

# Système de culture et nutrition azotée. Effets sur les émissions de GES et le bilan énergétique

A. Besnard<sup>1</sup>, A. Montarges-Lellahi<sup>2</sup>, A. Hardy<sup>1</sup>

**Des bilans énergétiques et l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (GES) ont ici été effectués au niveau du système de culture d'une exploitation d'élevage, ce qui permet d'évaluer l'impact de la nutrition azotée des cultures, et ainsi de donner des éléments de maîtrise au niveau de la conduite des cultures.**

## RÉSUMÉ

*La gestion de la fertilisation azotée est considérée comme un des leviers les plus importants dans la maîtrise de la consommation d'énergie et l'émission des GES en agriculture. Pour quantifier les effets du type de nutrition azotée, deux systèmes de culture contrastés ("Du maïs toute l'année" et "150 jours de pâturage seul") ont été étudiés. Les résultats soulignent l'impact du type de culture, de sa conduite (niveau de fertilisation et de production, apport de fumier, mode de récolte, intrants...) et de l'ensemble du système de culture. Le système "150 jours de pâturage seul" est basé sur une association ray-grass anglais - trèfle blanc sans apport azoté qui induit une très forte diminution de la consommation d'énergie et de la production de GES, par rapport à la prairie de ray-grass anglais fertilisée. Au niveau des systèmes de culture, l'effet persiste mais de façon atténuée.*

## MOTS CLÉS

Analyse énergétique, association végétale, enrubannage, fertilisation azotée, fertilisation organique, gaz à effet de serre, maïs, système de culture, système fourrager.

## KEY-WORDS

Crop system, energy analysis, forage system, greenhouse-effect gas, maize, nitrogen fertilization, organic fertilization, plant association, wrapping.

## AUTEURS

1 : ARVALIS - Institut du Végétal, La Jaillière, F-44370 La Chapelle-Saint-Sauveur ; a.besnard@arvalisinstitutduvegetal.fr

2 : ARVALIS - Institut du Végétal, F-91720 Boigneville

## Introduction

Parmi les leviers évoqués dans la maîtrise de la consommation d'énergie et l'émission des gaz à effet de serre en agriculture, **la gestion de l'azote** est considérée comme **le plus important**. Les sources d'azote en exploitation d'élevage herbivore sont multiples et variées : azote minéral des engrais, azote contenu dans les effluents d'élevage, azote provenant de la fixation symbiotique des légumineuses. Plutôt que de faire des hypothèses sur la part respective de ces différentes sources pour satisfaire les besoins azotés d'une culture, il nous a paru plus judicieux de **travailler au niveau de différentes successions fourragères** dans lesquelles les conduites des cultures sont cohérentes entre elles et cohérentes avec le système d'élevage.

De manière à pouvoir analyser l'effet du type de nutrition azotée sur les gaz à effet de serre et le bilan énergétique au niveau des cultures, le système animal n'a pas été pris en compte. Ainsi, les résultats obtenus permettent de comparer les cultures entre elles et de donner quelques éléments de maîtrise de la consommation d'énergie et de l'émission de gaz à effet de serre au niveau de la conduite des cultures.

## 1. Méthodologie

Dans un même contexte pédoclimatique, les besoins d'un troupeau peuvent être satisfaits à partir de différents assolements qui répondent à des objectifs différents (importance du pâturage, part de maïs dans la ration...). Pour chaque assolement, nous avons bâti des itinéraires de cultures cohérents, en tenant compte des effets des précédents (retournement de prairie par exemple), de la valeur fertilisante des engrais de ferme... ce qui permet d'optimiser la fertilisation minérale en N, P, K et/ou les opérations mécaniques de travail du sol.

En se basant sur les référentiels existant pour la consommation d'énergie et pour les émissions de N<sub>2</sub>O (Arvalis - Institut du Végétal et ADEME, 1999 ; IFS, 2003 ; GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat) : IPCC, 2001), il est possible d'affecter une consommation énergétique et une valeur d'émission de gaz à effet de serre pour chaque intrant et chaque opération culturale. Ainsi, chaque culture est caractérisée par la consommation énergétique et par les émissions de gaz à effet de serre liées aux intrants et à la mécanisation. Par ailleurs, il est possible d'estimer les émissions de N<sub>2</sub>O à partir du sol.

