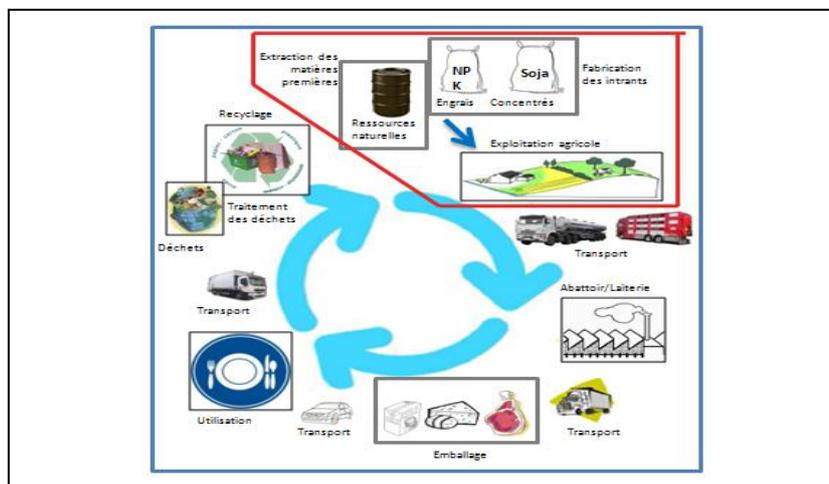


## Des indicateurs liés à l'environnement pour ajuster le rationnement des chèvres laitières



### Sommaire

SYSCARE Des indicateurs liés à l'environnement pour ajuster le rationnement des chèvres laitières ..	1
Fiche K En lien avec les pratiques d'alimentation du troupeau de chèvres : les indicateurs de pression d'azote .....	6
Fiche L En lien avec les pratiques d'alimentation du troupeau de chèvres : les indicateurs de pression de phosphore.....	11
Fiche M En lien avec les pratiques d'alimentation du troupeau de chèvres : les indicateurs d'émission de méthane .....	14
Fiche N En lien avec les pratiques d'alimentation du troupeau de chèvres : les consommations d'énergie fossile indirecte .....	17
Fiche O L'empreinte environnementale de systèmes laitiers. Les rejets de gaz à effet de serre.....	19
Fiche P L'empreinte environnementale de systèmes laitiers. L'impact sur la qualité des milieux aquatiques : eutrophisation .....	21
Fiche Q L'empreinte environnementale de systèmes laitiers. Les impacts liés à l'acidification, la biodiversité et à l'occupation des sols .....	23
Fiche R L'empreinte environnementale de systèmes laitiers: les profils environnementaux .....	25



L'outil ALCARE de diagnostic-conseil en alimentation des troupeaux des chèvres laitières intègre quatre grands types d'indicateurs pour ajuster le rationnement :

- Des indicateurs nutritionnels classiques générés par un rationneur d'alimentation traitant les données issues des quantités et des compositions des aliments distribués. Ces indicateurs sont conformes aux recommandations INRA, 2007 et celles de l'Institut de l'Elevage, 2011 ;
- des indicateurs liés aux modes de distribution des aliments, aux résultats de production et de composition du lait, aux comportements et aux observations des chèvres ;
- des indicateurs économiques relatifs aux coûts alimentaires ;
- des indicateurs environnementaux qui permettent d'évaluer la conduite de l'alimentation.

#### **Tous ces indicateurs sont accessibles par le menu – accueil d'ALCARE**

Ce document traite des indicateurs environnementaux, de leurs significations, de leurs modes de calculs et des repères quantitatifs pour les interpréter.

### **Pourquoi intégrer des indicateurs « environnementaux » dans le diagnostic de l'alimentation des troupeaux de chèvres laitières ?**

Dans une analyse du rationnement prévisionnel ou réalisé mais aussi dans un diagnostic d'un système d'alimentation, la prise en compte des éléments du cycle de vie d'un élevage laitier (azote, phosphore, carbone, énergie...) au travers de critères de pression, de bilan, d'émission et d'impact sur les milieux environnant l'élevage est essentielle pour ajuster ou corriger les pratiques.

Il y a 2 niveaux de fiches :

- Les fiches K, L, M, N relatives aux indicateurs de pression et d'émission pris en compte dans ALCARE,
- les fiches O, P, Q, R relatives aux indicateurs d'impact et qui traitent d'une façon générale ces concepts. Ces fiches sont à titre d'information par rapport à l'outil ALCARE.

### **Le périmètre des indicateurs environnementaux estimés dans ALCARE**

Une partie seulement du cycle de vie d'un système de production laitière (élevage ou amont) a été prise en considération, c'est celle qui concerne l'alimentation.

Les niveaux du cycle relatifs au sol (fertilisations, cultures, récoltes) ainsi que ceux relatifs à la consommation d'énergie directe (électricité, carburants...) ne sont pas pris en compte dans l'analyse. L'interprétation des critères d'émissions et d'impacts issus d'ALCARE devra donc tenir compte de ce périmètre restreint (graphique 1).

#### **Pour l'expression des indicateurs, trois unités fonctionnelles sont utilisées :**

- par tonne de lait produite ou permise par les apports alimentaires,
- par chèvre moyenne par jour,
- par ha.

Selon l'unité fonctionnelle utilisée, les hiérarchies des indicateurs sont très différentes et leurs analyses et interprétations doivent en tenir compte :

- celle par litre de lait ou par tonne de lait, « flatte » les systèmes qui favorisent la productivité laitière individuelle croissante des chèvres,
- celle par chèvre et par an, est plus constante car les chèvres sont plus comparables entre elles quels que soient les systèmes de production,
- celle par ha de terre utilisée ou valorisée dépend beaucoup du chargement à la surface et donc des conditions pédo- climatiques.

On pourrait aussi proposer d'autres unités fonctionnelles : / salarié, / unité de main d'œuvre, / revenu.... Ces dernières ne sont pas utilisées dans le cas de ces fiches.

Il est important de bien comprendre que la démarche retenue pour **l'évaluation environnementale multicritère n'est que partielle** :

-- pour les indicateurs de pression : bilan alimentaire N et P, consommations indirectes des énergies liées aux aliments ;

-- pour les indicateurs d'émissions qui ne concernent que les gaz à effet de serres (GES) liés directement aux chèvres, à leur alimentation et à leurs rejets ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) ;

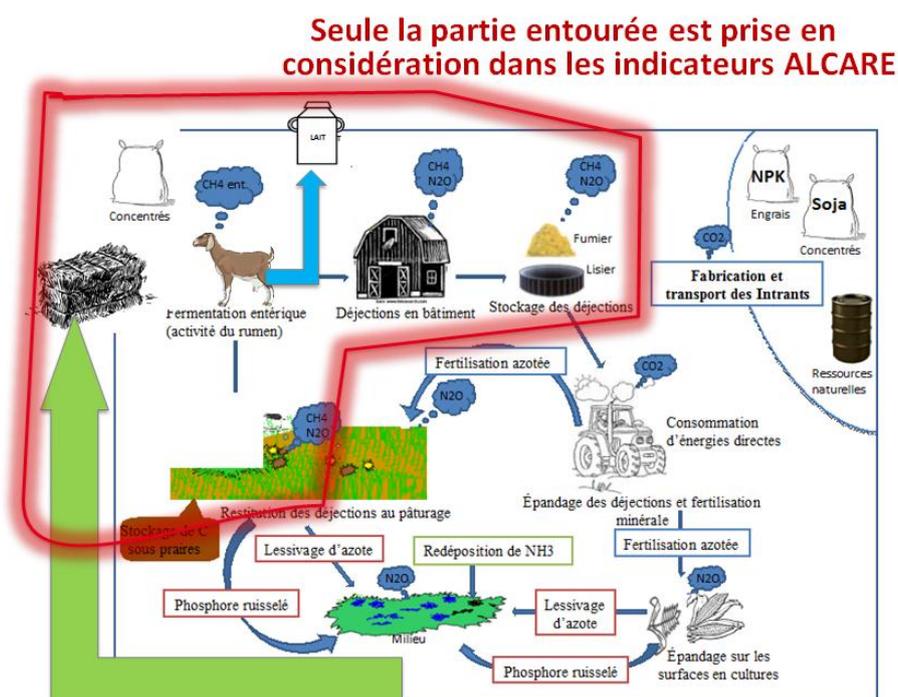
-- pour les impacts<sup>1</sup> qui sont quantifiés de façon partielle :

→ ceux affectant le changement climatique : les émissions de GES liées au troupeau ( $\text{CH}_4$  entérique et fumier,  $\text{N}_2\text{O}$  liés aux déjections jusqu'à l'épandage, le  $\text{CO}_2$  émis par consommation de l'énergie indirecte liée aux aliments),

→ ceux affectant l'acidification de l'eau : seules les émissions de  $\text{NH}_3$  de la chèvrerie à l'épandage sont estimées ainsi que le  $\text{SO}_2$  lié à la production des aliments,

→ ceux induisant l'eutrophisation qui n'est pas prise en compte de façon directe car les émissions d'azote et de phosphore organiques « rendus racines » sont seulement estimées en N et  $\text{P}_2\text{O}_5$ , les impacts liés aux flux des anions  $\text{NO}_3^-$  et en  $\text{PO}_4^{3-}$  très liés aux fertilisations minérales et au milieu sol ne sont pas incluses.

