueil des données pourrait se limiter à :

- La consommation de fioul domestique utilisé sur la ferme (y compris CUMA et ETA)
- La consommation d'électricité à usage professionnel
- Les achats d'aliments pour les animaux
- Et les achats de fertilisants minéraux et d'amendements organiques,

en considérant que la somme de ces 4 postes représente **80 %** de la consommation totale.

Pour les **exploitations laitière en agriculture biologique**, la part de ces quatre postes majeurs n'est que de **71 %**, en raison d'une part moins importante de la fertilisation et des aliments du bétail. A contrario, les postes fioul, électricité et amortissement du matériel sont relativement plus importants malgré des valeurs brutes plus faibles.

Il ne faudra pas oublier de comptabiliser l'énergie pour l'irrigation si elle n'est pas comprise dans les consommations directes de l'exploitation.

Cela permettrait de ne pas collecter les informations relatives :

- aux bâtiments et au matériel intervenants sur l'exploitation,
- aux jeunes animaux et aux semences,
- aux produits phytosanitaires et aux autres achats.

On peut convenir de multiplier les résultats des 4 postes : fioul, électricité, aliments et fertilisants

- *par 1,25 pour obtenir par approximation les consommations totales des exploitations laitières en agriculture conventionnelle,*
- *par 1,41 pour obtenir par approximation les consommations totales des exploitations laitières en agriculture biologique.*

Cependant, les pistes d'amélioration de la situation énergétique de l'exploitation (diminution de la consommation - y compris par mise en œuvre d'énergies renouvelables, amélioration de l'efficacité) nécessitent souvent la prise en compte de la totalité de l'exploitation. La démarche de conseil issue de l'analyse des consommations d'énergie doit tenir compte des pratiques agricoles dans leur ensemble, ainsi que de leur conséquences environnementales et économiques pour l'exploitation.

Par ailleurs, cette approximation ne fonctionne pas pour les grandes cultures, où les postes prioritaires sont différents. Une simplification des données à collecter pourrait consister à ne considérer que les 4 postes : engrais-amendements, fioul, électricité, eau qui représente en moyenne pour les 7 cas, 84 % des consommations totales. Cependant, il serait hasardeux de généraliser à partir de si peu de cas, et ceci mérite d'être étudié sur un plus grand nombre d'exploitations.

5.2. Discussion des résultats

L'efficacité énergétique de notre échantillon est en moyenne de 1,8, avec un minimum de 0,20 et un maximum de 9,5. L'efficacité énergétique des productions animales est en moyenne de 0,76. L'efficacité énergétique des productions végétales est en moyenne de 4,38 toutes productions végétales confondues. Pour la production de COP, elle est en moyenne de 5,7. Les exploitations associant cultures et élevage, selon l'importance relative de ces productions, ont des efficacités énergétiques variant entre ces extrêmes.

Sur l'échantillon global (sans les hors-sol), la consommation énergétique moyenne par hectare est de 628 EQF/haSAU. Pour les ateliers laitiers, elle est de 695 EQF/ haPA. Pour les productions de COP, elle est de 593 EQF/ha cultivé.

En excluant les exploitations ateliers d'élevage hors sol, qui ont une forte émission de GES due à la concentration du cheptel, le PRG moyen est de 5,1 T éq. CO₂/ha.

Les résultats moyens obtenus dans l'échantillon peuvent aussi être exprimés de la façon suivante : en consommant 100 équivalent litres de fioul (EQF), il est possible au choix de produire :

- 63 kg de viande bovine
- 71 kg de viande de mouton
- 215 kg de viande de porc
- 763 litres de lait conventionnel (en exploitation spécialisée)
- 1 087 litres de lait biologique (en exploitation spécialisée)
- 1 075 kg de céréales, oléagineux, protéagineux
- 2 507 kg de raisin à vin

ou à titre anecdotique (puisque les chiffres suivants sont issus d'une seule étude, et sont susceptibles d'être largement modifiés avec des analyses à plus grande échelle) : 24 kg de tabac (irrigué) ou 136 kg de cerises ou 222 kg de viande de veau ou 823 kg de pommes ou 3 427 kg d'artichaut bio.

Si l'on considère que l'énergie est un facteur rare, la production alimentaire devrait alors s'orienter prioritairement vers les végétaux : céréales, oléagineux, protéagineux, certains fruits et légumes, mais aussi vers le lait produit de façon autonome, tandis que la consommation de viande devrait être modérée. Le tabac, et même les cerises seraient du domaine du luxe.

La question de l'effet de serre, par ailleurs, vient renforcer ces faits. En effet, on a vu qu'il y a une corrélation significative entre consommation totale d'énergie et PRG/ha, ce qui est logique. Plus la consommation d'énergie augmente, plus le PRG augmente. De plus, les ruminants dégagent du méthane. Pour illustrer ces propos, on a, sur l'échantillon d'étude, un PRG de :

- 0,44 T éq. CO₂/tonne de COP
- 1,4 T éq. CO₂/1000 litres de lait
- 34,7 T éq. CO₂/tonne de viande de bœuf

Par conséquent, la production de viande est beaucoup plus génératrice de GES que celles de COP, ou même que de lait.

Pourtant, il ne s'agit certainement pas de mettre au ban toute production de viande. Puisque le lait produit de façon autonome se révèle un aliment efficace, la production de viande de réforme qui lui est liée apparaît d'ailleurs comme un atout indissociable. D'autre part, même si l'élevage bovin extensif par exemple est peu efficace, il a l'énorme avantage de mettre en valeur des zones de montagne ou des espaces qui sans cela seraient voués à la friche. Les chèvres et les moutons n'ont pas leur pareil pour débroussailler, limiter les incendies. Les animaux ont leur place, en relation avec la végétation dont ils se nourrissent : dans leur fonction pâturante, ce sont de merveilleux entreteneurs de la nature.

Tout est une question d'équilibre : ce sont les excès qu'il faut condamner, dans les régimes alimentaires comme dans l'utilisation des sols. Ainsi, au-delà de leur impact sur l'effet de serre, les concentrations d'élevage ont généré des problèmes environnementaux plus visibles et bien connus, en particulier dans les zones à excédents structurels, où les effluents d'élevage dépassent les capacités d'absorption des sols. Au contraire, l'analyse énergétique a montré ici que les meilleurs résultats en production animale étaient obtenus lorsque l'alimentation du troupeau provenait essentiellement de l'exploitation. L'autonomie alimentaire, le fameux « lien au sol », permet ainsi aux éleveurs spécialisés laitiers bio d'être plus efficaces (EE=1,19 en moyenne) que leurs collègues conventionnels (EE = 0,85), en limitant les achats d'aliments à l'extérieur. Toutefois, du fait d'une productivité moindre par animal, le PRG/L de lait est plus élevé chez les bio : 1,8 au lieu de 1,4 kg éq. CO₂/L de lait.

Produire les aliments sur l'exploitation, fertiliser les cultures avec les effluents d'élevage, c'est la simple mise en œuvre des complémentarités biologiques des végétaux et des animaux, c'est utiliser les cycles biochimiques (les chaînes alimentaires) pour limiter les besoins d'énergie auxiliaire, d'origine externe.

C'est dans cette logique que tous les postes de consommations énergétiques sont en moyenne inférieurs dans les fermes en AB par rapport à ceux des fermes en conventionnel. Les économies d'énergie les plus importantes (-130 EQF/ha) proviennent des achats d'aliments et de la fertilisation. Mais on constate aussi que les postes « fioul » (- 50 EQF/ha) et « électricité » (- 40 EQF/ha) sont aussi moins élevés en AB qu'en conventionnel. Même les postes à priori peu liés aux modes de production (bâtiments et matériels par exemple) sont aussi plus faibles en AB : ceci relève d'une stratégie plus économe des agriculteurs bios, dont les bâtiments et machines seront souvent anciens, et donc amortis.

En conséquence, aucune ferme en AB ne consomme plus de 500 EQF/ha, et ce quels que soient les systèmes analysés. Il existe en revanche beaucoup de fermes conventionnelles qui dépassent 500 EQF/ha.

Pour les productions végétale, le mode de culture selon l'agriculture biologique apparaît en moyenne comme deux fois moins consommateur d'énergie par unité de surface (603 EQF/ha en conventionnel et 277 EQF/ha en bio). Mais comme les exploitations biologiques produisent environ deux fois moins d'énergie à l'hectare de culture que les conventionnelles (on retrouve le fait que les rendements en COP sont en moyenne deux fois moins élevés), l'efficacité énergétique moyenne des cultures de vente des bios est égale à celle des conventionnelles. Néanmoins les variations internes sont très importantes.

L'agriculture biologique est moins intensive : elle requière moins d'intrants par unité de surface, donc moins d'énergie (si ce n'est le travail). Mais elle est moins productive en grandes cultures.

Pour d'autres critères d'intensivité, nous n'avons pas observé de corrélations avec les résultats énergétiques. Seuls, pour les élevages de bovins-viande en plein air, on constate que, comme pour la production laitière en agriculture biologique, le chargement (UGB/ha) et l'efficacité énergétique sont reliés positivement : plus le chargement à l'hectare augmente et meilleure est l'efficacité énergétique . Ce constat peut s'expliquer par une adéquation, réalisée par l'éleveur, entre les potentialités productives de ses terres (et donc leurs capacités à supporter des animaux) et leur productivité (exprimée par le chargement).

La rationalité des agriculteurs a été également observée par l'ajustement des intrants des cultures au potentiel des terres, conduisant à des consommations énergétiques pour 100 tonnes de COP de même ordre de grandeur.

Signalons pour finir l'importance de l'utilisation à l'extérieur des sous-produits des cultures, qui permet d'améliorer l'efficacité énergétique, et l'inefficacité en terme énergétique des pratiques d'irrigation.

