

Évaluation des techniques culturales et leur impact sur l'environnement (GES)

Problématiques :

- Dans les pays industrialisés, pour obtenir d'importants rendements, les cultures et les élevages nécessitent l'utilisation de grandes quantités d'intrants (engrais, produits phytosanitaires, aliments pour le bétail).
- Le coût énergétique élevé de ces méthodes de cultures est-il justifié ? Quelles sont les conséquences environnementales de ces cultures (émissions de gaz à effet de serre, prélèvement d'eau...) ?
- Peut-on envisager le recours à des pratiques culturales différentes ?

Objectifs :

Notions et contenus	Compétences exigibles
La production végétale : utilisation de la productivité primaire	
Le coût énergétique et les conséquences environnementales posent le problème des pratiques utilisées. Le choix des techniques culturales vise à concilier la nécessaire production et la gestion durable de l'environnement.	Recenser, extraire et exploiter des informations, notamment sur le terrain, utiliser des bases de données et des logiciels pour comparer les bilans d'énergie et de matière (dont l'eau) d'un agrosystème de production végétale et d'un écosystème peu modifié par l'homme.

Type d'activité : documentaire

Conditions de mise en œuvre :

- Il s'agit de calculer le coût énergétique de différentes productions agricoles (céréales, lait, viande) :
L'efficacité énergétique globale de l'exploitation est le rapport des produits de l'exploitation (converties en énergie brute) sur les entrées (consommation totale). Le bilan évalue aussi l'émission de GES par l'exploitation. (**voir bilan énergétique Grandes Cultures**)
Longtemps utilisée sur le terrain, cet indicateur est maintenant calculé par la consommation d'énergie par unité produite.
- Identifier les postes les plus « gourmands » et proposer des solutions pour diminuer le coût énergétique des intrants : fertilisation par fixation symbiotique, cultures sans labours, choix de l'irrigation, alimentation du bétail avec des aliments issus de l'exploitation (**Voir Bovin lait strict**).
- Comparer l'efficacité énergétique des productions animales (**exemple de la production de porcs**) avec celle des productions végétales
- Comparer l'agriculture traditionnelle et l'agriculture bio : identifier les différences dans les pratiques agricoles pour expliquer la différence d'impact sur l'environnement (GES).

Communication des résultats :

- Les résultats seront présentés sous forme graphique (histogramme) et de tableaux. Une présentation de la synthèse peut être envisagée sous forme de diaporama.

Compétences pouvant être travaillées et / ou évaluées :

- Capacités de communication : Présenter / traiter des données sous forme de tableau
- Attitudes : Développer son esprit critique
Sensibilisation à la santé, au développement durable, etc.

Qu'est-ce que le bilan PLANETE ?

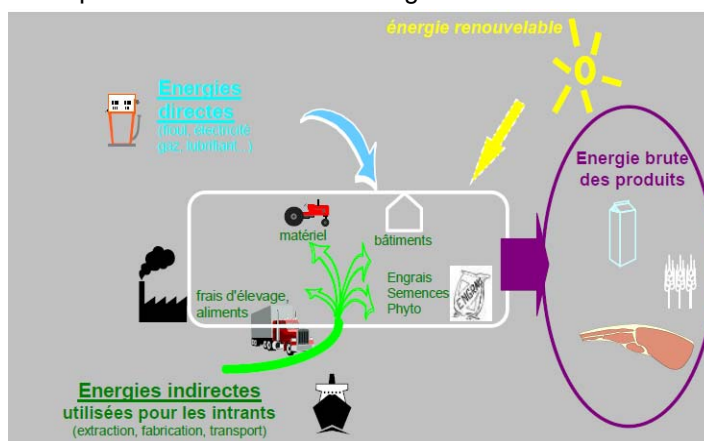
Fin des années 1990, Solagro conçoit avec l'ENESAD, le CEIPAL, le CEDAPAS, le CETA de Thiérache, un outil d'analyse énergétique d'exploitations agricoles, avec estimation des rejets de gaz à effet de serre. Affiné, testé, amélioré, PLANETE aujourd'hui :

- Quantifie les différentes énergies non renouvelables consommées par l'exploitation agricole ;
- Répartit les consommations par poste (valeurs, %) ;
- Quantifie les « sorties » de l'exploitation ;
- Quantifie les émissions de gaz à effet de serre (CO_2 , CH_4 , N_2O).