Graphique 1 : Cycle de vie d'un élevage de chèvres laitières.



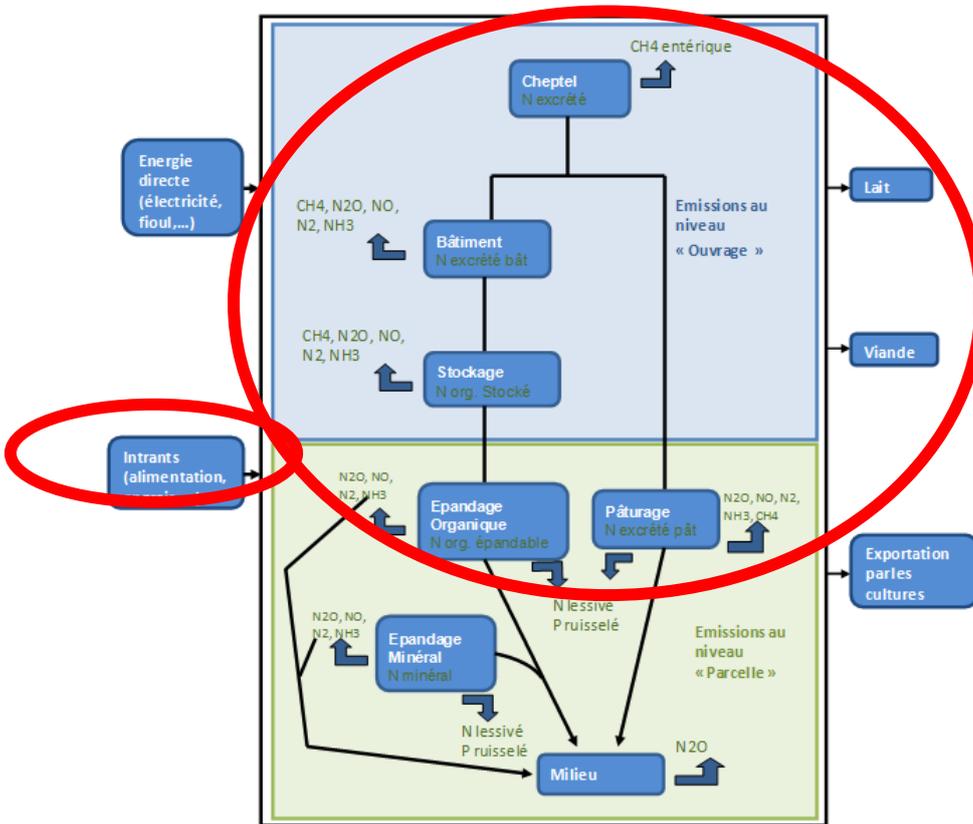
Les impacts liés à l'acidification de l'air ne sont pas, non plus, pris en compte. Seule l'émission de  $\text{NH}_3$  et de  $\text{NO}$  issue des rejets d'azote par les chèvres est estimée. Les autres émissions liées à la fertilisation minérale et à la consommation d'énergie directe et indirecte ne sont pas estimées.

<sup>1</sup> Les fiches O, P, Q et R de fin de document informent sur ces concepts et quantifient les impacts estimés dans le programme SYSCARE dans les élevages caprins.

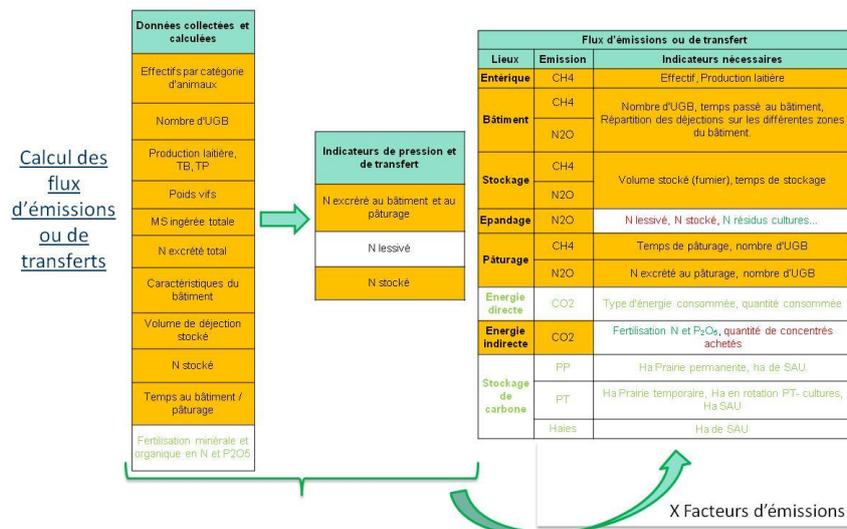
L'impact sur les consommations d'énergies non renouvelables (fossiles) n'est pas non plus totalement estimé puisque la consommation des carburants et d'électricité ne sont pas prises en compte.

Les surfaces mobilisées et le maintien de la biodiversité ne sont pas non plus intégrés dans l'évaluation environnementale de cet outil de diagnostic de l'alimentation caprine.

Graphique 2 : Les flux répertoriés et quantifiés dans ALCARE sont entourés en rouge. Les autres flux ne le sont pas.



Graphique 3 : Paramètres de l'évaluation des impacts pris en considération dans ALCARE (fond en couleur ocre). Les critères en vert ne sont pas pris en compte dans ALCARE.



Fiches d'explications sur les indicateurs environnementaux à prendre en compte dans la réalisation d'un rationnement pour chèvres laitières. ALCARE. Programme SYSCARE.

## **Fiche K**

### **En lien avec les pratiques d'alimentation du troupeau de chèvres : les indicateurs de pression d'azote**

L'azote est une composante importante de l'alimentation des chèvres, l'ensemble des aliments ingérés par le troupeau en contient de 2,2 à 3,2 % de la matière sèche, soit 40 à 130 g/j/chèvre. L'exportation par la production laitière est de 5 à 45 g /j/chèvre et la rétention corporelle journalière individuelle approche au maximum 2 grammes d'azote pour une chèvre en croissance ou/et en gestation. La différence entre la quantité d'azote ingérée et celle exportée est rejetée dans les fèces et les urines. Il faut rajouter l'azote de la paille de la litière et parfois celui des fourrages refusés pour avoir les rejets totaux.

L'optimisation du rationnement consiste à couvrir les besoins des chèvres, à assurer le bon fonctionnement ruminal et de sa population microbienne, mais elle consiste aussi à réduire les rejets d'azote en général et de l'azote des aliments achetés en particulier.