5.3. Quel développement agricole ?

Au sein de l'exploitation, les résultats énergétiques permettent de mettre en évidence, par comparaison avec d'autres du même type, les postes trop consommateurs d'énergie en entrée. À la manière de la comptabilité monétaire, les analyses de groupe peuvent permettre de pointer les priorités d'action. Ensuite bien sûr, les moyens d'actions sont multiples (Lambert, 2000) et à adapter à la situation de l'agriculteur ; on peut être amené, comme la Fédération des Herdbooks Luxembourgeois le fait, à préconiser la ré-intégration des productions animales et des productions végétales. Cela peut passer aussi par des échanges renforcés entre exploitations spécialisées dans chaque type de production. L'analyse énergétique permet une évaluation des processus de production de l'exploitation agricole, elle complète l'approche par les bilans minéraux, sans la contredire.

À l'échelle globale, une agriculture durable ne peut être trop spécialisée régionalement, même si les avantages économiques y poussent. Les coûts énergétiques et environnementaux de la spécialisation doivent être considérés, et l'analyse énergétique le permet. On ne peut s'abstraire des lois biologiques, et de la complémentarité qui existe entre chaque maillon de la chaîne alimentaire. Si ces maillons sont toujours plus éloignés les uns des autres, c'est par le transport qu'ils sont remis en relation, avec ses coûts élevés en terme environnemental. Le développement de fermes et de groupement d'exploitations en polyculture-élevage, fondées sur l'autonomie, est à encourager, pour nous permettre de garder une alimentation humaine diversifiée, qui n'aura pas exigé plus d'énergie qu'elle n'en contient pour être produite.

Bibliographie

ADEME, 1997, Bases de données : Ademe Matériaux d'emballage. Mars, pp. 56-100.

ADEME, MIES, 2000, *Changement climatique : un défi majeur*. 23 p.

AGPB, SNIE, AFME, 1990, Note de travail *Contenu énergétique des engrais*, 3 p.

AUDSLEY et al., 1997, Harmonization of environmental Life Cycle Analysis for agriculture. Rapport final, 140 p.

BALESDENT J., ARROUAYS D., 1999, Usage des terres et stockage de carbone dans les sols du territoire français. Une estimation des flux nets annuels pour la période 1990-1999. *in CR Acad. Agric. Fr.*, 85, n°6, pp. 265-277.

BEL F., LE PAPE Y., MOLLARD A., 1978, Analyse énergétique de la production agricole : concepts et méthodes, Grenoble INRA-IREP, 163 p.

BOISVERT V., HOLEC N., sous la dir. de FAUCHEUX S., 1993, *À la recherche d'indicateurs de développement soutenable*. Centre Pierre Mendès France, Université de Paris I. Cahier METIS n°93-21, 163 p.

BONDY J.P., 2000, *Kyoto-La Haye : la dernière ligne droite*. Environnement Magazine – Enjeux n°1592, nov., pp. 34-37.

BONNY S., 1980, Estimation des consommations énergétiques de quelques productions en systèmes de grande culture et système laitier. 3^{ème} tirage, INRA-ESR Grignon, 30 p.

BONNY S., 1984, Estimation des consommations énergétiques de quelques productions en systèmes de grande culture et système laitier, INRA-ESR Grignon, (réédition d'un texte paru en 1981 avec remises à jour) 45 p.

BONNY S., 1986, *L'énergie et sa crise de 1974 à 1984 dans l'agriculture française*, Tomes 1 et 2. INRA Grignon, 497 p.

BONNY S., 1990, L'énergie et l'évolution du modèle de production agricole. In : AAF, *Deux siècles de progrès pour l'agriculture et l'alimentation*, Tec & Doc Lavoisier, Paris, pp. 63-69.

BONNY S., 1993, *Agriculture : la consommation d'énergie*, Encyclopaedia Universalis, Corpus, vol. 1, 3^{ème} édition, pp. 601-602.

BOUVET J. (Ed), 1991, *Rapport des travaux du groupe de travail n°1*, Rapport final, Commission consultative pour la Production des Carburants de Substitution.

BOUWMAN A.F. 1996, *Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils*. Nutrient cycling in Agrosystems. n°46, pp. 53-70.

BRAND, RA MELMAN A.G., 1993, "Energie in houdmonen voor de veehouderij", deel 1 en 2. TNO-rapporten. Zit. in Van Dasselaar, A. und Pothoven, R : *Energiverbruik in de nedelandese landbow. Vergelijking van verschillende bemestingsstrategien*. NMI 1994. (*Énergie et normes de quantités pour l'élevage* - partie 1 et 2, rapport TNO par Van Dasselaar et Pothoven R. : *Consommation d'énergie dans l'agriculture Néerlandaise*, 1994, Comparaison des différentes stratégies des apports d'engrais (chimiques et de ferme) NMI.

C.R. Acad. Agric. Fr., 1999, *Bilan et gestion des gaz à effet de serre dans l'espace rural*. 85, n°6, 392 p.

- CARILLON R., 1979**, *L'analyse énergétique de l'acte agricole*, Études du CNEEMA, 458, 48 p.
- CCPCS, 1991**, Biocarburants - Bilan énergétique. Rapport des travaux du groupe de travail n°1. Paris.
- CEIPAL, 1994**, *Étude comparative des consommations d'énergie non renouvelable, d'azote acheté et d'aide financières des systèmes laitiers*, Lyon, 78 p.
- CELLIER P., LAVILLE P., 1999**, *Les émissions de N₂O par les sols agricoles en France : quelle évaluation possible ?* in C.R. Acad. Agric. Fr., 85, n°6, pp. 177-192.
- COMBES A., 1998**, Élaboration d'un référentiel pour le calcul des bilans énergétiques en agriculture. Mémoire de DESS-ERE, Univ. Bourgogne/ENESAD, 50 p. + annexes.
- DESJARDIN R. 1999**, in www.agr.ca/research/Healthy-Air/tocf.html
- DOERING O.C., 1980**, Accounting for energy in farm machinery and buildings, in: Pimentel D. (Ed.), *Handbook of energy utilization in agriculture*, Boca Raton (Florida), CRC Press Inc., pp. 9-14
- FAUCHEUX S., VIVIEN F.D., 1992**, *Plaidoyer pour une écoénergétique*. in : La Recherche n°243, mai, volume 23, pp. 626-629.
- FEDARENE, 1996**, Evaluation guide for renewable energy projects en Europe, UE - Directorate General for energy (DGXVII), ,
- FEINBERG M., FAVIER J.C., IRELAND-RIPERT J., 1991**, Répertoire général des aliments : tables de composition. INRA, FFN, CIQUAL, TEC et DOC.
- FERRIERE J.M et al., 1997**, *L'analyse énergétique à l'échelle de l'exploitation agricole. Méthodes, apports et limites*. Fourrages (1997), 151, pp. 331-350.
- FLUCK R.C., 1980**, Fundamentals of energy analysis for agriculture. Journal Series of Florida Agricultural Experiment Station, Paper nb 2594.
- GAILLARD G., 1994**, *Bilan énergétique - considération des machines et des véhicules : fabrication, transport et entretien*, Note interne 1 (version provisoire et incomplète), FAT, Station Fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural, Tänikon.
- GAILLARD G., CRETZAZ P. et HAUSHEER J., 1997**, Inventaire environnemental des intrants agricoles en production végétale, Base de données pour l'établissement de bilans énergétiques et écologiques en agriculture. Compte rendu de la FAT, station fédérale de recherches en économie et technologie agricole, CH-8356 Tänikon TG, 49 p.
- GEORGESCU-ROEGEN N., 1979**, *La décroissance. Entropie-Écologie-Économie*. Rééd. Sang de la Terre, Paris, 1995. 254 p.
- GERMON J.-C. et al., 1999**, *Mécanismes de production, régulation et possibilités de limitation des émissions de N₂O à l'échelle agronomique*, in C.R. Acad. Agric. Fr., 85, n°6, pp. 148-162.
- GREEN M. B., 1987**, *Energy in plant nutrition and pest control*. in Energy in world agriculture, 2, Elsevier éd. Amsterdam, pp. 165-177.
- GRYNIA B., MAISON-MARCHEUX C., 1983**, *Étude comparée technique, économique, énergétique d'exploitations agricoles par la méthode de l'approche système. Exemple de systèmes laitiers et porcins de Midi-Pyrénées*, MFE ENSA Toulouse, 83 p.

- HAAS G., GEIER U., SCHULZ D., KOPKE U., 1995**, *CO₂ balance : can the CO₂ efficiency of organic farming be used as a guide for developing agricultural production systems in the third world ?* Plant research and development (Germany), vol 41/42, pp. 15-25.
- HAAS G., GEIER U., SCHULZ D., KOPKE U.**, *Klimavelevante Koblendioxid emission durch den verbrauch fossiler energie.*
- IFEN, 1995**, *Réduction du CO₂ dans les années 80 : l'efficacité énergétique à la clé.* Les données de l'environnement n°15, 4 p.
- INRA, 1988**, *Alimentation des bovins, caprins, ovins - Table de la valeur nutritive des aliments*, 192 p.
- ITCF, 1999**, *Référentiel énergétique pour les cultures.* Document provisoire. 53 p.
- LAMBERT L., 1995**, *Bilan énergétique et écologiques de la culture de la combustion de Miscanthus Sinensis "Giganteus" en comparaison avec le bois et le fioul domestique*, MFE ESITPA, 122 p.
- LAMBERT L., 1996**, *Application de l'analyse de cycle de vie en agriculture, cas des grandes cultures.* Mémoire de DEA STE, station bioclimatologie INRA Centre de Grignon-Massy-Paris
- LAMBERT L., 2000**, *Analyse de la consommation énergétique dans les exploitations agricoles et identification des choix critiques.* Rapport d'étude pour l'ADEME, AILE, 102 p. + annexes
- MARTINEZ J. et al., 1999**, *Émissions de méthane et de protoxyde d'azote au cours du stockage, du traitement et de l'épandage de déjections animales.* in CR Acad. Agric. Fr., 85, n°6, pp. 87-101.
- MENEGON M., 1996**, *Analyse énergétique des systèmes céréaliers.* Chambre d'Agriculture de l'Eure - École Supérieure d'Agriculture de Purpan, 123 p.
- MERCIER J.R., 1978**, *Énergie et agriculture, le choix écologique* Ed Débard, Paris, 187 p.
- MUGHAL A, 1994**, *Valorisation intégrée d'agro-ressources non alimentaires : contribution au développement d'une méthode d'analyse énergétique et environnementale basée sur le génie des procédés*, Thèse INPT, Génie des procédés.
- OFEFP, HBERSATTER K., 1991**, *Bilan écologique des matériaux d'emballage - État en 1990*, Cahier de l'environnement n°132, Déchets, Berne.
- OREB, 2001**, *Effet de serre.* Périodique Repères, n°21, mars, 16 p.
- PATYK, 1996**, *Balance of energy consumption and emissions of fertilizer production and supply .* In CEUTEURICK, International conference on application of life cycle assessment in agriculture, food and non-food agro-industry and forestry : achievements and prospects. Preprints, 4-5 avril, Bruxelles, pp. 47-67.
- Perspectives agricoles, 2001**, n°266, mars, pp. 32-36.
- PIMENTEL D., 1980**, *Energy inputs for the production, formulation, packing and transport of various pesticides*, In : Handbook of energy utilization in agriculture, CRC Press, Boca Raton (Florida), S. 45-118.
- PIMENTEL D., HURD L.E et al., 1973**, *Food production and energy analysis* Science, 182, pp. 443-449.