Puis, par comparaison avec « les moyennes par production » situe les postes de l'exploitation analysée, pointe les différences et propose des améliorations : relatives aux pratiques agricoles (économie d'énergie) par substitution d'énergie avec des renouvelables. L'outil « PLANETE » est composé d'un tableur, d'un questionnaire de collecte des données et de moyennes par production appelées « références PLANETE » ou « refPLANETE ».

Le bilan PLANETE peut s'appliquer à la plupart des productions animales ou végétales.

Sorties	Unité	EQF / unité
Lait (selon TP et TB)	Litre	0,09
Vache viande	kg vif	0,44
Vache lait	kg vif	0,26
Viande de porc	kg vif	0,39
Céréales (blé, orge ...)	kg	0,45 à 0,49
Oléagineux (colza ...)	kg	0,57 à 0,75



Les émissions totales de GES comprennent les émissions directes et indirectes de CO_2 , CH_4 et N_2O . Le pouvoir de réchauffement global (PRG) des exploitations, exprimé en eqCO_2 (équivalent CO_2) cumule ces 3 gaz avec leur coefficient d'équivalence CO_2 (issus du rapport du GIEC 2007) : 1 tonne de CH_4 équivaut à 25 tonnes de CO_2 et 1 tonne de N_2O équivaut à 298 tonnes de CO_2 . Dans le rapport, on confond l'expression « PRG » et « émissions totales de GES ».

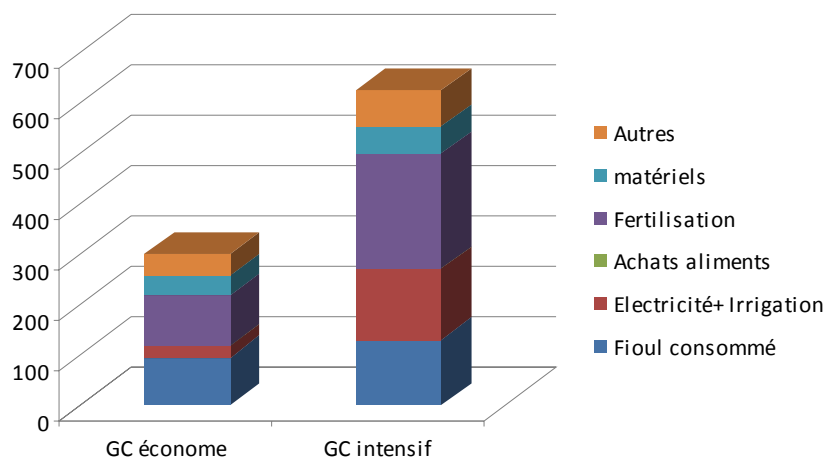
Intrants	Valeur énergétique	Valeur GES
Fioul domestique	40,7 MJ / L	0,26 kg CO_2 / kWh
Electricité	9,6 MJ / kWh	0,09 kg CO_2 / kWh
Azote (urée)	64,6 MJ / kg N	0,25 kg CO_2 / kg N + 0,03 kg N_2O / kg N
Azote (autres)	52,6 MJ / kg N	1,0 kg CO_2 / kg N + 0,03 kg N_2O / kg N
Luzerne déshydratée	9,9 MJ / kg	Absence de valeur
Plastiques	92 MJ / kg	2,58 kg CO_2 / kg + 0,04 N_2O / kg
Lait (selon TP ou TB)	3,06 MJ / L	-
Vache type viande	15,2 MJ / kg vif	-
Céréales (blé, orge ...)	15 à 17 MJ / kg	-
Oléagineux (colza, tournesol ...)	20 à 26 MJ / kg	-

Le bilan énergétique des grandes cultures

(Source : http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/rappfinal_solagro.pdf)

Les exploitations de Grandes Cultures retenues ici sont des exploitations dont les seules productions sont les céréales et oléo protéagineux (COP) avec des cultures industrielles pour certaines. Ces exploitations n'ont pas d'animaux ni d'autres productions végétales (vignes, légumes, fruits, etc.).