#### **L'azote organique rejeté se transforme et affecte potentiellement l'environnement à différents niveaux**

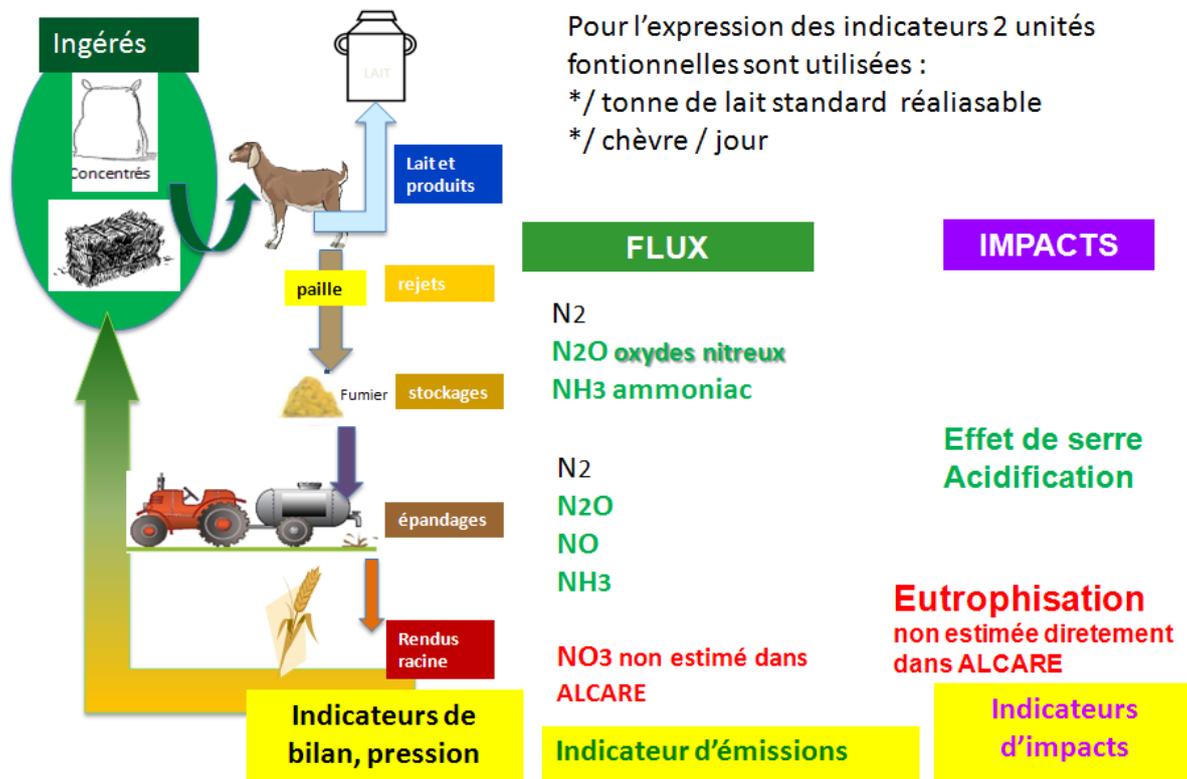
L'azote est d'abord rejeté sous forme organique : protéique, peptidique, uréique. Rapidement ces formes se transforment partiellement en  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $N_2O$ ,  $NO$  ...La forme  $N_2$  est neutre dans l'atmosphère qui en contient déjà 80 %. La forme ammoniacale ( $NH_3$ ) est une émission gazeuse et impactera l'air par acidification, tout comme la forme  $NO$ . L'autre forme gazeuse est le protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) qui a un pouvoir gaz à effet de serre (GES) important et affecte de façon durable l'atmosphère et induit du changement climatique. L'azote organique des rejets (+ litière) se minéralise essentiellement dans le sol, après épandage, sous forme ammoniacale ( $NH_4$ ) et sous forme nitrique ( $NO_3$ ). Ces formes sont potentiellement réorganisées dans le sol ou par les plantes (cultures) ou lixiviées par la lame d'eau drainante vers les nappes phréatiques ou ruisselées vers les eaux de surface. L'impact est dans les 2 derniers cas l'eutrophisation des milieux aquatiques. Dans le sol, les formes  $N_2O$  ou  $NO$  sont également émises et affectent par GES.

ALCARE ne prend en compte que les niveaux des rejets animaux, de leurs stockages (chèvrerie et fumières) et leurs épandages (rendus racines). Le niveau du sol n'est pas pris en compte et les émissions et les impacts s'y situant non plus.

#### **Les indicateurs de pression d'azote alimentaire sont exprimés par des bilans et des émissions au niveau des animaux, du stockage et de l'épandage.**

De ces indicateurs de pression seront estimés des flux et des émissions. Les unités fonctionnelles sont en g / jour / chèvre ou bien en kg / tonne de lait.

Graphique 4 : schéma des bilans d'azote, des flux et des impacts qui en sont issus et qui sont pris en compte dans ALCARE



2

### Les modalités de calculs

$$N_{\text{rejets}} = N_{\text{ingéré total}} + N_{\text{aliments refusés}} + N_{\text{paille}} - N_{\text{exporté total}}$$

$$N_{\text{ingéré total}} = N_{\text{distribué total}} - N_{\text{aliments refusés}}$$

$$N_{\text{distribué total}} / \text{an (en kg)} = \sum (\text{Quantité}_{\text{type fourrage}} \times \text{Teneur en N}_{\text{type fourrage}}) + \sum (\text{Quantité}_{\text{concentrés}} \times \text{Teneur N}_{\text{concentrés}}) + \sum (\text{Quantité}_{\text{déshydratés}} \times \text{Teneur N}_{\text{déshydratés}}).$$

$$N_{\text{exporté}} = N_{\text{fixé par le lait de chèvre}} \times \text{Production de lait} + N_{\text{fixé par la viande}} \times \text{Poids du chevreau à la naissance} \times \text{Nb de chevreaux par mère (1,7)}$$

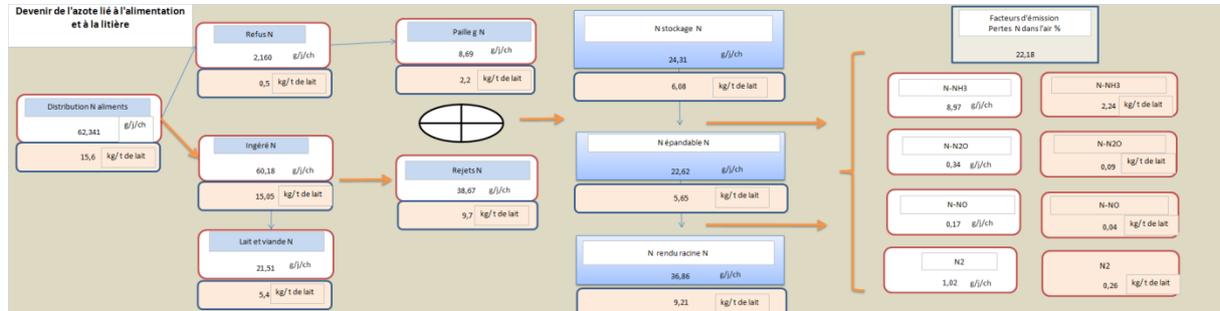
Tableau 1 : L'azote fixé par le lait et la viande des chèvres

Produit considéré	N fixé	
	Unité	Valeur
Viande caprine	kg/kg viande vive	0,026
Lait de chèvre	kg/l lait	0,005

Fiches d'explications sur les indicateurs environnementaux à prendre en compte dans la réalisation d'un rationnement pour chèvres laitières. ALCARE. Programme SYSCARE.

## Le calcul des flux d'azote issu des bilans se fait successivement au niveau des animaux, de la chèvrerie, du stockage et de l'épandage

Graphique 5 : schéma des flux d'azote sous forme organique puis des pertes gazeuses (N<sub>2</sub>, NO, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>) estimés dans ALCARE



### Facteurs d'émission utilisés dans ALCARE

Le facteur d'émission (FE) est le coefficient qui multiplie l'indicateur de pression ou de bilan pour le transformer en indicateur de flux d'émission ou de transfert. Le FE est forfaitaire et est issu de méta-analyses sur des mesures expérimentales. Les références sont issues du manuel : « Evaluation des performances environnementales et économiques des exploitations d'herbivores. Application de l'ACV à la base des données des Réseaux d'élevages Institut » Document de travail IDELE, juin 2012.

Tableau 2 : Récapitulatif des facteurs d'émissions pris en compte pour les formes azotées. En production caprine, la seule forme de stockage des déjections considérée est du fumier

Lieu	Terme	Emission NH <sub>3</sub>	Emission N <sub>2</sub> O	Emission NO	Emission N <sub>2</sub>	Terme obtenu
Bâtiment	N excrété dans bâtiment	0,12 x N excrété	0,71 g N <sub>2</sub> O / UGB/j	0,0018 x N excrété	3 x N-N <sub>2</sub> O	N entré stockage
Stockage	N entré en stockage	0,06 kg N-NH <sub>3</sub> /kg N stocké	4,7 g N-N <sub>2</sub> O/kg N stocké	0,0018 x N stocké	3 x N <sub>2</sub> O	N épendable
Epandage N organique	N épendable	0,107 kg N-NH <sub>3</sub> / kg N épendable	0,0157 kg N <sub>2</sub> O / kg N épendable	0,0018 x N épandage orga	3 x N <sub>2</sub> O	N organique rendu racine
Pâturage	N excrété pâturage 2/3 urine 1/3 fèces	0,12 x N excrété urine + 0,03 x N excrété fèces	0,015 x N excrété urine + 0,004 x N excrété fèces	0,0018 x N excrété pâturage	3 x N <sub>2</sub> O	N pâturage rendu racine

1 chèvre = 0,17 UGB

## Une ration équilibrée avec des pratiques de distributions raisonnées génère des indicateurs de pression et d'émissions jugés « normaux »

Si les indicateurs nutritionnels permettent de juger des apports alimentaires par excès ou par défaut, les indicateurs environnementaux ne sont considérés « facteurs à risques » que lorsqu'il y a excès.