Afin de comparer les cultures entre elles, les calculs sont effectués au niveau du système de culture. Nous n'avons pas pris en compte les apports extérieurs (achats de concentré énergétique ou azoté) qui seraient nécessaires dans une comparaison au niveau de l'exploitation (système de culture + système d'élevage).

## ■ Présentation des cas types

A partir du guide pratique de l'éleveur laitier *Objectif Revenu - Optimiser l'alimentation et la conduite* (CA - EDE de Bretagne, 2004), nous avons bâti deux assolements fourragers correspondant à deux "menus" différents : "Du maïs toute l'année" et "150 jours de pâturage seul" pour une exploitation de 40 ha de SAU, 1 UTH et un quota de 280 000 l de lait. Les rendements des cultures sont identiques dans les 2 cas (maïs fourrage : 11,5 t MS/ha, maïs grain : 55 q/ha, blé : 80 q/ha + 4,5 t/ha de paille). La surface épannable ne représente que 80% de la SAU. Par souci de simplification, seul le troupeau de vaches laitières a été considéré pour le calcul des surfaces.

### - Menu "Du maïs toute l'année" : 23 ares d'herbe pâturée par vache

Le troupeau est constitué de 35 vaches produisant chacune 8 000 kg de lait. La surface en **maïs** est de **14,6 ha** et la surface en herbe s'élève à **8,1 ha de ray-grass anglais pur** (RGA), produisant 8,5 t MS/ha pour un apport de 150 unités d'azote par an soit une SFP de 22,7 ha. La totalité du ray-grass anglais est pâturée. Les cultures se répartissent dans 3 successions différentes :

- 16,2 ha : ray-grass anglais de 3 ans / 2 maïs fourrage successifs / blé ;
- 18,4 ha : maïs fourrage / blé ;
- 5,4 ha : maïs grain / blé.

Un apport de 20 t/ha de fumier est réalisé sur 80% de la surface du maïs fourrage de la deuxième succession et sur 80% de la surface en maïs grain.

### - Menu "150 jours de pâturage seul" : 45 ares d'herbe pâturée par vache

Le troupeau est constitué de 37 vaches produisant 7 570 kg de lait. La surface en **maïs** est de **8,2 ha** et la surface en herbe s'élève à **16,7 ha d'une association ray-grass anglais - trèfle blanc** produisant 7,5 t MS/ha **sans apport d'azote** soit une SFP de 24,9 ha. Sur les 16,7 ha d'association, 13 ha sont pâturés toute l'année et 3,7 ha sont enrubannés puis pâturés. Les cultures se répartissent dans 3 successions différentes :

- 25,2 ha : association prairiale de 4 ans / maïs fourrage / blé ;
- 8 ha : maïs fourrage / blé ;
- 6,8 ha : maïs grain / blé.

Un apport de 15 t/ha de fumier est réalisé sur 80% de la surface à l'implantation de la prairie et 25 t/ha de fumier sont apportées sur 80% de la surface du maïs fourrage de la deuxième succession et 80% de la surface en maïs grain.

## ■ Consommation et production d'énergie

Chaque intrant utilisé sur une culture est affecté d'une quantité d'énergie nécessaire à sa fabrication et à son transport du lieu de fabrication jusqu'au lieu d'utilisation. Pour les opérations culturales, le calcul s'effectue en ne prenant en compte que l'énergie du fuel consommé par la traction. La consommation horaire des tracteurs et automoteurs est proportionnelle à la puissance et au taux de charge du moteur. Ce dernier dépend de l'opération culturale : il varie de 0,5 (pour un tracteur seul) à 0,8 pour les opérations de travail du sol profond. Le transport des récoltes (ensilage, moisson) a été pris en compte de la parcelle au siège de l'exploitation.

L'énergie produite sur une parcelle est obtenue par multiplication de la production de matière sèche par l'énergie brute du produit.

## ■ Production de gaz à effet de serre

Le calcul au niveau des itinéraires de culture s'effectue de la même manière que pour la consommation énergétique, en affectant à chaque intrant et à chaque opération mécanique un facteur d'émission de gaz à effet de serre exprimé en kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par unité.