	GC économe	GC intensif
Fioul consommé	94	130
Electricité+ Irrigation	24	140
Achats aliments	0	0
Fertilisation	99	230
matériels	41	53
Autres	42	72
ENTREES	300	625
COP	1429	2072
Autres	79	146
SORTIES	1508	2218
Efficacité énergétique	5,0	3,5



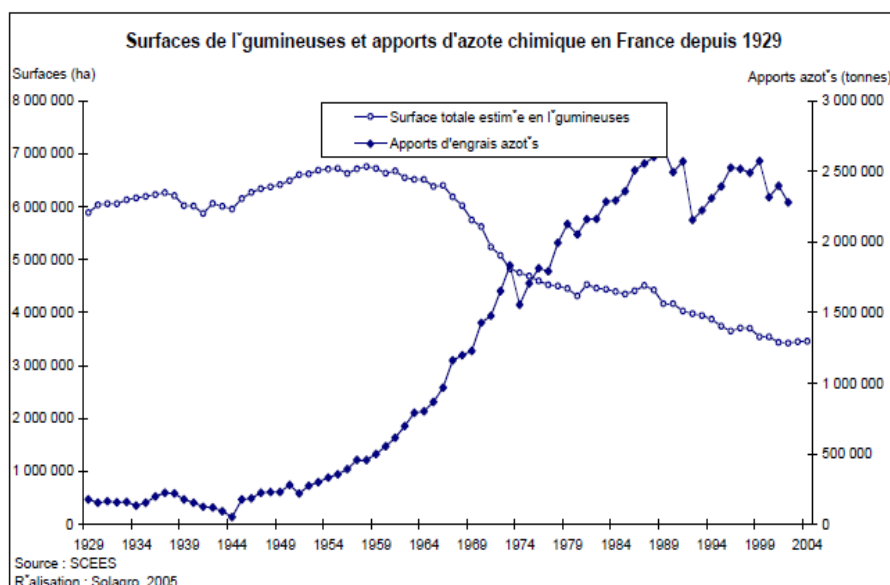
Pour augmenter l'efficacité énergétique des cultures il faudrait diminuer l'importance des intrants.

On peut donc réfléchir à :

- **des méthodes de fertilisation moins coûteuses** que l'épandage d'engrais industriels. Les légumineuses permettent d'importantes économies d'engrais, et donc d'énergie indirecte dépensée dans la fabrication et le transport des engrais. La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique est assurée par des bactéries en symbiose avec les plantes. Les besoins en engrais azotés sont nuls ou très faibles comparés aux cultures classiques. Ces légumineuses peuvent être de type prairiales (luzerne, trèfles...) ou de type cultures annuelles (protéagineux principalement : pois...) :

- Insérer dans les prairies temporaires de graminées des légumineuses fourragères permet de rendre autonome la prairie, qui de plus est plus riche en protéines. C'est la pratique des systèmes herbagers.
- Insérer des protéagineux dans les rotations de cultures annuelles permet de réduire la fertilisation des cultures postérieures.

Le document suivant montre que la croissance continue des consommations d'azote chimique puis sa stabilisation à partir de 1983 (autour de 2,3 à 2,6 millions de tonnes) est imputable pour une partie à l'effondrement des surfaces consacrées aux légumineuses (3,3 millions d'hectares depuis 1958). Une autre partie provient des excès de fertilisation.