### Les seuils d'alerte pris en compte :

**Des indicateurs nutritionnels** prennent déjà en compte le risque de travailler en excès ou de déséquilibre d'azote dans les apports alimentaires :

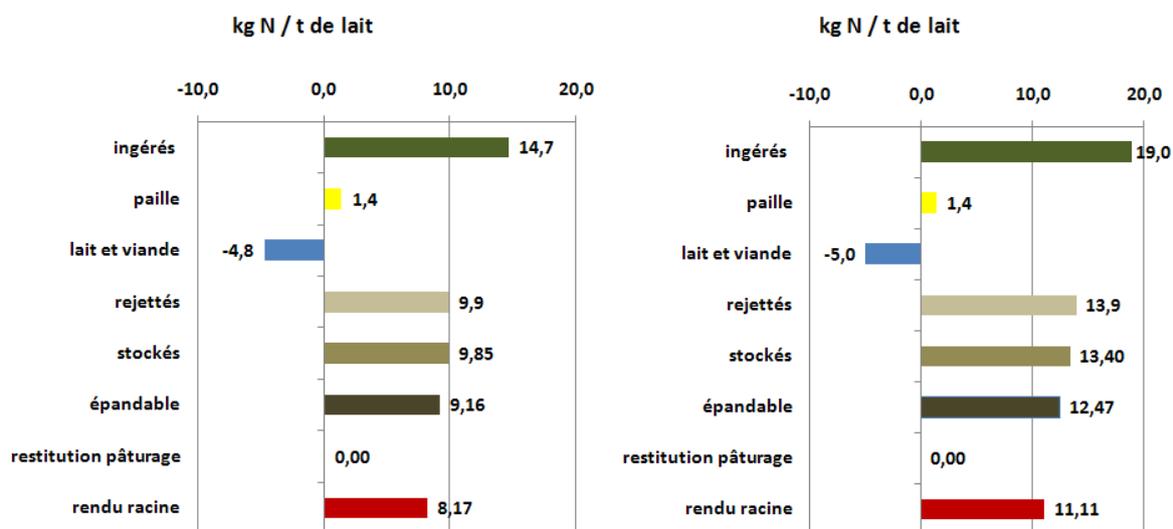
- excès de 10 g de PDIN/UFL issu du R mic (PDIN-PDIE)/UFL → 1 point négatif
- excès de 15 points de couverture des besoins en protéines par rapport à l'animal cible → 1 point négatif
- teneur en urée
  - > 450 mg/l → 1 point négatif
  - >750 mg/l → 2 points négatifs

**Dans les indicateurs environnementaux** les facteurs de risques suivants sont considérés :

- N excrété g/j/chèvre > 55 → 1 point négatif
- % pertes de volatilisation > 30 → 1 point négatif
- dépassement du seuil de 0,40 g/j d'émission de N<sub>2</sub>O lié à la ration

**Globalement cela revient à considérer, qu'une ration bien équilibrée (PDIN, PDIE, énergie, fibrosité) permettant la production laitière pour laquelle elle est prévue n'engendre pas de facteur de risque et d'alerte particulière dans ALCARE.**

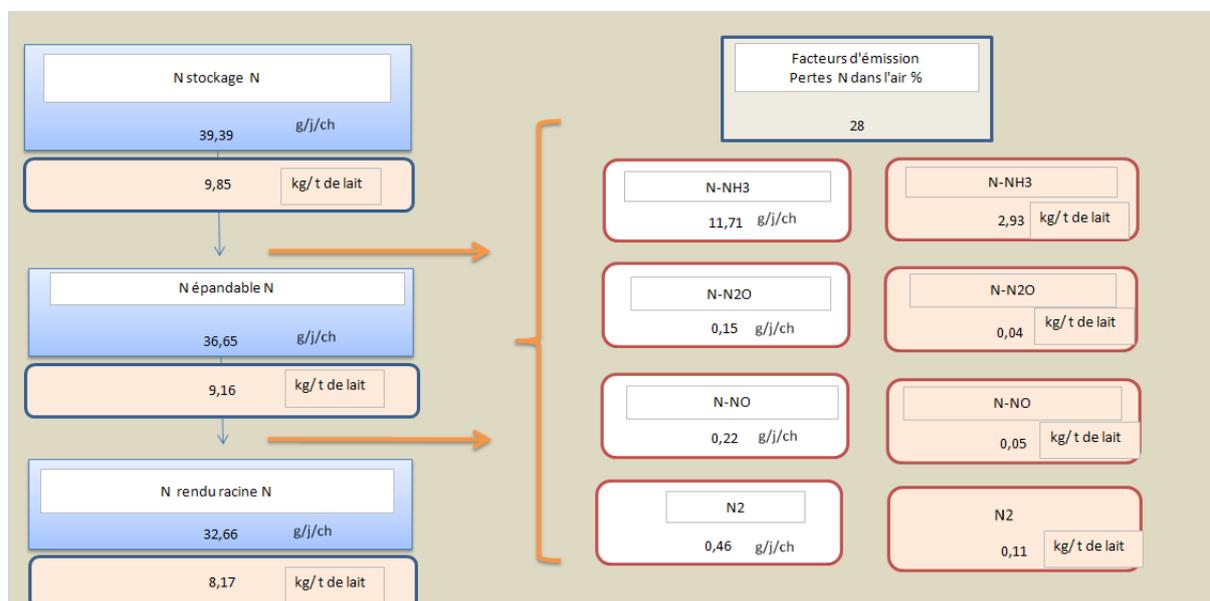
Graphique 5 : exemples d'indicateurs de bilan et de pression issus des rejets azotés des chèvres pour 2 niveaux de couverture des besoins en protéines (en % des besoins de la chèvre moyenne). Cette schématisation est dans ALCARE et doit être rapprochée du graphique 4



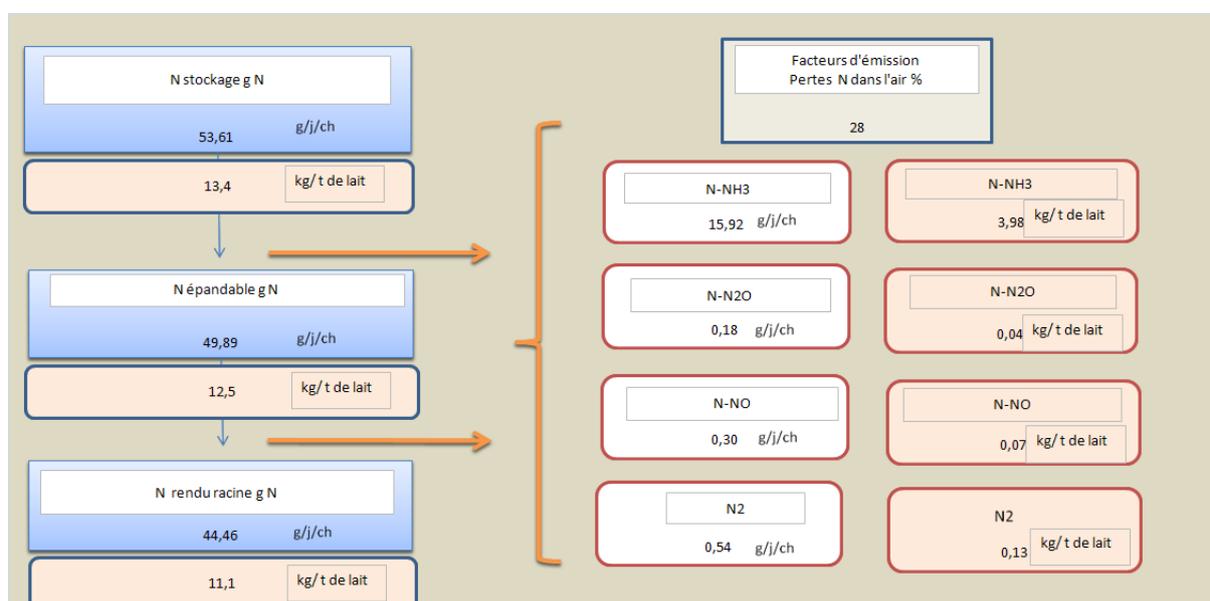
**Alimentation optimisée : 120 % de couverture des besoins en PDI**

**Alimentation non optimisée : 150 % de couverture des besoins en PDI**

Graphique 6 : Exemple d'émissions liées aux pertes gazeuses d'azote pour l'alimentation raisonnée à 120 % de niveau de couverture des besoins de la chèvre moyenne (sortie ALCARE)



Graphique 7 : Exemple d'émissions liées aux pertes gazeuses d'azote pour l'alimentation raisonnée à 150 % de niveau de couverture des besoins de la chèvre moyenne (sortie ALCARE)



### Exemple de levier pour réduire les pressions et les rejets azotés.

Une réduction du % de couverture des besoins de l'animal moyen de 150 à 120 % diminue les intrants azotés de 4 kg / tonne de lait et réduit potentiellement les pertes de 1 kg de N /tonne de lait.