Par ailleurs, il est possible de considérer l'émission directe de N<sub>2</sub>O par le sol qui est fortement dépendante de la fertilisation azotée. La méthodologie du GIEC (IPCC, 2001) considère que les émissions de N<sub>2</sub>O sont proportionnelles aux apports d'azote. Jusqu'à aujourd'hui un facteur de 1,25% est utilisé, mais des synthèses récentes pourraient remettre en cause ce coefficient et proposer des valeurs plus faibles.

## 2. Résultats concernant l'énergie et discussion

### ■ Consommation d'énergie

#### - Evaluation par culture

Mis à part la prairie d'association conduite sans azote, **la consommation énergétique des autres cultures est comprise entre 7 100 et 12 400 MJ/ha** (2 900 MJ /ha en moyenne pour l'association). La part des approvisionnements représente en moyenne un peu moins de la moitié de cette consommation, soit environ 4 100 MJ/ha, avec une variation importante liée essentiellement à la quantité d'azote minérale utilisée (de 700 à 6 900 MJ/ha). La mécanisation, quant à elle, consomme en moyenne 4 300 MJ/ha avec une variation importante (de 1 700 à 7 200 MJ/ha) due aux opérations culturales les plus consommatrices d'énergie (travail du sol, récolte, apport de fumier...) qui peuvent se cumuler dans un même itinéraire.

Les résultats des différentes prairies (figure 1a) illustrent bien **l'effet des différents itinéraires techniques sur la consommation d'énergie. L'absence de fertilisation azotée minérale** (association ON pâturée par rapport au ray-grass anglais 150N pâturé) permet de diminuer de manière importante la consommation d'énergie liée aux approvisionnements (- 5 900 MJ/ha) et dans une moindre mesure (- 640 MJ/ha) à la mécanisation (épandage d'engrais). L'enrubannage

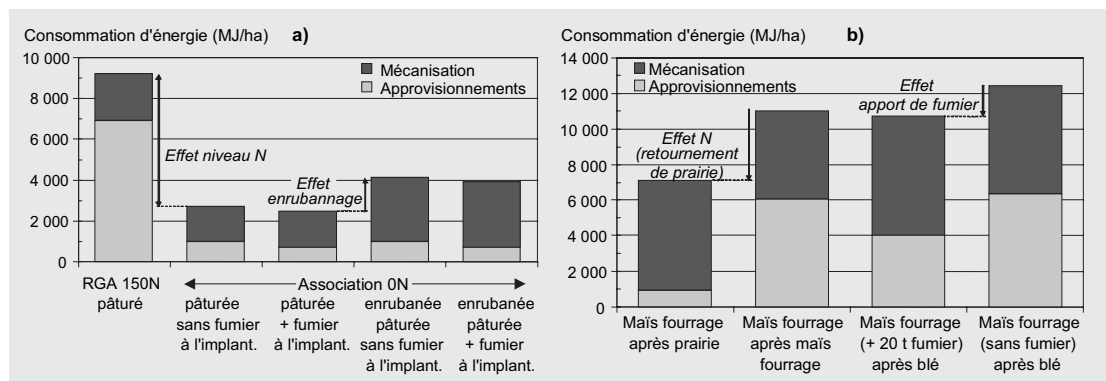


FIGURE 1 : **Consommation d'énergie liée à la mécanisation et aux approvisionnements a) pour les prairies et b) pour le maïs fourrage.**

FIGURE 1 : **Energy consumption linked to mechanization and to supplies, a) for the pastures, b) for forage maize.**

augmente la consommation d'énergie de la mécanisation de 1 400 MJ/ha par rapport à l'association pâturée.

L'effet de la fertilisation azotée peut être aussi illustré en comparant la consommation énergétique des différents maïs fourrage (figure 1b). En effet, des travaux récents (LAURENT *et al.*, 2004) montrent que **le retournement d'une prairie** fournit suffisamment d'azote au maïs suivant pour assurer une production équivalente à un maïs fertilisé. Ainsi, "l'économie d'énergie" liée aux intrants atteint 5 200 MJ/ha. En revanche, le poste mécanisation augmente (+ 1 200 MJ/ha) du fait de travaux du sol plus importants après destruction de la prairie.