• **des économies de carburant.** Le carburant est principalement utilisé pour les travaux d'implantation des cultures et leurs récoltes, ainsi que pour le transport et l'épandage des déjections d'élevages. Le labour est une des principales actions de travail du sol consommateur de carburant comme toutes les opérations effectuées en profondeur. Plusieurs pratiques culturales sans labour existent :

◦ **Techniques Culturales Simplifiées (TCS) :**

Les trois piliers des TCS sont : l'absence de labour, l'utilisation systématique des couverts végétaux, des rotations de cultures performantes. Les TCS ne sont pas une doctrine, mais une réflexion afin d'inventer une agriculture rentable, durable et écologique. Ces techniques agricoles cherchent à valoriser la diversité des agro-écosystèmes pour proposer des solutions adaptées aux situations locales. L'activité biologique du sol est favorisée. Elle remplace en partie le travail de l'agriculture et l'énergie injectée dans le système. Cette démarche est soutenue par la FAO.

◦ **Semis Direct (SD) :** on utilise des semoirs adaptés, qui en un seul passage, ouvrent le sol très localement avec des disques, déposent la graine et de l'engrais solide dans cette ligne de semis puis la referment. La technique du semis direct est facilitée par l'utilisation d'herbicides pour l'élimination des adventices (les mauvaises herbes), avant le semis, afin d'avoir un champ "propre" au moment de celui-ci. L'élimination des adventices était une des fonctions du labour, on remplace alors une destruction mécanique coûteuse en énergie et en moyens (par retournement de la terre) par une destruction chimique - on parle d'ailleurs parfois de "labour chimique".

Dans les deux cas précédents TCS et SD), le couvert végétal est en général détruit par désherbage chimique.

◦ **Le semis sous couvert** consiste à l'implantation de cultures systématiques en couverture du sol. Les graines sont semées dans le couvert végétal (semoir spécifique), qui peut être détruit mécaniquement ou naturellement (plantes gélives).

Impact sur la consommation nationale de carburant si les techniques culturales sans labour atteignent environ 50% des surfaces semées (horizon 10-15 ans)

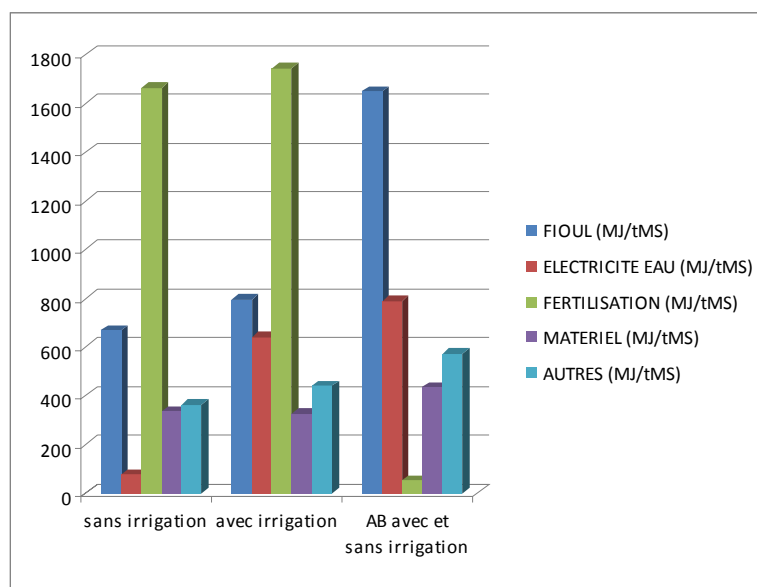
	labour	TCS	SD	Total	
Surfaces semées	7 036 900	2 569 962	5 639 374	15 246 237	
% des surfaces	46 %	17 %	37 %	100 %	
	labour	TCS	SD	Total/opérations	%
Déchaumages	59	21	23	104	9 %
Labour	147	0	0	147	12 %
Préparations + semis	117	32	38	187	16 %
Fertilisation – traitements	88	36	80	204	17 %
Récoltes – transport	176	64	141	381	32 %
Total carburant	586	154	282	1 023	85 %
%	49 %	13 %	23 %	85 %	– 15 %

Bilans énergétiques de Grandes Cultures strictes avec ou sans irrigation.