RIEDACKER A., 1999, *La convention cadre sur le climat et le protocole de Kyoto ; conséquences pour l'agriculture, les forêts et les changements d'utilisation des terres*, in C.R. Acad. Agric. Fr., 85, n°6, pp. 13-35.

RIEDACKER A., 1999, *Les stocks et les flux de gaz à effet de serre dans le domaine de l'agriculture, des forêts et des produits dérivés, en France et dans quelques pays industrialisés.*, in C.R. Acad. Agric. Fr., 85, n°6, pp. 36-60.

RISOUD B., 1999, Développement durable et analyse énergétique d'exploitations agricoles. *Économie Rurale*, n°252, juillet-août, pp. 16-26.

RISOUD B., CHOPINET B., 1999, Efficacité énergétique et diversité des systèmes de production agricole. Application à des exploitations agricoles bourguignonnes. *Ingénieries - EAT- n°20*, déc., pp. 17 à 25.

ROSSIER D., 1999, L'écobilan, outil de gestion écologique de l'exploitation agricole ? *Revue Suisse d'Agriculture*. 31 (4), pp. 179-185.

ROSSIER D., 2000, Évaluation simplifiée de l'impact environnemental potentiel de l'agriculture suisse. – Office fédéral de l'agriculture, SRVA, 36 p. + annexes.

SAUVANT D. et al., 1999, *Production de CH₄ par les ruminants : analyse des processus, quantification et modélisation, spatialisation et bilans, possibilités de réduction des émissions.* in C.R. Acad. Agric. Fr., 85, n°6, pp. 70-86.

Secrétariat d'état à l'industrie, 1998, Consommations unitaires d'énergie des transports de marchandises. In *Tableaux des consommations d'énergie en France*. Ed. 1997-98, p. 118.

STOLL J., 1993, "Réflexions à propos d'une nouvelle orientation de l'agriculture", Fédération des Herd-books Luxembourgeois, 12 p.

VERJUX N., COMBES A., 1999, Référentiel énergétique pour les cultures. Document provisoire. ITCF. 53 p.

VETIL S., 2000, *Analyse énergétique en agriculture biologique. Étude sur des fermes laitières en Ille et Vilaine*. Mémoire de certificat de spécialisation CFPPA Rennes, 22 p. + annexes.

VIRTANEN Y et al., 1995, Energy issues in Life Cycle Assessment. COMETT II UETP-EEE, Helsinki, 210 p.

VIVIEN F. D., 1995, *Économie et écologie*. La Découverte. 124 p.

Von OHEIMB R., PONATH J., MANN G., SERGEOIS Chr., WERSCHNITZKY U., WILLER H., 1987, *Energie und Agrarwirtschaft, Direkter und indirekter Energieeinstaz im agrarischen Erzeugerbereich in der Bundesrepublik Deutschland*, KTBL-Schrift 320. (Énergie et besoins potentiels d'énergie importée en main d'œuvre directe et indirecte dans l'agriculture en république d'Allemagne").

ZEIJTS H VAN, OOSREVELD EB, TIMMERMAN, 1994, *Can agriculture provide clean energy?* (En hollandais). Center for agriculture and Environment (=CLM) report 156, Utrecht.

Tables des annexes

- Annexe 1 : Référentiel pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole
- Annexe 2 : Références et discussion sur les émissions de gaz à effet de serre
- Annexe 3 : Tableur pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et ses émissions de GES – Un exemple
- Annexe 4 : Analyse énergétique de l'agriculture, une préoccupation de l'Europe du Nord ?
- Annexe 5 : Analyses individuelles en Thiérache
- } Document à part

Analyse énergétique de l'exploitation agricole

Tableaux de saisie des données

Agriculteur

NOM Prénom : Mr et Mme X

Dénomination :

Adresse :

Code Postal :

Commune :

Téléphone :

Département : Côte d'Or

Système : lait-taurillons-céréales

SAU : 158,0 ha

UTH : 2,0

Année de référence : 1999

Date d'enquête : 12/02/01

Enquête réalisée par :

Altitude : 400 m

Pluviométrie : 1300 mm

Evolution de l'exploitation : stable, en croisière

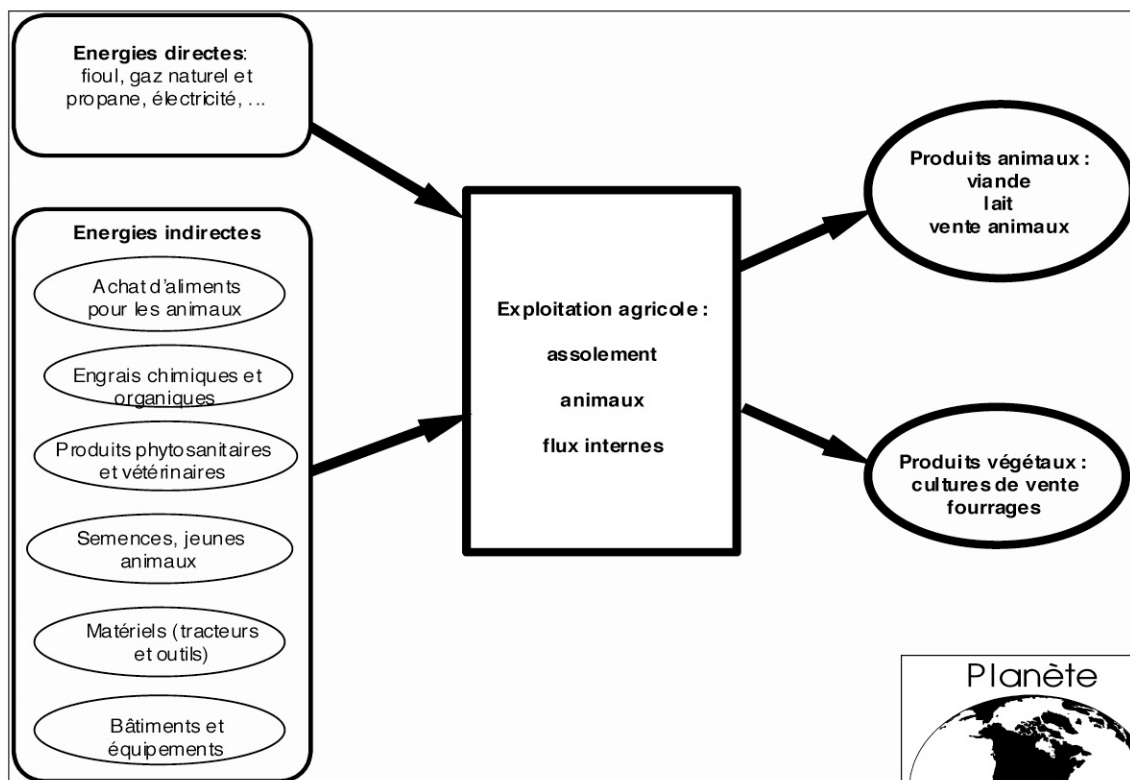
stock en augmentation

stock en diminution

Caractéristiques structurelles
entourez la réponse la plus proche

Type de sol :	Matière organique :	Pentes :	Parcellaire :
argileux	< 2%	plaine	groupé
limoneux	2 à 4 %	vallonné quelques pentes <10%	quelques parcelles éloignées
sableux	> 4%	quelques pentes >10%	très éclaté
hétérogène		beaucoup de pentes >10%	

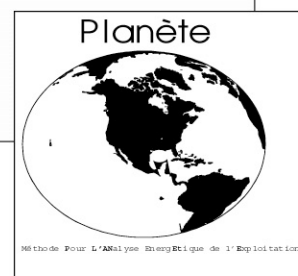
Evaluer, sous l'angle de l'énergie, les entrées et les sorties de l'exploitation



Pour L'ANalyse énerGETique de l'Exploitation agricole

Partenaires : CEIPAL, Institut de l'Elevage, ENESAD, HBL,
CEDAPAS, CETA ThiÈrarche, SOLAGRO

version 2000 - Excel 95



RÉalisÉ avec l'aide financiÈre de l'ADEME

Attention

Il s'agit des quantités consommées sur une année. Les données peuvent être obtenues à partir de différentes sources : estimation, comptabilité, factures d'achats, ...
Ne pas oublier de faire la différence de stocks début - fin si nécessaire.