**L'effet d'un apport de fumier** peut être déduit en comparant les itinéraires de culture des maïs fourrage en rotation avec un blé (figure 1b). La prise en compte de la valeur fertilisante du fumier permet d'économiser 45 unités d'azote, 60 unités de  $P_2O_5$  et 105 unités de  $K_2O$ . Cela se traduit par une diminution de 2 300 MJ/ha de l'énergie consommée par les intrants. Mais le poste mécanisation augmente de 620 MJ/ha, ce qui correspond au transport et à l'épandage du fumier sur la parcelle.

#### - Evaluation par système de culture

L'approche culture par culture est intéressante pour analyser l'effet des pratiques (niveau de fertilisation azotée, apport de fumier...) sur la consommation d'énergie. Toutefois, au niveau d'une exploitation, les cultures sont assolées de manière cohérente et il nous paraît important d'analyser la consommation d'énergie à un niveau plus global. Le tableau 1 regroupe les **consommations énergétiques au niveau de l'exploitation** pour les deux cas types définis ci-dessus. Par souci de simplification, la consommation énergétique est ramenée à l'hectare.

TABLEAU 1 : **Au niveau de l'exploitation, consommation d'énergie liée à la mécanisation et aux approvisionnements, pour les deux cas types.**

TABLE 1 : **At the farm level, energy consumption linked to mechanization and to supplies, in both typical cases.**

	Cas type 1 : "Du maïs toute l'année"			Cas type 2 : "150 jours de pâturage seul"		
	Intrants	Mécanisation	Total	Intrants	Mécanisation	Total
Fertilisation azotée moyenne (unités/ha)	113			55		
Consommation énergétique - (MJ/ha)	5 512	5 045	10 557	3 038	4 094	7 131
- part du total (%)	52	48		43	57	

Pour le cas type 1 ("Du maïs toute l'année"), la consommation énergétique des cultures atteint 10 600 MJ/ha. Les approvisionnements représentent 52% du total. "**L'économie**" de consommation d'énergie observée **pour le cas 2** ("150 jours de pâturage seul") **est de 3 400 MJ/ha**. Elle provient essentiellement des approvisionnements (- 2 400 MJ/ha) et, dans une moindre mesure, de la mécanisation (- 900 MJ/ha). Les raisons en sont multiples, mais le niveau de fertilisation azotée peut expliquer une grosse part de cette différence : en effet, dans le cas 1, l'apport moyen est de 113 unités d'azote par hectare, alors qu'il n'est que de 55 unités d'azote par hectare dans le second cas. La deuxième raison est le rapport des surfaces plus ou moins consommatrices d'énergie : dans le premier cas, la prairie (peu consommatrice d'énergie) couvre 8,1 ha alors qu'elle atteint 16,7 ha dans le deuxième.

## ■ Production d'énergie des cultures

La production d'énergie des cultures est calculée en multipliant la production de matière sèche récoltée ou pâturée par le contenu énergétique du produit. Dans le cas du blé il s'agit du cumul de l'énergie contenue dans le grain et dans la paille ; dans le cas du maïs grain, il s'agit uniquement de l'énergie contenue dans le grain, les cannes étant restituées à la parcelle.

Etant donné que les contenus énergétiques des cultures sont relativement proches, les différences observées (tableau 2) sont essentiellement **liées au rendement des cultures** : de 123 000 MJ/ha pour l'association sans azote produisant 7,5 t MS/ha, à 230 000 MJ/ha pour un blé à 80 q/ha et 4,5 t de paille.

Il est intéressant de noter que **l'énergie produite est en général 15 à 20 fois supérieure à l'énergie consommée**, et jusqu'à 50 fois supérieure dans le cas de l'association sans azote.

	Ray-grass anglais 150 N	Association 0N	Maïs fourrage	Maïs grain	Blé
<b>Production d'énergie (MJ/ha)</b>	137 725	123 218	191 967	93 893	229 636
<b>Production</b>	8,5 t MS/ha	7,5 t MS/ha	11,5 t MS/ha	55 q/ha	80 q/ha + 4,5 t/ha paille

## ■ Bilan énergétique

Compte tenu de ce ratio, les bilans énergétiques calculés sur l'ensemble de la SAU des deux cas type sont très positifs : 177 700 MJ/ha pour le cas 1 ("Du maïs toute l'année") et 158 500 MJ/ha pour le cas 2 ("150 jours de pâturage seul"). La différence de 19 200 MJ/ha est due essentiellement à la production de l'association légèrement plus faible que celle du ray-grass anglais, et cela sur le double de surface.