Impact de l'irrigation sur le rendement de la culture et sur le coût énergétique (www.solagro.org/site/424.html)

Les données sont des moyennes sur des exploitations céréalières strictes.

	sans irrigation	avec irrigation	AB avec et sans irrigation
SAU (ha)	165	167	98
Production COP (tonnes normes)	164	165	91
kg N/ ha SAU	128	138	0
kg P/ ha SAU	30	35	0
kg K / ha SAU	16	23	0
M3 irrigation/ha SAU	0	70 711	46 253
FIOUL (MJ/tMS)	669	795	1650
ELECTRICITE EAU (MJ/tMS)	75	642	790
FERTILISATION (MJ/tMS)	1665	1744	51
MATERIEL (MJ/tMS)	334	327	433
AUTRES (MJ/tMS)	363	442	574
Moyenne des consommations (MJ/ha SAU)	14469	19833	9237
Moyenne des consommations (MJ/tMS)	3106	3950	3498
% CO ₂	41	44	60
% CH ₄	0	0	0
%N ₂ O	59	56	40
PRG (teqCO ₂ /ha)	2,09	2,34	0,89
PRG (teqCO ₂ /1000L)	0,378	0,466	0,333



Pour les cultures sans irrigation les principaux postes de consommations sont par ordre décroissant : la fertilisation (53 %), le fioul (21 %) puis le matériel (11 %). Le poste électricité ne représente plus que 2 % des entrées énergétiques.

On note une différence entre exploitations qui pratiquent l'irrigation ou non : une augmentation de la fertilisation azotée pour les irrigants (+10 unités de N/ha).

Pour les cultures avec irrigation les principaux postes de consommation sont par ordre décroissant : la fertilisation (44 %), le fioul (20 %), l'électricité+énergie pour l'eau (16 %) puis le matériel (8 %).

La production alimentaire: le rôle dominant de l'agriculture pluviale

(source : www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/Erosion_sol/Erosion-sol.htm)

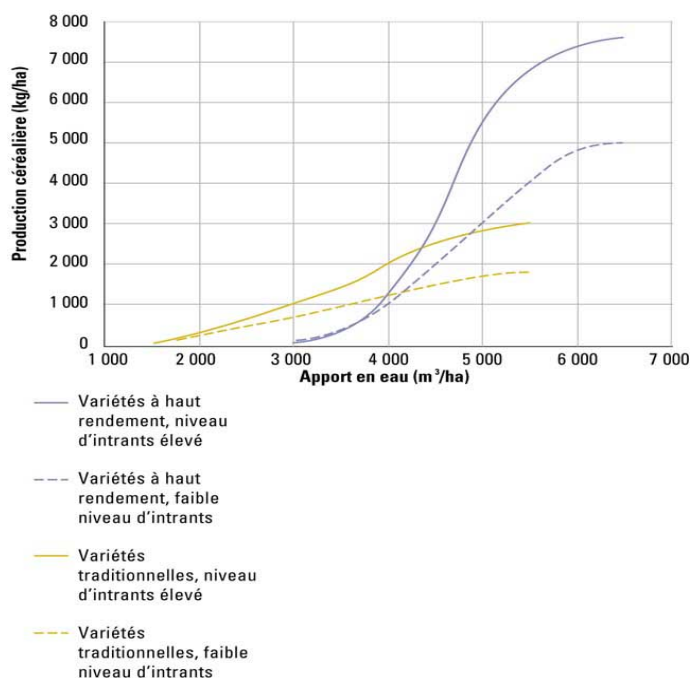
L'agriculture non irriguée (pluviale) dépend entièrement de l'eau de pluie stockée dans le sol. Ce type d'agriculture n'est possible que dans les régions où la répartition des pluies permet au sol de garder suffisamment d'humidité pendant les périodes critiques de la croissance des plantes cultivées. L'agriculture non irriguée représente environ 60 pour cent de la production des pays en développement. Dans ce type d'agriculture, la gestion des terres peut influencer considérablement sur le rendement des cultures: une bonne préparation des terres qui amène le ruissellement de surface à s'infiltrer près des racines préserve davantage l'humidité du sol. Diverses formes de récupération de l'eau peuvent contribuer à retenir l'eau in situ. En plus de fournir davantage d'eau aux cultures, l'eau récupérée peut contribuer à la reconstitution des stocks d'eaux souterraines et à la réduction de l'érosion du sol. D'autres méthodes consistent à capter les eaux de ruissellement en les stockant dans le sol ou dans des lacs ou barrages de retenue pour pouvoir les utiliser pendant les périodes sèches. Récemment, les pratiques de l'agriculture de conservation telles que les méthodes aratoires antiérosives ont démontré leur efficacité pour mieux préserver l'humidité du sol.