Première partie : Description de l'exploitation et des sorties

1 - Cheptel et produits animaux qui sortent de l'exploitation

Description du cheptel :

Ruminants - Herbivores	Effectif	Temps de présence / ferme	% temps pâturage	type de bâtiment
Vaches laitières	37	365 jours	63%	2
Vaches allaitantes				
taureaux				
veaux vendus à xxx jours				
génisses 0-1 an	16	365 jours	0%	2
génisses 1-2 ans	17	365 jours	63%	2
génisses +2 ans	6	365 jours	63%	2
males 0-1 an	11	365 jours	0%	2
males 1-2 ans	7	365 jours	0%	2
males +2 ans				
Brebis mère / chèvre - lait				
Brebis mère - viande				
agnelles de souche, chevrette				
béliers, boucs				
agneaux, chevreaux vendus				
agneaux, chevreaux vendus				
Chevaux, ânes, mulets				

Types de bâtiment bovin :

- 1 - aucun
- 2 - stabulation 100% paillée
- 3 - stabulation 50% paillée
- 4 - étable entravée
- 5 - 100% lisier

Porcins	Effectif présent en moyenne	Temps de présence / ferme	% temps extérieur (parcours...)	Effectif produit ou vendu	type bâtiment
Truies		365 jours	0%		
Verrats					
cochettes					
Porcelets en post-sevrage					
Porc charcutier ap post-sevrage					

Cocher les types d'alimentation 1 et 2 :

1 -	standard	biphase
2 -	lactosérum	farine

Entourer l'indice de consommation Porcs en engraissement :

2,7 -- 2,9 -- 3,1

Types de bâtiment porcin :

- 1 - aucun
- 2 - litière accumulée
- 3 - stabulation raclage
- 4 - caillebotis

Volailles	nb animaux présents	nb jours élevage	temps extérieur %	nb d'animaux produits	Types de bâtiment volaille :
poules pondeuses (place)		365 jours	0%		1 - lisier (sans litière) 2 - fumier (avec litière)
poulettes produites					poules
poulets de chair					poulets
poulets label		85 jours			
pintades label & parcours					
chapons					
dindes reproductrices fermière					dindes
dindes chair		120 jours			
canards à rôtir					canards et oies
canards prêt à gaver ext					
canards gras		15 jours			
oies à rotir					
oies PAG					
oies grasses					
lapines		365 jours			lapins

Déjections animales		
	Produites	dont cédées
Fumier	1 000 T	0 T
Lisier		0 m3
Purin		0 m3
Compost		0 T
Autres		

Quantités calculées :	
Fumier	406
Lisier	0
Purin	0

Produits animaux (les sorties) :	
Quantité annuelle	
Lait vendu :	262 845 litres
Qualité du lait :	
TB :	42,8 g/kg
TP :	36,2 g/kg

Données économiques	
	Produits
Vente lait	614 835 F
Vente viande	160 290 F
Aides / animaux	2 125 F
Autres	
Total	777 250 F

Vente de viande :	Nombre vendus	Poids unitaire	Poids Total
Vache allaitante		0 kg vif	0 kg vif
Génisse + taurillon viande		0 kg vif	0 kg vif
Veau viande		0 kg vif	0 kg vif
Taureau		0 kg vif	0 kg vif
Vache laitière	3	307 kg vif	921 kg vif
Génisse + taurillon type lait	m+n	0 kg vif	6 180 kg vif
Veau laitier		0 kg vif	0 kg vif
Brebis, agneaux		0 kg vif	0 kg vif
Chèvre, chevreau		0 kg vif	0 kg vif
Porcs, truies		0 kg vif	0 kg vif
Porcelet		0 kg vif	0 kg vif
Poulet, volaille		0 kg vif	0 kg vif
		0 kg vif	0 kg vif
		0 kg vif	0 kg vif

2 - Assolement & produits végétaux qui sortent de l'exploitation

Cultures	Surface	Rendement /ha	Destination % autoconsommé	Fertilisation minérale apportée			nb traitements phytosanitaires
				kg N / ha	kg P2O5 / ha	kg K2O/ha	
Cultures fourragères :		TMS / ha	vente = 0%				
prairies naturelles	21,7 ha	5,0	100%	25	36	25	0
parcours		3,0	100%				
Légumineuse pures (luzerne...)	14,6 ha	8,2	29%	0	0	120	1
mélange G + L	18,7 ha	7,0	100%	35	49	35	0
maïs ensilage	13,5 ha	10,8	100%	164	72	45	2
sorgho fourrager		10,0	100%				
Ray grass		8,0	100%				
			100%				
Fourrages en dérobé 1		4,0	100%				
Fourrages en dérobé 2							
FG total autoconsommés / an :		420 TMS		6 TMS par UGB			

CÉRÉALES et grandes cultures :	surface	qx / ha (normes)	vente = 0%	Fertilisation minérale apportée			nb trait phytos
				kg N / ha	kg P2O5 / ha	kg K2O/ha	
blé tendre	38,9 ha	63	0%	185	75	60	3
orge	18,3 ha	55	22%	177	75	60	3
maïs grain		80	0%				
sorgho grain		60	0%				
soja		40	0%				
pois		30	0%				
colza		35	0%				
tournesol		25	0%				
jachère, gel de terre (improductif)	10,4 ha	0	0%				
avoine	4,5 ha	50	100%				
orge	17,8 ha	47	0%	120	64	40	1
		0	0%				
Cultures industrielles (rendement en tonne de matière brute) :				kg N / ha	kg P2O5 / ha	kg K2O/ha	nb trait phytos
betteraves sucre (TMB)		60	0%				
Pomme de terre (TMB)		50	0%				
		3,5	0%				
		50	0%				
Autres végétaux : fruits, légumes, plantes, vin				kg N / ha	kg P2O5 / ha	kg K2O/ha	nb trait phytos
surface développée =		158,3 ha					

Paille vendue : (tonne brute)

Gestion des surfaces :	
surface semée	
surface labourée	
surface de prairie retournée	
légumineuses hors prairies	
surface d'épandage des matières organiques (SAMO)	
surface en sol nu l'hiver	

Données économiques	
	Produits
Vente COP	265 999 F
autres végétaux	
Aides SCOP	210 387 F
Autres aides	
Total	476 386 F

Seconde partie : Les entrées (intrants) de l'exploitation

Pour chaque type d'intrant, Évaluez les quantités physiques et le coût annuel. Utilisez éventuellement votre comptabilité et les prix unitaires.

1 - Les énergies directes consommées sur l'exploitation

Séparer l'énergie utilisée pour les usages professionnels de l'exploitation de celle utilisée pour l'habitation.
Si les compteurs et/ou les factures sont communs, faire une répartition "au plus juste"

Quantité utilisée dans l'année (hors variations de stocks)

Type d'énergie	domestique	professionnelle - usage agricole		Total	Coût annuel usage agricole (F HT)
	usage habitation	total agricole	dont chauffage, séchage	dont tracteurs, moteurs	
fioul « domestique »		13 261 litres		13 261 litres	
gazole (routier)				0 litres	
essence (véhicules professionnels)		842 litres		842 litres	
propane/butane (bouteille, citerne)				0 kg	
gaz naturel				0 m3	
électricité compteur n°1	8 921 kWh	26 764 kWh		35 685 kWh	
électricité compteur n°2				0 kWh	
lubrifiants		100 litres		100 litres	
bois buches (ou déchets de bois)		0 stères		0 stères	
charbon		0 kg		0 kg	
autres :				0	
				0	0 F

2 - L'irrigation et l'eau pour les animaux

Répertoriez le type de ressource en eau, le type de matériel d'irrigation et le volume d'eau utilisés.

Précisez s'il s'agit d'un réseau individuel (dans ce cas l'énergie nécessaire doit être indiquée dans le tableau ci-dessus) ou d'un réseau collectif (ASA ou autre) en précisant l'énergie de la pompe (Électricité, moteur diesel, ...)

Indiquez vos caractéristiques	Irrigation			Eau animaux + autres
	individuel	collectif	autre	
Ressources en eau utilisée : lac, cours d'eau, nappe, ...				réseau ? source ?
Matériel d'irrigation : (type, caractéristiques)				
Energie de pompage de l'eau (électricité, moteurs diesel, ...)				
Volume d'eau consommé :				
moyenne par ha	0 m3	0 m3	0 m3	
ha irrigués	0,0 ha	0,0 ha	0,0 ha	
volume total consommé	1 m3			2 267 m3

Coût annuel	0 F	0 F	0 F	5 100 F
--------------------	-----	-----	-----	---------

L'énergie de l'irrigation (quantité et coût) est aussi prise en compte dans l'électricité ou le fioul (tableau 1 ci-dessus) : oui / non
si non, type pompage : pompage élec faible, moyen ou fort (selon pression) , ou pompage fioul

3 - Fioul consommé par des tiers (CUMA, ETA, ...) :

Ne pas compter ce fioul dans le tableau 1. Les Échanges de travaux avec voisins aussi.

Type de travaux effectués	litres fioul /an
travail du sol :	
semis :	202
ferti, traitements :	
récolte paille et foin :	
ensileuses, moiss-batt :	675
autres matériels :	
total :	877

ratios indicatifs

15 à 20 l/ha, labour argileux : 35 - 40 l/ha

5 l/ha seul, 15 l/ha combiné

3 - 5 l/ha

ensileuse : 50 l/ha ; moisson : 25 l/ha

Coût annuel
travaux par tiers

4 - Les engrais minéraux achetés

engrais minéraux

Coût annuel

100 093 F

Type d'engrais (dénomination)	Quantité utilisée tonnes	valeurs unitaires de l'engrais (pour 100 kg engrais)			
		N	P2O5	K2O	Ca
Urée		46	0	0	0
Scories Thomas		0	0	0	0
complexe	18,58	20	25	0	
KCl 60	6,88	0	0	60	
complet	15,8	14	16	12	
complet	10,24	10	14	10	
azote liquide N39	27,68	39	0	0	
lithotamme	5,4	0	14	18	

5 - Les amendements organiques achetés

amendements organiques

Coût annuel

Type d'amendement (dénomination)	Quantité utilisée tonnes ou m3	valeurs unitaires de l'amendement (%)			Transport achat/ferme	
		N	P2O5	K2O	distance	type
Lisier		0	0	0	0 km	
Fumier (bovin)		0	0	0	0 km	
Compost		0	0	0	0 km	
Boues urbaines ou industrielles		0	0	0	0 km	
autres :		0	0	0	0 km	
autres :		0	0	0	0 km	
autres :		0	0	0	0 km	

choix type de transport : tracteur, camion, rail, voiture

6 - Les produits phytosanitaires sur cultures

Phytosanitaires

Coût annuel

75 280 F

Type de produit nom commercial + matière active	Formulation e / p / g / (rien)	Quantité de MA (kg/an)	Autre information : (dose /ha, ...)
--	-----------------------------------	---------------------------	--

MA : matière active

Herbicides :