A noter que **l'amélioration de la productivité des cultures aura un effet beaucoup plus important sur l'amélioration de ces bilans énergétiques que l'économie d'intrants ou de mécanisation** au niveau des cultures.

TABLEAU 2 : Production d'énergie par culture.

TABLE 2 : Energy production by crop.

### 3. Résultats concernant les gaz à effet de serre et discussion

#### ■ Production de gaz à effet de serre liée aux intrants et à la mécanisation

##### - Evaluation par culture

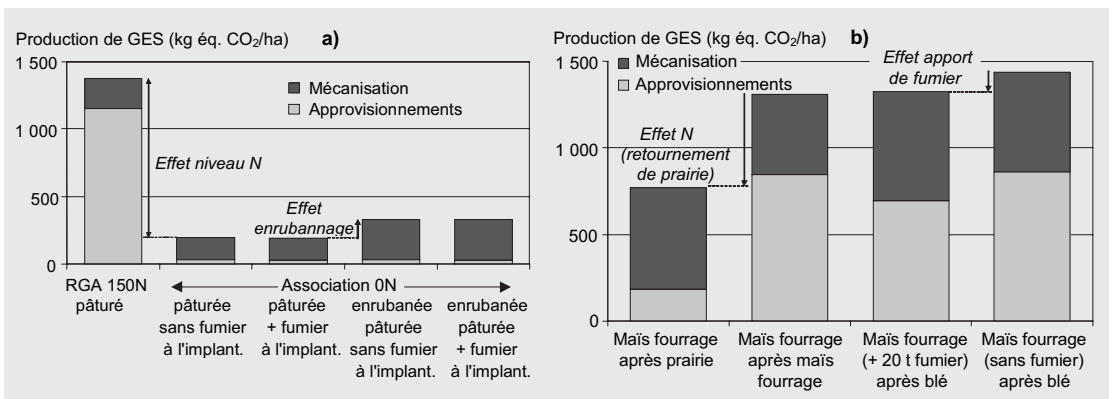
Mis à part la prairie d'association conduite sans azote, **la production de GES** (gaz à effet de serre) **des autres cultures est comprise entre 679 et 1 648 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha** (193 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha en moyenne pour la prairie d'association). La part des approvisionnements représente en général au moins la moitié de cette consommation, avec une variation importante liée essentiellement à la quantité d'azote minéral utilisée (de 26 à 1 152 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha). La mécanisation, quant à elle, consomme en moyenne 400 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha avec une variation un peu moins importante (de 161 à 684 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha) due aux opérations culturales les plus émettrices (travail du sol, récolte, apport de fumier...) qui peuvent se cumuler dans un même itinéraire.

**L'effet des différents itinéraires techniques sur la production de GES est similaire à celui illustré précédemment pour la consommation d'énergie.** Sur prairies (figure 2a), **l'absence de fertilisation azotée minérale** (association 0N par rapport au RGA 150N) permet de diminuer de manière importante la production de GES liés aux approvisionnements (- 1 126 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha) et, dans une moindre mesure (- 61 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha), à la mécanisation (épandage d'engrais). L'enrubannage augmente la production de GES due à la mécanisation de 135 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha par rapport à l'association pâturée.

FIGURE 2 : Production de GES liée à la mécanisation et aux approvisionnements a) pour les prairies et b) pour le maïs fourrage.

FIGURE 2 : Production of greenhouse-effect gases linked to mechanization and to supplies, a) for the pastures, b) for forage maize.

L'effet de la fertilisation azotée peut être aussi illustré en comparant la production de GES des différents maïs fourrage (figure 2b). **L'économie de fertilisation azotée réalisée sur le maïs qui suit la prairie** (prise en compte de l'effet du retournement de la prairie ; LAURENT *et al.*, 2004) entraîne une diminution de production de GES liée aux intrants de 661 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha. En revanche, le poste mécanisation augmente (+ 119 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha) du fait de travaux du sol plus importants après destruction de la prairie.



Les itinéraires de culture des maïs fourrage en rotation avec un blé (figure 2b) montrent **l'effet de l'apport de fumier**. La prise en compte de la valeur fertilisante du fumier permet d'économiser des engrais minéraux (cf. plus haut) et se traduit par une diminution de 168 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha de la production de GES par les intrants. Mais le poste mécanisation augmente de 59 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha correspondant au transport et à l'épandage du fumier sur la parcelle.