## **Fiche L**

### ***En lien avec les pratiques d'alimentation du troupeau de chèvres : les indicateurs de pression de phosphore***

Le phosphore est une composante importante de l'alimentation minérale des chèvres, les rations ingérées par le troupeau en contiennent 4 à 7 g de P total / kg de MS ou de 10 à 25 g / jour/chèvre. L'exportation par les produits lait et viande est faible et très variable de 0 à 10 g/j/chèvre. Les rejets, estimés par différence entre les ingestions et les exportations sont donc aussi variables.

Contrairement à l'azote, en élevage, le phosphore ne se perd pas sous forme gazeuse. Les pertes en bâtiments, au stockage et lors de l'épandage sont donc minimales. Par contre le phosphore peut ruisseler sur le sol et affecter la qualité de l'eau par eutrophisation. C'est à ce titre que le bilan et les flux de phosphore sont utiles à estimer.

#### **Le phosphore rejeté affecte potentiellement la qualité de l'eau par eutrophisation**

Le phosphore organique ou minéral se transforme peu en bâtiment, lors du stockage et de l'épandage. Sa transformation se fera ensuite lentement au niveau du sol. Il faut noter que le phosphore rejeté par les chèvres puis épandu a une bonne valeur nutritive minérale pour les plantes. Les phytases digestives des ruminants rendent le phosphore organique plus disponible pour les plantes.

ALCARE ne prend en compte que les niveaux des rejets animaux, leurs stockages (chèvrerie et fumière) et leurs épandages (rendus racines). Le niveau du sol n'est pas pris en compte et les émissions et les impacts s'y situant non plus.

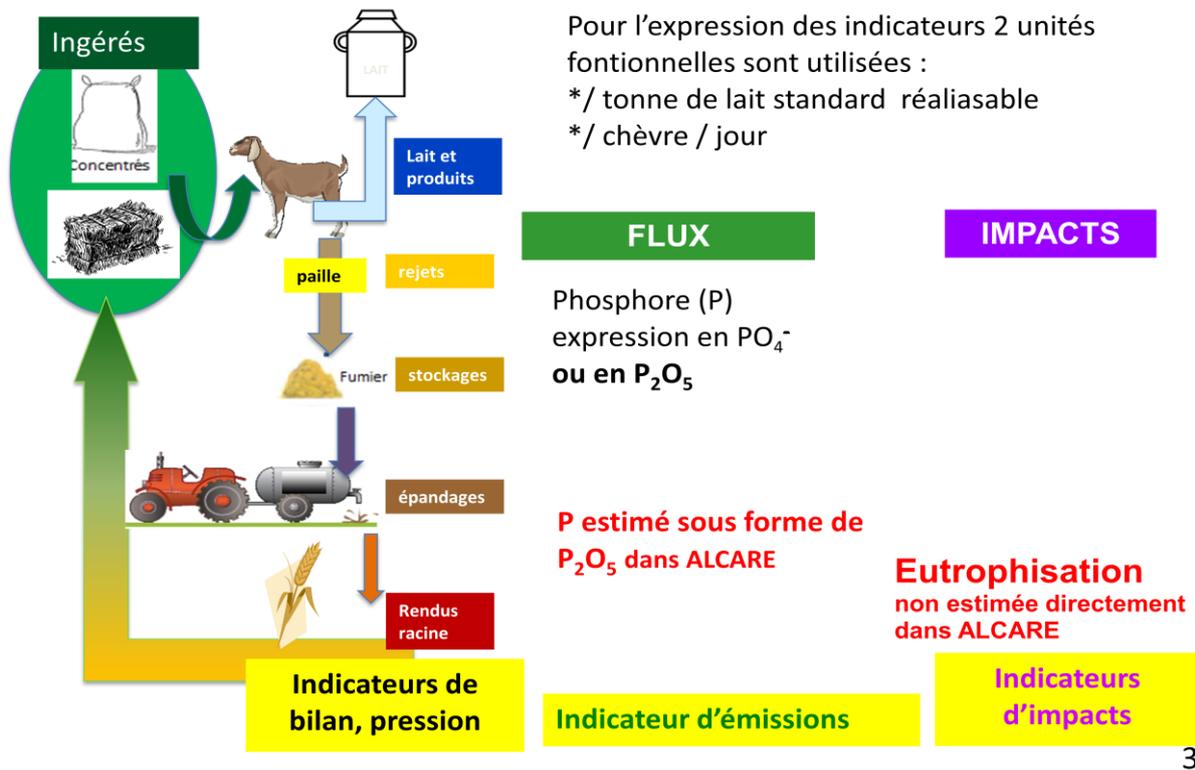
A titre informatif, la part de  $P_2O_5$  épandu qui est susceptible de ruisseler donc d'affecter par eutrophisation est de 1% du total (engrais d'origines organique + minérale chimique). ALCARE ne prend pas en compte la fertilisation minérale.

#### **Les indicateurs de pression de phosphore alimentaire sont exprimés par un même bilan au niveau des animaux, du stockage et de l'épandage.**

Le phosphore s'exprime sous ses formes oxydées en  $P_2O_5$  pour la partie fertilisation des sols ou en  $PO_4$  pour l'eutrophisation. Le coefficient de multiplication pour transformer P en  $P_2O_5$  est de 2.29 et pour transformer P en  $PO_4$  de 3.

A partir de ces indicateurs de pression seront estimés des flux. Les unités fonctionnelles utilisées dans ALCARE sont en g / jour / chèvre ou bien en kg / tonne de lait.

Graphique 8 : schéma des bilans de phosphore, des flux et des impacts qui en sont issus et qui sont pris en compte dans ALCARE



3

**Les modalités de calculs sont les suivantes :**

Le phosphore est un élément bien estimé en alimentation. Les valeurs des aliments sont issues des analyses ou des tables de valeurs nutritives. La teneur du lait et de la viande ont été estimées

$$P_{\text{rejets}} = P_{\text{ingéré total}} + P_{\text{aliments refusés}} + P_{\text{paille}} - P_{\text{exporté total}} \text{ (en } P_2O_5\text{)}$$

$$P_{\text{ingéré total}} = P_{\text{distribué total}} - P_{\text{aliments refusés}} \text{ (en } P_2O_5\text{)}$$

$$P_{\text{distribué total}} / \text{an (en kg)} = \sum (\text{Quantité}_{\text{type fourrage}} \times \text{Teneur en } P_{\text{type fourrage}}) + \sum (\text{Quantité}_{\text{concentrés}} \times \text{Teneur } P_{\text{concentrés}}) + \sum (\text{Quantité}_{\text{déshydratés}} \times \text{Teneur } P_{\text{déshydratés}}) \text{ (en } P_2O_5\text{)}$$

$$P_{\text{exporté}} = P_{\text{fixé par le lait de chèvre}} * \text{Production de lait} + P_{\text{fixé par la viande}} * \text{Poids du chevreau à la naissance} * \text{Nbr de chevreaux par mère (1,7)} \text{ (en } P_2O_5\text{)}$$

L'expression de P en apport alimentaire est faite sous forme de P total ou de P absorbable.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{absorbable}} / 0,65 \text{ pour la plupart des aliments sauf pour les pulpes et les luzernes (voir les tables des valeurs alimentaires)}$$

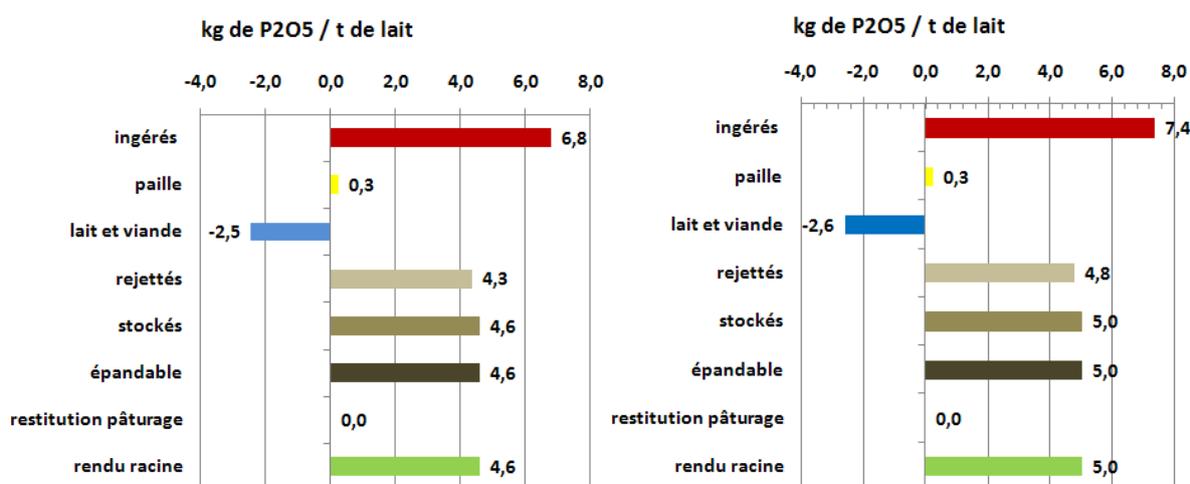
Tableau 3 : fixation de phosphore dans les produits des chèvres :

Produit considéré	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	Unité	Valeur
Viande caprine	kg/kg viande vive	0,016
Lait de chèvre	kg/l lait	0,00219

### Une ration équilibrée avec des pratiques de distributions raisonnées génèrent des indicateurs de pression de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> jugés « normaux »

Si les indicateurs nutritionnels permettent de juger des apports alimentaires par excès ou par défaut, les indicateurs environnementaux ne sont « facteurs à risques » que lorsqu'il y a excès.