Les perspectives d'amélioration du rendement de l'agriculture non irriguée sont limitées dans la mesure où les précipitations sont soumises à d'importantes variations saisonnières et interannuelles. Le risque élevé de perte de rendements ou de perte totale des récoltes que font peser les périodes sèches et les sécheresses décourage les agriculteurs d'investir dans les intrants, que ce soit les fertilisants, les variétés à haut rendement ou les moyens de lutte contre les ravageurs. L'impératif prépondérant, pour les agriculteurs des régions semi-arides qui ne disposent que de peu de ressources, est d'assurer la nutrition de leur ménage jusqu'à la prochaine récolte. Ils peuvent atteindre cet objectif en utilisant des variétés robustes, résistantes à la sécheresse mais à faible rendement. Le génie génétique n'a pas encore mis au point de variétés résistantes à la sécheresse et offrant des rendements élevés, une entreprise difficile puisque pour la plupart des plantes cultivées, la résistance à la sécheresse va de pair avec de faibles rendements.

Le rôle de l'irrigation dans la production alimentaire :

En agriculture irriguée, l'eau utilisée par les cultures est partiellement ou totalement fournie par l'homme. L'eau d'irrigation est prélevée sur un point d'eau (rivière, lac ou nappe aquifère) et conduite jusqu'au champ grâce à une infrastructure de transport appropriée. Pour satisfaire leurs besoins en eau, les cultures irriguées bénéficient à la fois de l'apport d'eaux de pluie naturelles plus ou moins fiables et de celui d'eaux d'irrigation. L'irrigation constitue un outil de gestion efficace contre les aléas des précipitations. Elle permet de choisir des variétés à haut rendement en appliquant les fertilisants nécessaires, ainsi que les traitements de lutte contre les ravageurs et d'autres intrants, et rend ainsi ces cultures économiquement intéressantes. Elle a pour effet de favoriser l'augmentation des rendements. La figure 3 illustre l'augmentation type des rendements d'une culture de céréale en réaction à un bon apport en eau, ainsi que la synergie entre irrigation, variétés et intrants. L'irrigation est cruciale pour les ressources alimentaires mondiales. En 1998, les terres irriguées représentaient environ un cinquième de l'ensemble des terres arables dans les pays en développement, mais produisait les deux cinquièmes de toutes les récoltes et près de trois cinquièmes de la récolte céréalière.

Réaction type des cultures céréalières à l'apport en eau



Bilans énergétiques de la production de lait bio et conventionnel

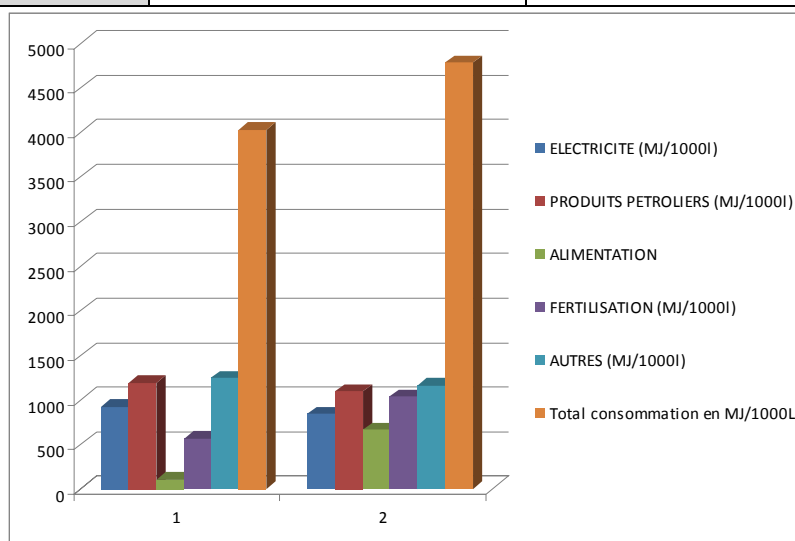
	Moyenne bio	Moyenne agriculture conventionnelle
SAU (ha)	78	64
N minéral/ha (SAU)	2	39
Concentrés (kg)/VL	945	1486
Sorties		
Lait produit (L)	232 551	256160
Lait produit (L)/ha SAU	2993	3972