Velpar+ Atratex	e	8,9 kg	
Celio + quetzal	e	68,3 kg	
First	e	7,2 kg	
Allié	e	0,4 kg	
Foxtar D+	e	62,5 kg	
Bofix	e	5,2 kg	
Mikado	e	3,0 kg	

Insecticides :

Karaté	e	0,3 kg	
Phyleas	e	2,8 kg	

Fongicides :

Bonanza	e	25,7 kg	
Lynx	e	40,0 kg	
Meltop	e	15,6 kg	
Amistar	e	3,8 kg	
But	e	4,0 kg	

Anti limaces, rongeurs, nématicides :

Extralugex	g	6,0 kg	
Huile actirob	e	25,3 kg	
	e		

Soufre, cuivre**choix formulations :**

émulsion
poudre soluble
granulé, poudre sèche
autre

7 - Semences achetées

Type de semences achetées	surf. semées	quantité / ha kg / ha	Quantité consommée kg (nb doses)
céréales 1		180,0 kg	1 300 kg
céréales 2		0,0 kg	1 800 kg
prairie 1		25,0 kg	300 kg
prairie 2		0,0 kg	0 kg
maïs grain (dose 50 000 gr = 17 kg)		2 doses	37 doses
tournesol (dose 150 000 gr = 10,5 kg)		0,0 kg	0 kg
sorgho (dose 800 000 gr = 20 kg)		0,0 kg	0 kg
pois, fèves...		0,0 kg	0 kg
colza, autres oléagineux		0,0 kg	0 kg
pomme de terre		0,0 kg	0 kg
betteraves (sucrières, fourragères)		1 doses	0 doses
soja		0,0 kg	0 kg
		0,0 kg	0 kg
		0,0 kg	0 kg
		0,0 kg	0 kg

	Coût annuel
semences achetées	

8 - Les achats d'aliments pour les animaux

Type d'aliments (dénomination, composition)	Conditionnement	Quantité utilisée (tonnes brutes)	Autres caractéristiques
Concentrés simples :			
soja			farine
céréales	graines		
tourteau de colza	graines		
luzerne déshydratée	granulés		granulé
maïs grain	grains		
pulpes betteraves déshydratées	granulés		
Concentrés composés : Farine / Granulé			
vigagrain	g	3,2 t	
maxitourtoVL	f	29,5 t	
vigasup VL	g	40,4 t	
	f		
	f		
	f		
	f		
	f		
	f		
Fourrages grossiers :			
foin de prairies			
foin de luzerne			
pulpes de betteraves surpressées			
drèches de brasserie			
Paille			
Poudre de lait		0,9 t	

	Coût annuel
Total achats d'aliments	109 769 F

	Coût annuel
Concentrés simples	

	Coût annuel
Concentrés composés	102 325 F

entourer votre région :	
1	Rhône-Alpes
2	Côtes
3	Centre
4	Est
5	Centre Est
6	national

	Coût annuel
Fourrages grossiers	

Poudre de lait	7 444 F
----------------	---------

9 - Achats d'animaux

	Coût annuel
Achats d'animaux	

Type d'animaux et âge à l'achat	Nombre	Poids unitaire	Poids Total
Vache allaitante		0 kg vif	0 kg vif
Génisse viande		0 kg vif	0 kg vif
Veau viande		0 kg vif	0 kg vif
Taureau		0 kg vif	0 kg vif
Vache laitière, génisse		0 kg vif	0 kg vif
Génisse type lait		0 kg vif	0 kg vif
Veau laitier		0 kg vif	0 kg vif
Brebis, agneaux		0 kg vif	0 kg vif
Chèvre, chevreau		0 kg vif	0 kg vif
Porcs, truies		0 kg vif	0 kg vif
Porcelet		0 kg vif	0 kg vif
Poulet, volaille		0 kg vif	0 kg vif
		0 kg vif	0 kg vif
		0 kg vif	0 kg vif

10 - Autres achats

	Quantité annuelle	
Bâches et plastiques (ensilage, ...)	324 kg	0 F
Sels et minéraux	12 228 F	
Conservateurs (d'ensilage)	200 F	
frais vétérinaires (produits + véto)	33 462 F	
Frais d'élevage (IA, CL, identif ^o , hygiène)	32 657 F	

densité : 950 kg / m3

11 - Bâtiments de l'exploitation

Dénomination bâtiment (nb places / UGB si élevage)	Utilisation types de batiments	Age (ans)	Surface au sol m2	
<i>vieux corps ferme, b, timent</i>	<i>Pierre, bardage bois, tuiles</i>	> 25 ans	0 m2	considérés amortis
stabu libre paillée	vaches allaitantes	0 ans		
stabu paillée ou entravée	vaches laitières	33 ans		
stabu logettes ou caillebotis	vaches laitières	0 ans		
hangar matériel, paille	-	0 ans		
bâtiment fermés, isolés	ovin, caprin, vol. porc	0 ans		
fumière couverte avec fosse béton		0 ans		
			0 m2	

12 - Matériels intervenants sur l'exploitation

	Cout	durée
Entretien matériel		1,0 ans
Pneumatiques		7,0 ans

Indiquez l'ensemble des matériels intervenants sur l'exploitation, quelque soit leur mode de propriété
(individuelle, CUMA, entreprise - ETA, copropriété, entraide)

C'est une partie un peu longue et difficile. Merci de votre compréhension.

remplir les 3 colonnes ci-dessous				
	présence / nombre	age actuel	Utilisation Annuelle	
Tracteurs	0 ou 1 (ou 2)	1 an	100 h (ou ha)	unité
Tracteurs 50 ch	1	amorti	0 h	h
Tracteurs 70 ch	1	amorti		h
Tracteurs 80 ch 4 rm	1	amorti		h
tract 100 ch 4 rm	1	amorti		h
		0 ans		h
				h
				h
				h

Travail du sol	nombre	âge actuel	utilisation annue	unité
charrue 3 corps	1	amorti	0 ha	ha
vibro 3 m				ha
décompacteur 3 dents				ha
covercrop 24 disques				ha
cultivateur 2m				ha
herse rotative 3 m	1	7 ans	79 ha	ha
				ha
				ha
				ha
				ha
				ha
				ha
				ha
				ha

Semis et plantation	nombre	âge actuel	utilisation annue	unité
céréales 3 m			0 ha	ha
monograine 4 rangs				ha
				ha
				ha
				ha

Fertilisations, traitements	nombre	âge actuel	utilisation annue	unité
ép engrais 24 m			0 ha	ha
pulvé 300 litres				ha
pulvé 600 lit tabac				ha
ép fumier 7 t				ha
tonne à lisier 6000 litres				ha
				ha
				ha

Automoteurs / récolte	nombre	âge actuel	utilisation annue	unité
moiss batt 150 ch	1	3 ans	79 ha	ha
ensileuse mais 450 ch				ha
				ha
				ha
				ha

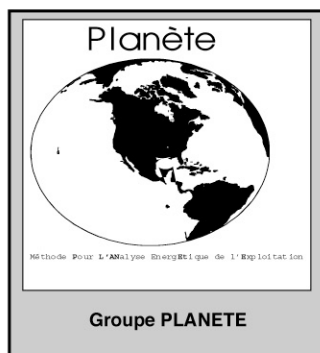
Récoltes foin & paille	nombre	âge actuel	utilisation annuelle	unité
faucheuse 2,5m	1	amorti	0 ha	ha
				ha
faneuse 5,20 m				ha
presse BR 120*120				ha
presse BR 120*120 paille				ha
enrubanneuse semiportée				ha
broyeur végetx 2,5m				ha
				ha
				ha
				ha

Matériels d'élevage - divers	nombre	âge actuel		unité
applatisseur		0 ans		an
				an
dess semi portée 2,5m3	1	5 ans		an
dessilleuse pailleuse	1	3 ans		an
cellules grain	1	7 ans		an
machine à traire	1	23 ans		an
tank 3000 l	1	23 ans		an
				an
				an
				an

Transports	nombre	âge actuel		unité
remorq 8 tonnes	1	9 ans		an
camion / bêtes (3 à 5 T)				an
chargeur télescopique				an
				an
				an

Autres matériels et équipements	nombre	âge actuel	âge maximal	unité	MJ / unité	poids matériel
			12 ans	an		
			12 ans	an		
			12 ans	an		
			12 ans	an		
			12 ans	an		

Analyse énergétique de l'exploitation agricole



RÉalisÉ avec l'aide de l'ADEME

Résultats (page 1 / 4)

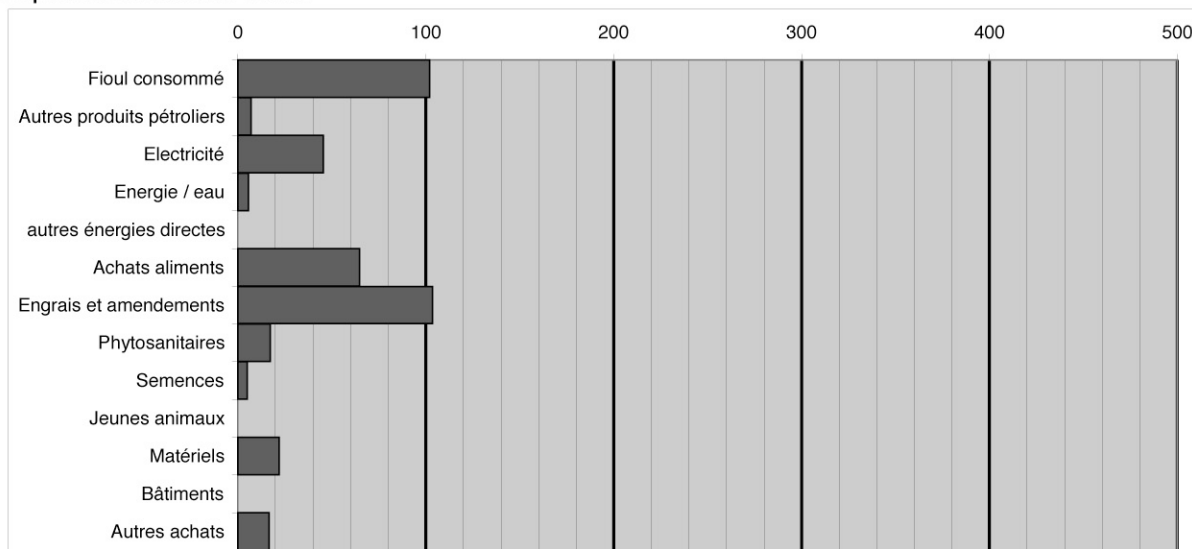
Agriculteur		
NOM Prénom : Mr et Mme X		Système : lait-taurillons-céréales
Dénomination : 0		SAU : 158,0 ha
Adresse : 0		UTH : 2,0
Code Postal : 00000		
Commune : 0		Année de référence : 1999
Téléphone : 0		Date d'enquête : 12/02/01
Département : Côte d'Or		Enquête réalisée par : 0
Evolution : stable, en croisière		ENESAD