Graphique 9 : exemples d'indicateurs de bilan et de pression issus des rejets de phosphore des chèvres pour 2 niveaux d'apport de concentré protéique. Cette schématisation est dans ALCARE et doit être rapprochée du graphique



Exemple avec un apport modéré de concentré protéique : 120 % de couverture des besoins de l'animal moyen

Exemple avec un apport important de concentré protéique : 150 % de couverture des besoins de l'animal moyen

#### Les seuils d'alerte pris en compte :

La stricte couverture des besoins en phosphore absorbable ne génère pas d'alerte. Un excédent de couverture des besoins de la chèvre cible supérieure à 20 % génère une alerte dans les facteurs à risques d'ALCARE.

#### Exemple de levier pour réduire les pressions et les rejets de phosphore

La juste couverture des besoins en phosphore absorbable du troupeau et un apport modéré en minéral phosphaté et en concentré (céréales) doivent réduire les rejets des chèvres en phosphore.

Fiches d'explications sur les indicateurs environnementaux à prendre en compte dans la réalisation d'un rationnement pour chèvres laitières. ALCARE. Programme SYSCARE.

## **Fiche M**

### **En lien avec les pratiques d'alimentation du troupeau de chèvres : les indicateurs d'émission de méthane**

Le méthane est un gaz qui a un impact sur « le changement climatique » par effet « gaz à effet de serres » (GES). Avec d'autres gaz (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O,...et H<sub>2</sub>O) il participe au piégeage des rayonnements de la terre vers l'atmosphère favorisant ainsi les augmentations de températures nocturnes et ensuite diurnes. Le méthane a un pouvoir GES beaucoup plus élevé que celui de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Le méthane total rejeté est responsable d'environ 60 % des GES émis par l'élevage laitier.

Le méthane (CH<sub>4</sub>) est un gaz émis par des décompositions anaérobies de matières organiques (glucides complexes) faites par des bactéries méthanogènes. En élevage de ruminants les émissions, totales de méthane (CH<sub>4</sub> total) ont lieu à 4 niveaux :

- animal : la digestion ruminale émet obligatoirement du CH<sub>4</sub> éructé (CH<sub>4</sub> entérique = 67 % des émissions totales de méthane) ;
- bâtiments et stockage : la gestion des effluents génère aussi du CH<sub>4</sub> (gaz de fumier) ;
- du pâturage : le CH<sub>4</sub> émis vient en déduction du niveau précédent (chèvrerie et stockage)
- des sols : la vie microbienne rejette du CH<sub>4</sub>.

### **Les indicateurs d'émission de CH<sub>4</sub> entérique et de CH<sub>4</sub> totaux**

ALCARE ne prend en compte que le niveau animal, bâtiments-stockage et pâturage. Le niveau du sol n'est pas pris en compte.

Le méthane est un gaz qui diminue la part d'énergie digestible transformée en énergie métabolisable donc celle en énergie nette des aliments aussi, plus il y a de pertes de CH<sub>4</sub>, moins il y a d'énergie nette disponible pour la production de la chèvre et son entretien. Cette émission de CH<sub>4</sub> est sous influence du rationnement, il est souhaitable de la diminuer mais elle reste néanmoins inévitable.

Le méthane (CH<sub>4</sub>) est un gaz dont le facteur d'émission est comptabilisé en CH<sub>4</sub> mais le facteur d'impact sur l'atmosphère est exprimé en « équivalent CO<sub>2</sub> » (eq. CO<sub>2</sub>) avec la conversion suivante : 1 kg de CH<sub>4</sub> = 25 kg eq. CO<sub>2</sub>.

### **Le calcul des émissions de méthane**

#### **Méthane entérique**

La prévision du méthane entérique se fait au travers de l'équation suivante. Les informations disponibles dans ALCARE permettent de l'utiliser.

$$\text{CH}_4 \text{ (g/kg MOD)} = 45,42 - 6,66 \times \text{MSI}\% \text{PV} + 0,75 \text{ MSI}\% \text{PV}^2 + 19,65 \times \text{Pco} - 35,0 \times \text{Pco}^2 - 2,69 \times \text{MSI}\% \text{PV} \times \text{Pco} \text{ (Sauvant et al, 2011)}$$

Pco : proportion de concentré dans la MS totale

#### **Méthane en chèvrerie et au stockage**

Rappelons que le fumier est la forme de stockage quasi exclusive des déjections en conduite en chèvrerie.

*Fiches d'explications sur les indicateurs environnementaux à prendre en compte dans la réalisation d'un rationnement pour chèvres laitières. ALCARE. Programme SYSCARE.*

Tableau 4 : facteurs d'émissions pris pour estimer le méthane en chèvrerie , lors de stockage de fumier et au pâturage. (1 chèvre représente 0,17 UGB)

	Facteurs d'émissions
Chevrette (pour mémoire)	5 kg / tête / an
Bâtiments	80 g CH <sub>4</sub> / UGB / j 14 g CH <sub>4</sub> / chèvre / j
Stockage	12,3 g CH <sub>4</sub> / t de fumier Fumier stocké : 13,5 t / UGB / an temps de stockage moyen (% annuel)
pâturage	0,8 g CH <sub>4</sub> /UGB / j 0,14 g CH <sub>4</sub> / chèvre / j

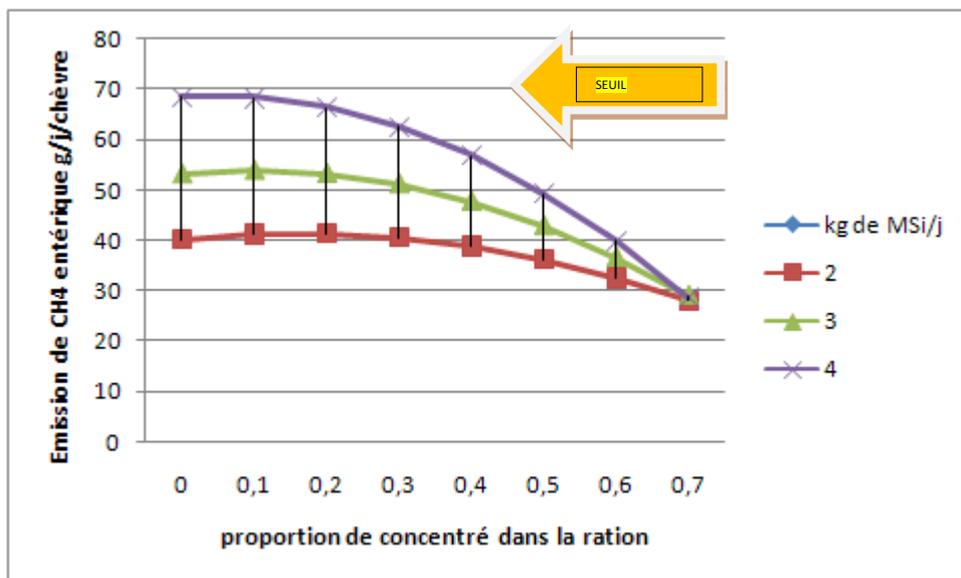
### Méthane au pâturage

Lorsqu'il y a pâturage, il est nécessaire de connaître le temps passé au pâturage et en chèvrerie (en heures) pour évaluer leurs parts respectives dans les émissions.

### Les seuils d'alerte pris dans ALCARE

Le seuil de 70 g de CH<sub>4</sub> total / chèvre / jour a été retenu comme seuil d'alerte. Ce seuil est atteint avec des niveaux d'ingestion élevés (> 4 kg de Ms / j) et avec plutôt peu de concentré.

Graphique 10 : Représentation des rejets de CH<sub>4</sub> entérique en fonction de la proportion de concentré dans la ration et l'ingestion de kg de MS/j/chèvre. 3 niveaux d'ingestion sont représentés : 2, 3 et 4 kg MS / chèvre / jour.