Consommation d'énergie des exploitations :

	Moyenne bio	Moyenne agriculture conventionnelle
Moyenne des consommations MJ/ha SAU	12060	19007
Électricité (MJ/1000L)	924	838
Produits pétroliers (MJ/1000L)	1190	1092
Alimentation	108	664
Fertilisation (MJ/1000L)	569	1031
Autres (MJ/1000L)	1240	1161
Indicateurs énergétiques de l'exploitation:		
Total consommation en MJ/1000L:	4031	4786
Efficacité énergétique	0,81	0,68

Émissions gaz à effet de serre :

	Moyenne bio	Moyenne agriculture conventionnelle
% CO ₂	16	17
% CH ₄	58	55
%N ₂ O	26	29
PRG (teqCO ₂ /ha)	5	5,76
PRG (teqCO ₂ /1000L)	1,67	1,45



La différence dans les bilans énergétiques des deux exploitations est essentiellement due à deux postes : l'alimentation et la fertilisation.

Il s'agit donc de privilégier l'autonomie alimentaire en faisant pâturer le troupeau autour de l'exploitation.

Comparaison de l'efficacité énergétique des GC et des élevages

(source : http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/rappfinal_solagro.pdf)

Bilans énergétiques des Grandes cultures :

	GC économe	GC intensif
Fioul consommé	94	130
Electricité+ Irrigation	24	140
Achats aliments	0	0
Fertilisation	99	230
matériels	41	53
Autres	42	72
ENTREES	300	625
COP	1429	2072
Autres	79	146
SORTIES	1508	2218
Efficacité énergétique	5,0	3,5

Bilans énergétiques d'exploitations de porcs

	Exploitation 1	Exploitation 2	Exploitation 3	Moyenne
SAU (ha)	37	37	58	44
Viande vendue (t viande vive)	706	308	253	422
Entrées:				
Fioul (MJ/tvv)	1 617	1923	1147	1562
Autres produits pétroliers (MJ/tvv)	353	413	83	283
Électricité (MJ/tvv)	1903	2185	4428	2839
Énergie pour l'eau (MJ/tvv)	0	0	0	0
Autre énergie directe (MJ/tvv)	0	0	0	0
Achat aliment (MJ/tvv)	5073	5144	5377	5198
Engrais et amendement (MJ/tvv)	404	869	1465	913
phytosanitaire (MJ/tvv)	55	127	165	116
Semences (MJ/tvv)	38	85	91	71
Jeunes animaux (MJ/tvv)	0	318	127	148
Matériels (MJ/tvv)	269	645	345	420
Bâtiments (MJ/tvv)	531	303	182	339
Autres achats (MJ/tvv)	0	0	363	121
Consommation d'énergie des exploitations en MJ/tvv	10243	12011	13773	12009
Efficacité énergétique	1,37	1,17	1,02	1,17

Émissions de gaz à effet de serre

	Exploitation 1	Exploitation 2	Exploitation 3	Moyenne
% CO ₂	23	15	21,00	19,67
% CH ₄	49	63	43,00	51,67
%N ₂ O	28	22	35	28,33
PRG teqCO₂/tvv	0,12	0,21	0,14	0,2
PRG teqCO₂/ha	30,88	23,34	8,55	20,9