Répartition des énergies consommées et produites

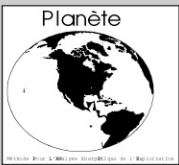
Répartition de l'énergie par poste		usages professionnels	postes	par an			par ha SAU	part	Coût (FHT)
				MJ	TEP	éq-litres fioul	éq lit fioul		
Entrées	directes		Fioul consommé	575 417	13,8	16 112	102	26%	0 F
			Autres produits pétroliers	39463	0,9	1 105	7	2%	0 F
			Electricité	256934	6,1	7 194	46	12%	0 F
			Energie / eau	31738	0,8	889	6	1%	5 100 F
			autres énergies directes	0	0,0	0	0	0%	0 F
	indirectes		Achats aliments	365 727	8,7	10 240	65	17%	109 769 F
			Engrais et amendements	584 928	14,0	16 378	104	27%	100 093 F
			Phyosanitaires	96 985	2,3	2 716	17	4%	75 280 F
			Semences	28 219	0,7	790	5	1%	0 F
			Jeunes animaux	0	0,0	0	0	0%	0 F
	Matériels	124 054	3,0	3 474	22	6%	0 F		
	Bâtiments	0	0,0	0	0	0%	0 F		
	Autres achats	93 338	2,2	2 613	17	4%	78 547 F		
			ENTREES	2 196 803	52,6	61510	389	100%	368 789 F
Sorties		lait	908 235	21,7	25 431	161	10%	777 250 F	
		viande	64 477	1,5	1 805	11	1%		
		végétaux	6 451 388	154,3	180 639	1 143	72%	476 386 F	
		autres	1 568 422	37,5	43 916	278	17%		
				SORTIES	8 992 523	215,1	251791	1594	100%

Consommation :	389	éq litres de fioul / ha SAU
	13904	MJ / ha SAU

en équivalent litres de fioul / ha SAU



Analyse énergétique de l'exploitation agricole

	<h3>Résultats (page 2 / 4)</h3>
<p>NOM Prénom : Mr et Mme X Dénomination : 0</p> <p style="text-align: center;">Evolution : stable, en croisière</p>	<p>lait-taurillons-céréales 158,0 ha 2,0</p>

Indicateurs de l'analyse énergétique

	GJ / an	éq-lit fioul /an
Bilan d'énergie (sortie - entrée)	6 796 GJ	190280
Consommation par UTH	1 098 GJ	30755
Consommation par ha SAU	14 GJ	389
Intensité énergétique (Consommation énergie / produits en F)	2 MJ/F	0,049

Energie dépensée (PA) pour 100 litres de lait :	483,7 MJ	13,5
Energie dépensée (PA) pour 100 kg de viande :	17903 MJ	501,3
Energie dépensée (PV) pour 100 t de COP :	227517 MJ	6370
Energie dépensée (PV) / 100 t d'autres végétaux :	1085726 MJ	30400
Efficacité énergétique :	4,09	

Caractéristiques structurelles :

Altitude : 400 m
Pluviométrie : 1300 mm
Type de sol : argileux
Matière organique : > 4%
Pentes : quelques pentes >10%
Parcellaire : groupé

Commentaires :

Deux types de parcelles : sur le plateau de Langres, sols argilo-limoneux calcaires, caillouteux, peu profonds : cultures. Dans la vallée de la Seine : en fond, sols profonds : maïs. Sur les côteaux : prairies.

Vaches laitières : Race Brune, 7104 litres / VL

Taux de renouvellement : 27 %

Engraissement des jeunes bovins mâles. Vente de génisses en reproductrices.

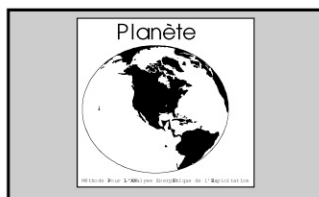
Exploitation moderne dès les années 70 (la salle de traite date de 1976, la stabulation est de 1966) : est actuellement en vitesse de croisière.

Beaucoup de matériel amorti, dont le renouvellement va commencer.

Cette année 1999, achat de semences important pour renouvellement. Parfois en autoproduit plus.

Les données économiques sont incomplètes : il manque coût gazoil, semences, matériel.

Analyse énergétique de l'exploitation agricole



REalisÉ avec l'aide de l'ADEME

Résultats (page 3 / 4)

Mr et Mme X
0

lait-taurillons-céréales
158,0 ha

Répartition des énergies entre les productions végétales et les productions animales

Répartition des productions	ensemble	végétales	animales	(cultures autoconsommées par les animaux)
surface	158,3 ha 0%	91,7 ha 58%	66,6 ha 42%	

		Total (MJ/an)	Energies affectées (MJ/an) :		Répartition : part des PA / total		
			végétales	animales	par défaut	enquêteur	
Entrées	directes	Fioul consommé	575 417	333 197	242 219	42%	
		Autres produits pétroliers	39 463	22 851	16 612	42%	
		Electricité	256 934	0	256 934	42%	100%
		Energie / eau	31 738	0	31 738	42%	100%
		autres énergies directes	0	0	0	42%	
	indirectes	Achats aliments	365 727	0	365 727	100%	
		Engrais et amendements	584 928	407 185	177 743	30%	
		Phytosanitaires	96 985	78 772	18 214	19%	
		Semences	28 219	23 422	4 797	42%	17%
		Jeunes animaux	0	0	0	100%	
	Matériels	124 054	60 049	64 005	52%		
	Bâtiments	0	0	0	0%		
	Autres achats	93 338	0	93 338	100%		
ENTREES		2 196 803	925 476	1 271 327			
Sorties	lait	908 235	0	908 235	100%		
	viande	64 477	0	64 477	100%		
	végétaux	6 451 388	6 451 388	0	0%		
	autres	1 568 422	1 568 422	0	0%		
	SORTIES		8 992 523	8 019 810	972 712		

Efficacité énergétique :	4,1	8,67	0,77
---------------------------------	------------	-------------	-------------

Synthèse des résultats de l'analyse énergétique :

Le poste matériel est peu élevé du fait que l'essentiel est amorti : ceci améliore les résultats. De même pour les bâtiments.

Système de productions végétales bien efficace : fertilisation raisonnée et apports de fumier y contribuent certainement. Très bon résultat.

Productions animales : efficacité énergétique inférieure à 1, malgré beaucoup d'aliments autoproduits. Cependant, les résultats sont bons par rapport aux deux autres laitiers enquêtés.

Le poste électricité est assez élevé. C'est dans ce domaine que des économies sont à rechercher : par exemple, arrêter le surpresseur en dehors de la traite, demander à la laiterie un tank mieux isolé, éclairer avec des fluocompacts ou autres (néons).

Analyse énergétique de l'exploitation agricole



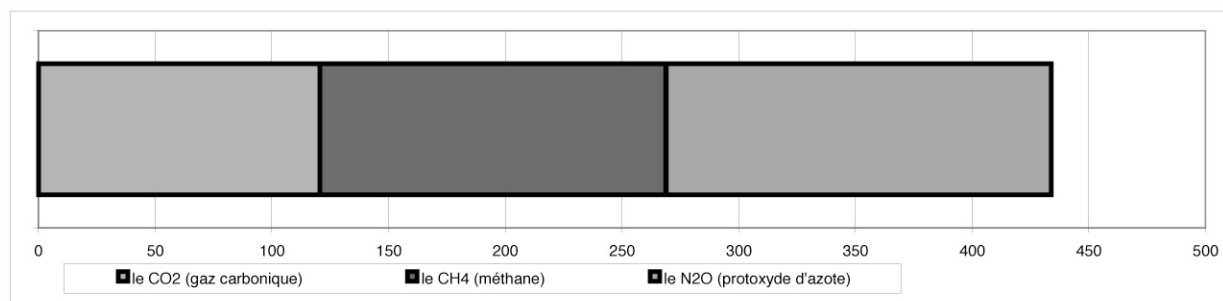
Résultats (page 4 / 4)

Mr et Mme X
0

lait-taurillons-céréales
158,0 ha

L'impact de l'exploitation sur l'augmentation des gaz à effet de serre

Les émissions de gaz à effet de serre		Potentiel de réchauffement de l'atmosphère :	
le CO ₂ (gaz carbonique)	120 t/an	à l'horizon de 100 ans :	
le CH ₄ (méthane)	7,1 t/an	434 éq t CO ₂ / an	
le N ₂ O (protoxyde d'azote)	533 kg/an	2,75 éq t CO ₂ / ha / an	



Synthèse sur l'augmentation de l'effet de serre :

Présence de ruminants : dégagement de méthane.

Peu de références actuellement. Vous avez les meilleurs résultats des trois laitiers enquêtés.

L'analyse énergétique de l'agriculture, une préoccupation de l'Europe du Nord ?