### - Evaluation par système de culture

De la même manière que pour l'énergie, le tableau 3 permet d'analyser la production de GES au niveau de l'exploitation pour les deux cas types définis ci-dessus. Par souci de simplification, la production de GES est ramenée à l'hectare.

Pour le cas type 1 ("Du maïs toute l'année"), la production de GES des cultures atteint 1 410 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha. Les approvisionnements représentent 66% du total. **La diminution de la production de GES observée pour le cas 2** ("150 jours de pâturage seul") **est de 538 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha**. Elle provient essentiellement des approvisionnements (- 448 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha) ; la mécanisation contribue pour - 90 MJ/ha. Les raisons avancées pour réduire la consommation d'énergie peuvent être aussi retenues dans le cas de la production des GES liée aux pratiques culturales.

	Cas type 1 : "Du maïs toute l'année"			Cas type 2 : "150 jours de pâturage seul"		
	Intrants	Mécanisation	Total	Intrants	Mécanisation	Total
<b>Fertilisation azotée moyenne</b> (unités/ha)	113			55		
<b>Production de GES</b>						
- (kg éq. CO <sub>2</sub> /ha)	932	478	1 411	484	388	873
- part du total (%)	66	34		56	44	

## ■ Emission de N<sub>2</sub>O liée aux cultures

L'émission directe de N<sub>2</sub>O par le sol dépend de nombreux facteurs (SOUSSANA *et al.*, 2006) dont le plus important semble être la fertilisation azotée. La **méthodologie du GIEC** considère que le facteur d'émission de N<sub>2</sub>O est de 1,25% des apports d'azote (minéral, organique et fixation symbiotique). Toutefois, la mise en œuvre de ces modèles se heurte à la cohérence des valeurs utilisées. Pour simplifier, si on retient ce facteur d'émission communément admis, les émissions de N<sub>2</sub>O par le sol seraient comprises entre 254 et 739 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha, ce qui correspond à 30-50% des émissions de GES liées aux intrants et à la mécanisation des cultures recevant de l'azote minéral. Dans le cas de l'association conduite sans azote minéral, l'émission de N<sub>2</sub>O par le sol (475 kg éq. CO<sub>2</sub>/ha) est 2,5 fois supérieure aux émissions de GES liées aux intrants et à la mécanisation.

Des travaux récents proposent d'autres méthodologies de calcul et aboutissent à des valeurs d'émission plus faibles. Ainsi **FREIBAUER** (2003) **propose un calcul** prenant en compte non seulement la quantité d'azote apportée mais aussi la teneur en carbone et la teneur en sable de l'horizon superficiel du sol, ces deux facteurs étant prépondérants

TABLEAU 3 : **Au niveau de l'exploitation, production de GES liée à la mécanisation et aux approvisionnements, pour les deux cas types.**

*TABLE 3 : At the farm level, production of greenhouse-effect gases linked to mechanization and to supplies, in both typical cases.*



dans le résultat. En utilisant les teneurs en carbone et en sable de la station Arvalis - Institut du Végétal de la Jaillière, les émissions de  $N_2O$  par le sol seraient comprises entre 182 et 258 kg éq.  $CO_2$ /ha. La variabilité entre cultures serait alors beaucoup plus faible que dans le calcul précédent en raison de l'effet moins important de l'azote pris en compte dans cette relation. Ces valeurs correspondent à un peu moins de 20% des émissions de GES liées aux intrants et à la mécanisation des cultures recevant de l'azote minéral. Dans le cas de l'association conduite sans azote minéral, l'émission de  $N_2O$  par le sol (218 kg éq.  $CO_2$ /ha) serait 1,1 fois supérieure aux émissions de GES liées aux intrants et à la mécanisation.