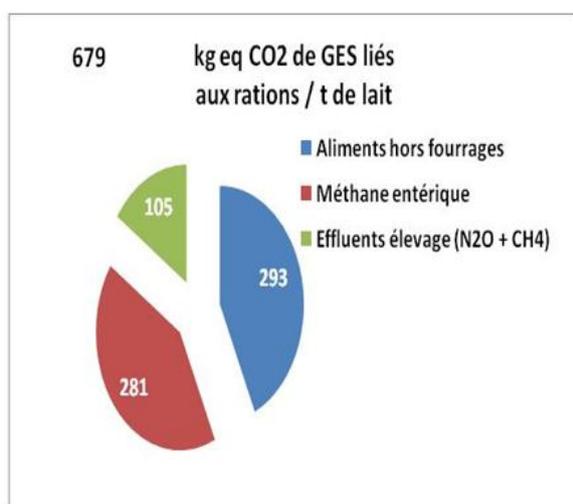
Une alimentation « normale » équilibrée fait générer de 30 à 70 g de méthane entérique. Les niveaux alimentaires en chèvre laitière sont élevés (> 4,5% du Poids vif), soit une ingestion de l'ordre de 3 kg de MS/j et la proportion de concentré varie de 0,3 à 0,6. Cela génère de l'ordre de 50 g de CH<sub>4</sub> / jour.

Il faut rajouter les autres facteurs d'émissions qui peuvent représenter 10 à 15 g de méthane / jour /chèvre.

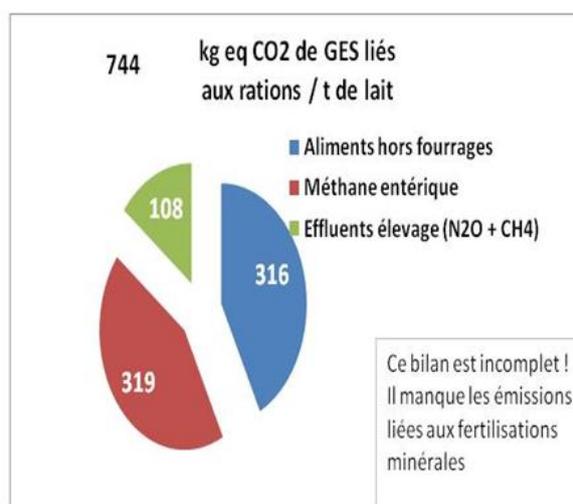
### Une ration équilibrée avec des pratiques de distributions raisonnées génèrent des indicateurs d'émission de méthane jugés « normaux »

ALCARE n'illustre que le potentiel d'impact en GES liés aux conduites alimentaires. Les émissions de CH<sub>4</sub> entérique et de CH<sub>4</sub> dans les ouvrages de l'exploitation sont exprimées en eq. CO<sub>2</sub>. Elles sont associées avec les autres émissions de N<sub>2</sub>O.

Graphique 11 : représentation des émissions de GES dont celles liées au CH<sub>4</sub> entérique pour 2 niveaux de couverture des besoins en protéines.



Exemple avec un apport modéré de concentré protéique : 120 % de couverture des besoins de l'animal moyen



Exemple avec un apport important de concentré protéique : 150 % de couverture des besoins de l'animal moyen

### Exemples de levier pour réduire les émissions de méthane

La réduction de méthane entérique passerait par une augmentation de la proportion de concentré dans la ration, mais cela n'est pas souhaitable, ni pour le revenu de l'éleveur, ni pour la santé des chèvres, ni enfin pour la consommation d'énergie indirecte et les rejets de GES.

D'autres voies sont parfois proposées : l'utilisation de fourrages riches en amidon, en tanins, la supplémentation en acides gras polyinsaturés, les antibiotiques ionophores, les acides organiques... Dans le contexte actuel, ces propositions ne sont pas, pour la plupart, recevables ni techniquement ni économiquement.

## **Fiche N**

### **En lien avec les pratiques d'alimentation du troupeau de chèvres : les consommations d'énergie fossile indirecte**

L'impact de l'activité « production laitière d'un atelier caprin » sur la consommation d'énergie fossile non renouvelable peut se mesurer par l'intermédiaire des consommations des énergies indirectes nécessaires à l'activité.

Sur une exploitation caprine, deux types d'énergie sont utilisés : les énergies directes (carburant, électricité) et les énergies indirectes (énergies nécessaires à la fabrication et au transport des intrants).

A ce niveau, les indicateurs considérés sont relatifs aux consommations indirectes liées aux aliments. Ni la partie énergie « grise » relative à la construction du matériel et des bâtiments (20 % environ des consommations totales), ni les énergies directes ne sont prises en compte dans les indicateurs estimés dans ALCARE.

#### **Les unités utilisées**

L'unité est le Méga Joule (MJ). L'unité fonctionnelle est « / tonne de lait » ou « / chèvre / jour ».

#### **Les consommations d'énergie indirecte pour l'obtention des aliments ne sont connues que forfaitairement**

Ces consommations d'énergie sont renseignées en Méga Joules dans le fichier « Aliments ». Ces valeurs sont en grande partie établies à partir de références publiées (base DIAPASON 2012). Ces références sont donc à mettre à jour régulièrement.

On distingue l'énergie indirecte nécessaire pour l'obtention de l'aliment et l'énergie nécessaire au transport. Pour les aliments achetés à l'extérieur de l'exploitation, un forfait de 0, 110 MJ / kg est rajoutés, sinon rien. ALCARE renseigne si les aliments sont produits ou non sur l'exploitation, ce renseignement détermine ou non le rajout de l'énergie transport aux consommations d'énergie indirecte.

Les énergies forfaitaires en MJ / kg par principale classe d'aliments sont les suivantes :

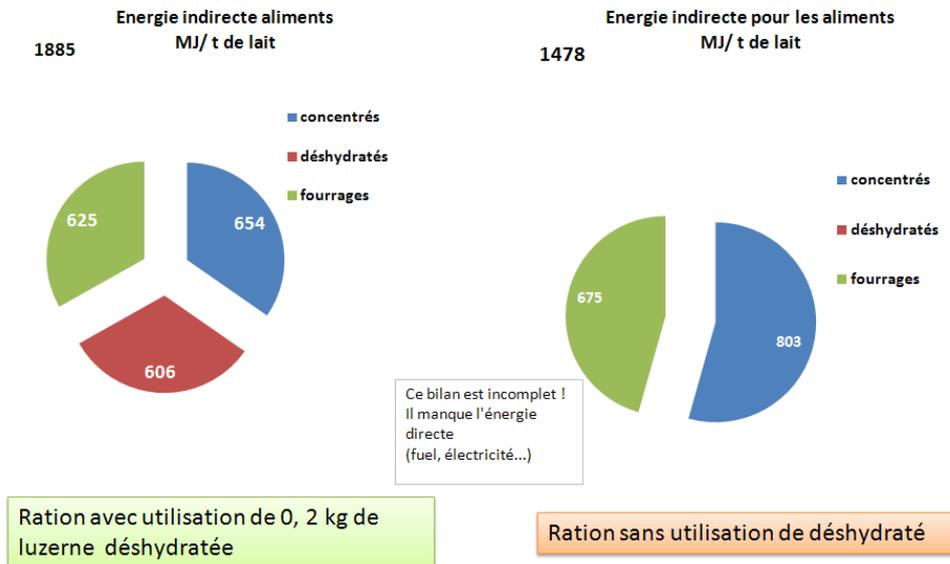
- céréales = 2,821
- tourteaux = 5,705
- aliments composés = 4,216
- aliments déshydratés = 11,880
- foin séché au sol = 2,329
- paille = 0,341
- ensilages = 0,341

#### **Les seuils d'alerte retenus**

Le seuil de 10 MJ / j couplé à celui de 2500 MJ / tonne de lait ont été retenus.

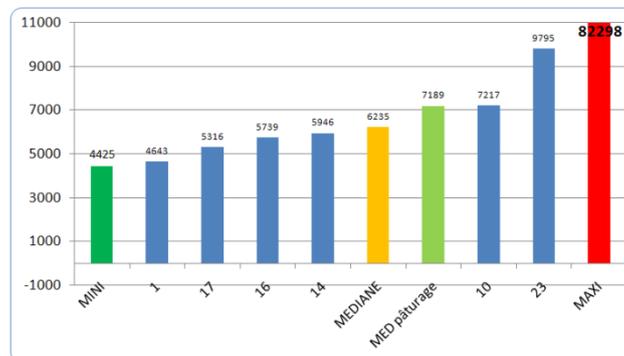
## Exemple de représentation de consommation d'énergie indirecte liée aux aliments. Deux rations pour une même couverture des besoins

Graphique 12 : exemple de consommation d'énergie indirecte pour 2 types de rations (graphique ALCARE)



Graphique 13 : consommations d'énergie fossile par les élevages caprins de syscare

### Consommation Energie fossile en MJ/1000 l



## Les leviers pour faire baisser les consommations d'énergie indirecte

Cet indicateur dépend beaucoup de la nature des aliments d'un part et de leur origine géographique de production d'autre part.