L'analyse énergétique à l'échelle de l'exploitation agricole est utilisée au sein d'analyse de cycle de vie, comme (liste non exhaustive) :

en Suisse

par le Service Romand de Vulgarisation Agricole (SRVA, CH-1000 Lausanne 6) qui a effectué des écobilans d'exploitations agricoles

aux Pays-Bas

par CLM (Centre pour l'agriculture et l'environnement), à Utrecht (Po Box 10015, 3505 AA Utrecht) qui cherche à évaluer les performances environnementales des exploitations agricoles, dont leur consommation énergétique par unité de produit ;
ainsi qu'à l'Université d'Utrecht (Department of Science, Technology and Society),
qu'au Agricultural Economics Research Institute (LEI- DLO) à la Haye,
et à l'Institute of agricultural and environmental engineering de l'Université de Wageningen.

en Allemagne

par l'IFEU : Institut für Energie und Umweltforschung, Heidelberg ;
à l'Institut agronomique de l'Université Martin Luther : (Etat de Ahalle-Wittenberg) ;
de même : Institut für Agrartechnik de l'Université de Göttingen ;
ainsi que KTBL, à Darmstadt ;
et le projet KUL, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft à Jena.

en France

Hormis le groupe Planète, l'ITCF va publier une brochure de références énergétiques pour les grandes cultures.
et l'INRA de Colmar élabore un indicateur énergétique pour les entrées de systèmes de culture (P. Girardin, F. Pervanchon)

en Suède :

au Department of Applied Environmental Sciences de l'Université de Göteborg

au Danemark, et en Italie,

ce sont semble-t-il les analyses de l'agriculture au niveau national qui sont privilégiées pour le moment.

et bien sûr au Luxembourg

par nos collègues de la Fédération des Herdbooks Luxembourgeois, qui utilisent bilans minéraux et analyse énergétique pour le pilotage de leurs adhérents.

Analyses individuelles en Thiérache

L'exploitation 1 détériore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a maintenu ses entrées d'énergies directes : la légère baisse des quantités de fuel (sans doute liée au prix élevé) a été compensée par une augmentation de l'électricité et de l'eau. Dans ce cas précis, l'explication pourrait venir des travaux de **mise aux normes** des bâtiments.

Par contre, les consommations d'énergies indirectes ont fortement progressé, principalement pour les aliments et les engrais. Malgré un effort pour réduire la consommation de concentrés composés, **l'effectif d'élèves** de plus de 2 ans, **plus important** en 2000, eu pour conséquence une diminution des stocks et/ou des achats supplémentaires de fourrages. Cela a aussi entraîné une plus grande consommation d'engrais pour une meilleure production des prairies pour le pâturage et la reconstitution de stocks.

Cette exploitation est aussi relativement bien placée selon les critères du bilan des minéraux pour son système. Mais les résultats Azote se sont un peu dégradés entre ces 2 dernières années. On retrouve ici l'impact des postes engrais et aliments.

L'exploitation 2 détériore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a diminué ses entrées d'énergies directes : la légère hausse des quantités de fuel a été largement compensée par la réduction du poste électricité. Notons qu'en 1999, il y avait eu des travaux dans les bâtiments.

Par contre, les consommations d'énergies indirectes ont fortement augmenté, exclusivement pour les aliments. En fait, **les aliments « simples »** - céréales, pulpes surpressées ou drêches - utilisés en priorité en 1999 ont été en partie **remplacés par des concentrés composés** ou des sous-produits déshydratés, plus coûteux en énergie. De plus, l'allongement de la période en bâtiment a diminué les stocks d'ensilage.

Selon les critères du bilan des minéraux, les excédents sont trop élevés pour le système considéré. Les résultats Azote se sont maintenus entre ces 2 dernières années. Cela s'explique par le fait qu'il y a eu substitution au niveau des aliments, et non pas une réelle augmentation des entrées.

L'exploitation 3 améliore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a diminué ses entrées d'énergies directes, en particulier les quantités de fuel. Il y a en effet eu un peu moins de passages dans les pâtures et le prix élevé du carburant était plutôt rédhibitoire.

Ici aussi, les consommations d'énergies indirectes ont progressé. La réduction des engrais n'a pas résisté à l'accroissement des consommations d'aliments. En fait, si les aliments composés ont bien été réduits, l'effet a été inversé par un gros achat de pulpes déshydratées pour corriger la teneur en MS très faible de l'ensilage d'herbe. En ce qui concerne les engrais, la diminution est ici relative : certes la quantité d'ammonitrate a été divisée par 2, mais c'est surtout **l'épandage de craie** en 1999 (n'apparaissant plus en 2000) qui pesait lourd sur ce poste. Or l'amendement calcaire n'agit pas sur une seule année : il faudrait l'amortir.

Ce cas est aussi relativement bien placée selon les critères du bilan des minéraux ; mais c'est un système herbager qui pourrait être diminuer ses excédents. Peu à peu, les résultats Azote s'améliorent grâce notamment à une moindre intensification animale et une baisse du chargement. Dans cette approche, la réduction de la fertilisation a suffi pour réduire les excédents azotés ; l'évolution du poste aliments a par contre peu d'impact.

L'exploitation 4 détériore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a augmenté ses entrées d'énergies directes : la légère baisse des quantités de fuel a été plus que compensée par une forte augmentation de l'électricité que l'on n'explique pas bien ici.

Par contre, les consommations d'énergies indirectes ont été maintenues. Les seules petites variations portaient ici sur les **achats d'animaux** du fait de l'introduction de flamandes dans le troupeau.

Il est à noter une augmentation des sorties animales et végétales, mais qui n'ont pas eu d'impact suffisant pour atténuer les effets des consommations d'énergies directes.

Cette exploitation est relativement bien placée selon les critères du bilan des minéraux pour son système. Les résultats Azote sont quasi stables entre ces 2 dernières années, grâce au raisonnement sur les postes engrais et aliments. Par ailleurs ; les cultures de ventes apportent un peu de souplesse.

L'exploitation 5 détériore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a presque maintenu ses entrées d'énergies directes : les effets de l'augmentation des quantités de fuel (lors de l'utilisation du matériel CUMA ?) ont été limités par la réduction des postes autres produits pétroliers et électricité.

Par contre, les consommations d'énergies indirectes ont fortement progressé, principalement pour les aliments et les animaux. Concernant les aliments, on retrouve ici l'impact de la modification du type d'aliment plus que des quantités. En effet, le **passage d'aliments simples** (céréales, tourteau de soja...) à **des concentrés composés** n'est pas neutre dans ce cas. Il y a également la consommation des stocks de foin qui entre en compte. Pour les animaux, ce sont ici les dates d'achat des lots de veaux et broutards qui pénalisent la deuxième campagne. Si l'achat avait été effectué plus tôt, l'effet aurait été absorbé par les **variations d'inventaires**.

Selon les critères du bilan des minéraux, les excédents sont un peu trop élevés pour ce système. Les résultats Azote se sont un peu dégradés entre ces 2 dernières années. De nouveau, ceci s'explique par l'augmentation des achats d'aliments et d'engrais.

L'exploitation 6 améliore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a maintenu ses entrées d'énergies directes, par une compensation entre l'augmentation des consommations de fuel et d'eau avec la diminution de l'électricité et des autres produits pétroliers.

En plus, les consommations d'énergies indirectes ont été réduites. Cela passe en priorité par une **réduction des énergies liées aux aliments**. Un léger effort avait été consenti sur les quantités de concentrés achetés ; l'impact a été renforcé par une augmentation des stocks de fourrages (à l'inverse de la plupart des situations). La **diminution des quantités d'engrais** utilisées suite à la réflexion sur l'utilisation des effluents : baisse des engrais composés en plus de l'ammonitrate a aussi eu un effet important.

Mais ces évolutions n'ont pas été sans retombées sur les productions, tant animales que végétales, ce qui a fortement limité l'amélioration globale du bilan.

Cette exploitation est bien placée selon les critères du bilan des minéraux notamment par l'effet des cultures de vente. Les résultats Azote se sont améliorés entre ces 2 dernières années, grâce au raisonnement de la fertilisation et au recours moins systématique aux concentrés, mais un peu au détriment de la production.

L'exploitation 7 améliore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a diminué ses entrées d'énergies directes, en particulier les quantités de fuel. La modification des techniques de travail et l'**augmentation de la surface en prairies** n'y sont pas étrangères.

En plus, les consommations d'énergies indirectes ont été réduites. Pour les engrais, la réduction s'est portée principalement sur les engrais azotés alors que les apports de craie et de potasse ont été augmentés. On retrouve ici encore l'effet de l'implantation de prairies en association graminées-légumineuses. Dans l'alimentation, on peut noter une **diminution des concentrés achetés** au profit des fourrages. Il s'agit ici d'une **transition vers le mode de production biologique**. Or l'hiver plus long associé à une augmentation des effectifs ont nécessité l'achat de fourrages extérieurs, mais moins consommateurs en énergie que les concentrés.

Cette exploitation est bien placée selon les critères du bilan des minéraux notamment par l'effet des cultures de vente. Les résultats Azote se sont améliorés entre ces 2 dernières années, grâce aux implantations de prairies sur des surfaces habituellement cultivées : les associations favorisant les légumineuses nécessitent moins d'engrais azotés. En préparation à la conversion, les terres ont aussi été moins largement fertilisées et ici les amendements calcaires n'entrent pas en compte.

L'exploitation 8 améliore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a diminué ses entrées d'énergies directes, principalement pour les quantités de fuel, un peu pour l'électricité.

En plus, les consommations d'énergies indirectes ont été réduites. L'effort a été consenti à la fois sur les **engrais** et sur les **aliments**. Dans le premier cas, cela porte sur l'ammonitrate (le faible chargement et le potentiel des prairies permet de **raisonner les apports**, de plus le premier apport de printemps n'a pas toujours pu être effectué) et sur l'amendement calcaire qui n'a pas été renouvelé en 2000. Pour les aliments, la réduction des pulpes déshydratées et la création des stocks de foin a plus qu'amorti l'augmentation des concentrés. Ces derniers sont élevés pour un système herbager du fait de la productivité du troupeau.

Par contre, ces évolutions ont entraîné une baisse, assez modérée mais réelle, de la production.

Cette exploitation est bien placée selon les critères du bilan des minéraux. Bien que menée de façon intensive pour la production laitière (litres/VL), le chargement reste bas, ce qui permet des apports réduits d'engrais. Mais ce mode de conduite implique des achats de concentrés assez importants pour répondre aux besoins des laitières. Mais l'augmentation de ces derniers a été compensée par une réduction au niveau des fourrages.

L'exploitation 9 améliore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a diminué ses entrées d'énergies directes, notamment pour le fuel, mais surtout pour l'électricité.