Ces deux résultats partiels montrent bien qu'il est important de considérer ces émissions de  $N_2O$  par le sol, et que les résultats obtenus sont fortement liés à la méthodologie utilisée. Sans vouloir les opposer, il est important que la communauté scientifique évalue ces différentes approches afin de **proposer un outil unique facile à mettre en œuvre.**

## Conclusion

Le calcul des bilans énergétiques et de la production de gaz à effet de serre au niveau d'une cultures reste une approche fragmentaire dans la mesure où celle-ci est sortie de son contexte de production. L'approche que nous avons entreprise nous paraît plus riche car chaque culture est considérée dans un assolement cohérent, bâti pour répondre aux besoins d'un troupeau selon deux stratégies d'alimentation : l'une, où le maïs est distribué toute l'année, l'autre, où le silo de maïs est fermé pendant 150 jours de pâturage. Ceci permet de prendre en compte les effets "précédent" (retournement de prairie par exemple), la valeur fertilisante des engrais de ferme... afin d'optimiser la fertilisation minérale en N, P, K.

**Ainsi, l'absence de fertilisation azotée sur l'association ray-grass anglais - trèfle blanc se traduit par une diminution de 70% de la consommation d'énergie et de 85% de la production de GES, par rapport à la prairie de ray-grass anglais conduite avec 150 unités d'azote par an. Au niveau des systèmes de cultures, l'effet du niveau de fertilisation azotée reste important, mais les différences ne sont que de 32% et 38% respectivement.**

L'évaluation des émissions de  $N_2O$  par le sol montre qu'elles ne sont pas négligeables mais qu'il est, pour le moment, difficile de quantifier leur importance vis-à-vis des GES liés aux intrants et à la mécanisation des cultures.

Cette approche au niveau du système de culture permet de donner des éléments de maîtrise des bilans énergétiques et des émissions de GES au niveau des cultures. Il serait intéressant de rapprocher ces résultats à des données obtenues sur le système d'élevage afin de déterminer les leviers d'amélioration les plus efficaces au niveau de l'ensemble du système.

Intervention présentée aux Journées de l'A.F.P.F.,  
"Prairies, élevage, consommation d'énergie et gaz à effet de serre",  
les 27 et 28 mars 2006.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arvalis - Institut du Végétal, ADEME (1999) : *Référentiel pour le calcul des bilans énergétiques*.
- Chambres d'Agriculture - EDE de Bretagne (2004) : *Guide pratique de l'éleveur laitier Objectif Revenu - Optimiser l'alimentation et la conduite*.
- FREIBAUER A. (2003) : "Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture", *Eur. J. Agron.*, 19, 135-160.
- IFS (2003) : *Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertiliser production*.
- IPCC (2001) : *Climate change 2001 : the scientific basis*.
- LAURENT F., KERVELLANT P., BESNARD A., VERTÈS F., MARY B., RECOUS S. (2004) : *Effet de la destruction de prairies pâturées sur la minéralisation de l'azote : approche au champ et propositions de quantification. Synthèse de 7 dispositifs expérimentaux*, Document Arvalis-Institut du végétal.
- SOUSSANA J.-F., LAVILLE P., HÉNAULT C., ALLARD V., FIORELLI J.-L., CELLIER P. (2006) : "Gaz à effet de serre : Méthodologies et évaluations en élevage bovin", *Fourrages*, 186, 193-204.

## SUMMARY

### **Crop system and nitrogen nutrition. Effects on the production of greenhouse-effect gases**

Most studies regarding energy balances and the production of greenhouse-effect gases in agriculture are made at the farm level. The present study, carried out at the level of the cropping system of a livestock farm, gives a means of measuring the effect of the nitrogen nutrition of the crops on the energy balances and on the production of greenhouse-effect gases ; elements for the control of these will thus be available at the level of crop management.

The management of nitrogen fertilization is considered as one of the most important tools for the control of energy consumption and of the production of greenhouse-effect gases in agriculture. In order to quantify the effects of the type of nitrogen nutrition, two contrasting crop systems were compared ('maize feeding the year round' and '150 days of grazing only'). In each case, the systems of management were consistent with themselves (effect of preceding crop and value of fertilizer produced on the farm accounted for...) and also consistent with the stock rearing system. The results emphasize the effect of the type of crop, of its management (level of fertilization and of production, manure dressings, harvesting method, inputs...) and of the whole cropping system. The '150 days of grazing only' system is based on a Perennial Ryegrass - White Clover association, receiving no nitrogen fertilizer, which brings about a large decrease in energy consumption and in the production of greenhouse-effect gases, as compared to a fertilized Perennial Ryegrass ley. At the crop system level, the effect persists, but in an attenuated way.