En plus, les consommations d'énergies indirectes ont été réduites. La réduction sur les aliments est équilibrée par une augmentation des engrais. En fait, on retrouve ici l'impact de la **reprise de prairies** pour l'installation d'un associé : cela dilue les dépenses sur l'ensemble de la surface actuelle, sauf pour les engrais qui sont aussi utilisés pour les surfaces supplémentaires. Cela se marque également sur les sorties : certes les effectifs vont être légèrement revus à la hausse, mais l'impact ne se fera ressentir qu'en année 2 et 3.

Selon les critères du bilan des minéraux, les excédents sont trop élevés pour ce système. L'importance de l'atelier viande et notamment des taurillons n'y est pas étrangère. Les résultats Azote se sont un peu dégradés entre ces 2 dernières années. C'est d'abord l'augmentation des engrais qui est en cause, mais aussi les achats de fourrages supplémentaires.

L'exploitation 10 détériore son bilan énergie entre 1999 et 2000.

Elle a augmenté fortement ses entrées d'énergies directes : les quantités de fuel consommé ont été plus élevées, de même que les autres produits pétroliers et l'électricité. Dans ce cas précis, cela peut en partie s'expliquer par les travaux de **mise en conformité des bâtiments**.

Les consommations d'énergies indirectes ont aussi été accrues. Cela ne touche que le poste aliments, le reste des éléments étant resté stable. Il y a eu à la fois un besoin en achats extérieurs (ensilage de maïs notamment) supérieur et plus de concentrés achetés. Ici encore les **travaux** de mise aux normes des bâtiments ont joué un rôle par la recherche d'aliments « sécurité » au détriment de la production de fourrages sur l'exploitation (et surtout pâturage) pendant cette période.

Cette exploitation est bien placée selon les critères du bilan des minéraux. Les résultats Azote se sont toutefois détériorés entre ces 2 dernières années, exclusivement du fait des achats importants de fourrages et de la consommation des stocks.

EQF	1		2		3		4		5						
	99/00	Écart	99/00	00/01	99/00	00/01	99/00	00/01	99/00	00/01					
				Écart		Écart		Écart		Écart					
Fioul/ha	119	79	-40	157	181	24	150	89	-61	193	176	-17	84	151	66
autres pétrole/ha	1	8	7	63	63	0	1	11	10	33	45	13	93	45	-48
Électricité/ha	35	54	19	160	70	-90	133	123	-10	67	188	122	132	95	-37
Énergie/eau/ha	9	30	21	11	2	-10	13	8	-5	1	8	7	0	1	1
Aliments/ha	198	210	12	355	554	199	234	375	142	157	156	-1	263	325	62
Fertilisants/ha	52	130	78	105	122	17	128	29	-99	107	110	3	141	140	-1
Phytos/ha	3	4	1	3	4	1	0	0	0	5	6	0	5	7	2
Semences/ha	3	3	0	0	0	0	0	0	0	5	4	-1	3	7	4
Animaux/ha	11	7	-4	2	3	1	0	9	9	0	17	17	0	20	20
Matériels/ha	42	49	6	88	88	0	69	56	-13	45	31	-14	54	68	14
Bâtiments/ha	49	53	4	105	105	0	45	45	0	99	99	0	97	97	0
Autres achats/ha	36	38	2	37	34	-2	26	30	4	46	48	2	35	51	16
conso totale /ha	558	666	108	1087	1226	140	799	775	-24	758	888	130	909	1007	98
lait/ha	408	405	-3	530	537	7	412	424	12	599	581	-19	566	554	-12
viande/ha	88	105	17	260	256	-4	90	101	11	68	93	26	225	123	-101
végétaux/ha	146	146	0	0	0	0	0	0	0	291	362	71	178	204	26
sorties totale /ha	642	657	15	790	794	3	502	525	23	958	1036	78	969	882	-87
bilan énergie/an (GJ)	293	-32	-325	-508	-742	-234	-583	-492	91	795	589	-206	134	-277	-411
bilan én.GJ/an/ha	3	0	-3	-11	-15	-5	-11	-9	2	7	5	-2	2	-4	-7
conso /UTH	977	1154	177	932	1051	120	1569	1523	-46	491	575	84	1006	1115	109
intensité énergétique	1,5	1,6	0,1	2,0	2,2	0,2	2,2	2,0	-0,1	1,6	1,3	-0,3	1,8	2,2	0,4
conso MJ/100 l lait	386	407	21	558	633	75	490	565	74	372	449	78	475	536	60
conso MJ/100 kg viande	5606	4884	-722	2593	2998	405	6261	7377	1116	8861	9298	437	4260	8930	4670
EE globale	1,1	1,0	-0,2	0,7	0,6	-0,1	0,6	0,7	0,0	1,3	1,2	-0,1	1,1	0,9	-0,2
EE/PA	1,1	1,1	0,0	0,9	0,8	-0,1	0,8	0,7	-0,1	1,0	0,9	-0,1	1,0	0,8	-0,2
EE/PV	1,6	0,8	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	3,3	0,2	1,7	1,7	0,0
CO ₂ émis (t)	91	108	17	82	87	5	83	68	-15	228	225	-3	95	100	6
CH ₄ émis (t)	15	14	0	9	9	0	6	7	1	18	18	0	10	12	1
N ₂ O émis (kg)	666	826	160	428	387	-41	347	281	-66	798	787	-12	465	507	42
PRG 100 ans	603	660	58	398	396	-3	326	307	-19	856	848	-8	458	503	44

EQF	6		7		8		9		10		Moyenne									
	99/00	00/01	Écart	99/00	00/01	Écart	99/00	00/01	Écart	99/00	00/01	Écart								
Fioul/ha	150	164	14	141	115	-26	107	56	-51	139	108	-30	69	162	93	128	133	128	-5	
autres pétrole/ha	10	4	-7	16	17	1	10	8	-1	16	14	-2	16	30	16	30	26	25	-1	
Electricité/ha	70	65	-5	44	54	10	44	31	-13	185	112	-73	90	108	90	108	96	90	-6	
Energie/eau/ha	8	17	9	3	3	0	0	1	1	5	4	-1	13	14	13	14	6	9	2	
Aliments/ha	140	71	-68	94	68	-26	361	342	-19	288	266	-22	345	387	345	387	243	275	32	
Fertilisants/ha	176	124	-52	215	177	-38	70	56	-14	88	108	20	40	40	40	40	112	104	-9	
Phytos/ha	7	6	0	21	7	-14	0	0	0	3	6	2	3	3	3	3	0	5	4	-1
Semences/ha	12	3	-9	11	12	1	0	0	0	3	2	-1	0	0	0	0	0	4	3	-1
Animaux/ha	7	0	-7	1	8	7	0	0	0	27	26	0	0	0	0	0	5	9	4	
Matériels/ha	59	58	-1	36	36	0	24	43	19	21	17	-3	50	50	50	50	49	50	1	
Bâtiments/ha	10	9	-1	19	19	0	56	56	0	93	78	-14	63	63	63	63	64	62	-1	
A. achats/ha	27	51	24	28	63	35	20	18	-2	38	35	-2	38	40	38	40	2	33	41	8
conso tot /ha	675	573	-102	627	578	-49	692	612	-81	905	777	-128	752	898	752	898	146	776	800	24
lait/ha	364	321	-43	286	293	8	382	360	-22	534	502	-32	664	686	664	686	22	474	466	-8
viande/ha	55	62	7	47	49	2	109	100	-9	223	238	15	144	108	144	108	-36	131	124	-7
végétaux/ha	596	530	-66	1113	1024	-89	0	0	0	154	117	-37	0	0	154	117	0	248	238	-9
sorties tot /ha	1015	1005	-9	1446	1439	-7	491	460	-31	911	857	-54	808	794	808	794	-14	853	845	-8
bilan énergie GJ/ha	766	1099	333	4954	5211	257	-483	-364	119	23	364	341	148	-275	148	-275	-423	554	508	-46
bilan én. GJ/ha/ha	12	15	3	29	31	2	-7	-5	2	0	3	3	2	-4	2	-4	-6	3	2	-1
conso /UTH	1522	1455	-67	1266	1167	-99	828	732	-97	1164	888	-276	662	791	662	791	129	1042	1045	3
intensité énergétique	2,1	1,9	-0,2	1,9	1,6	-0,3	2,1	2,0	0,0	1,6	1,4	-0,2	1,4	1,6	1,4	1,6	0,2	1,8	1,8	0,0
conso MJ/100 l lait	499	394	-105	335	347	12	601	572	-29	474	413	-61	343	404	343	404	61	453	472	19
conso MJ/100 kg viande	9845	5413	-4432	5519	6579	1060	6073	5609	-464	5219	4005	-1214	4911	6870	4911	6870	1958	5915	6196	281
EE globale	1,5	1,8	0,3	2,3	2,5	0,2	0,7	0,8	0,0	1,0	1,1	0,1	1,1	0,9	1,1	0,9	-0,2	1,1	1,1	0,0
EE/PA	0,8	1,0	0,3	1,2	1,1	0,0	0,7	0,8	0,0	1,0	1,2	0,2	1,2	1,0	1,2	1,0	-0,2	1,0	0,9	0,0
EE/PV	4,5	3,1	-1,4	3,2	4,0	0,7	0,0	0,0	0,0	1,2	0,8	-0,4	0,0	0,0	1,2	0,8	0,0	1,5	1,4	-0,2
CO ₂ émis (t)	65	70	5	189	175	-14	60	52	-8	211	212	1	76	90	76	90	14	118	119	1
CH ₄ émis (t)	9	9	0	16	16	0	9	9	0	24	26	2	14	14	14	14	0	13	13	0
N ₂ O émis (kg)	493	445	-49	1093	954	-139	454	429	-25	982	1114	132	525	540	525	540	15	625	627	2
PRG 100 ans	414	404	-11	863	815	-48	398	373	-24	1013	1098	85	534	561	534	561	27	586	596	10

Résultats énergétiques et pouvoir de réchauffement global des 10 exploitations, et leur évolution entre les années 1999/2000 et 2000/2001. Moyenne du groupe