L'autonomie alimentaire réduit en général cette consommation, comparativement aux achats d'aliments éloignés des zones de production. Lorsque la production et la consommation sont proches, les rendements récolte deviennent déterminants dans la « dilution des intrants énergétiques nécessaires à leurs productions ». Ensuite les modes de récolte, de séchage et de stockage sont très influents. Par exemple la déshydratation avec de l'énergie fossile affecte très négativement l'indicateur « consommation d'énergie indirecte ». A l'inverse l'utilisation d'énergie renouvelable pour la déshydratation peut améliorer le bilan global par rapport à du transport d'aliments humides par exemple. Pour prendre en compte cela, il faut corriger ce critère dans le fichier : Aliments.xls.

**Fiche O**  
**L'empreinte environnementale de systèmes laitiers.**  
**Les rejets de gaz à effet de serre**

Cette fiche reprend de façon plus ciblée les rejets de gaz à effet de serre (GES) qui affectent le changement climatique.

Les GES absorbent le rayonnement infrarouge émis pas la surface terrestre. Cela contribue au changement climatique. Les principaux gaz incriminés sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Les émissions de GES sont exprimées en kg eq. CO<sub>2</sub>.

Les équivalences sont les suivantes :

1 kg de CH<sub>4</sub> = 25 kg Eq. CO<sub>2</sub>

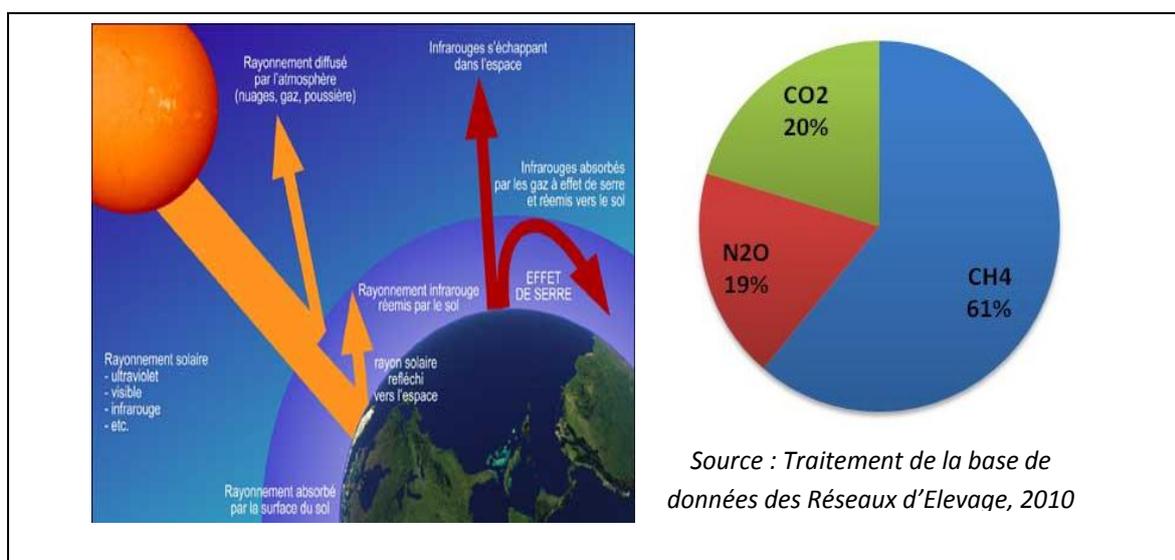
1 kg de N<sub>2</sub>O = 310 kg Eq. CO<sub>2</sub>

Nous avons déjà vu les émissions partielles de CH<sub>4</sub> (fiche M) et celles de N<sub>2</sub>O (fiche K). Nous compléterons ces informations dans cette fiche.

### L'activité d'élevage participe au changement climatique

L'activité agricole contribue au changement climatique à hauteur de 19 % des émissions de GES (CITEPA, 2010) dont 12% sont imputables à l'élevage des ruminants. La contribution des différents GES est hétérogène, le CH<sub>4</sub> représente environ 60 % des émissions. Le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) contribue de façon variable en fonction des fertilisations azotées minérales des surfaces fourragères. Le CO<sub>2</sub> est lié à la combustion des énergies fossiles consommées dans l'exploitation et au transport des intrants (engrais, aliments, énergies).

Graphiques 14 et 15 : Schéma de l'effet de serre et figure de la part des émissions de GES en élevage de ruminants (source ADEME, 2011)



## Les systèmes d'élevage compensent leurs émissions de GES par du stockage de carbone dans les plantes et dans les sols

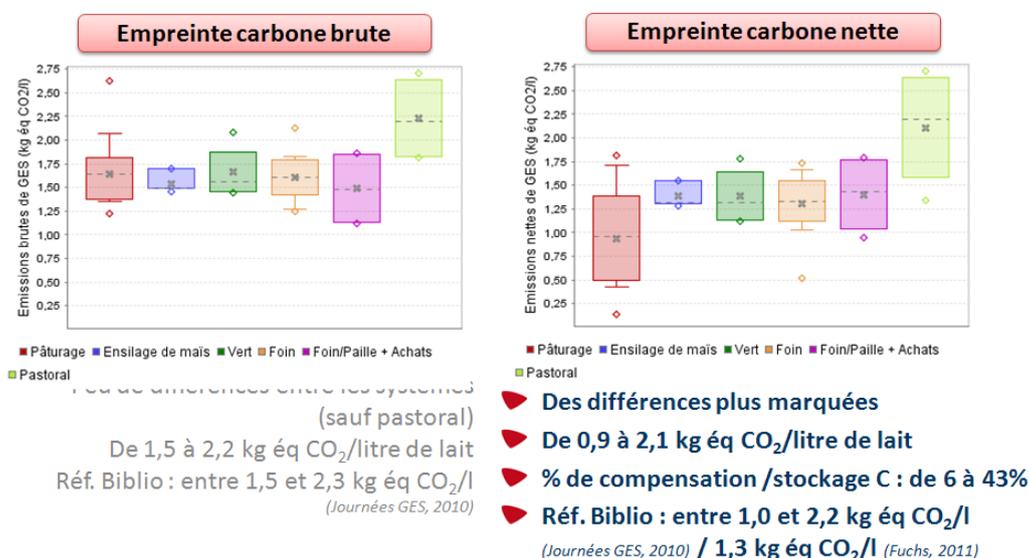
Les systèmes d'élevage herbivores compensent en partie leurs émissions par le stockage de carbone dans les sols grâce aux prairies et aux haies. Le maintien des éléments agro-écologiques (haies, bosquets...) présents sur les surfaces exploitées joue un rôle dans l'équilibre de la balance entre les émissions de GES et la compensation par le stockage de carbone. Les haies et les prairies stockent le carbone dans les proportions suivantes :

1 ha de prairie stocke 500 kg de C (soit 1835 kg eq. CO<sub>2</sub>)

100 ml de haies stockent 125 kg de C (soit 460 kg eq. CO<sub>2</sub>).

Emissions nettes = émissions brutes (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O) – stockage de C

Graphique 16 : les empreintes carbonées ou les émissions de GES dans les élevages SYSCARE (en kg eq. CO<sub>2</sub> / litre de lait)

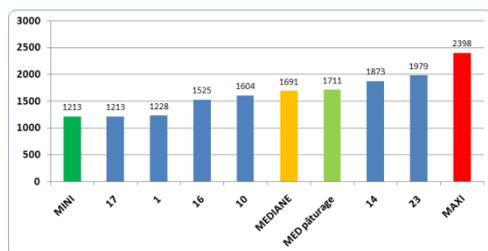


Source : Traitement de la base de données des Réseaux d'Élevage, 2010

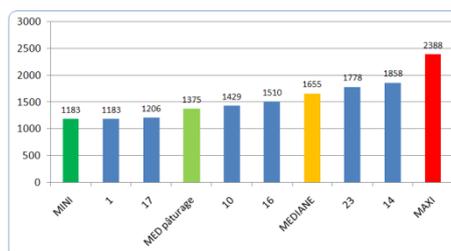
## Les émissions de GES des élevages caprins, les plus efficaces en alimentation, restent inférieures à 2000 kg eq. CO<sub>2</sub> / 1000 L de lait

Graphiques 17 : Rejets de GES des élevages caprins de SYSCARE

GES brut en eq CO<sub>2</sub>/1000 litres



GES net en eq CO<sub>2</sub>/1000 litres



Fiches d'explications sur les indicateurs environnementaux à prendre en compte dans la réalisation d'un rationnement pour chèvres laitières. ALCARE. Programme SYSCARE.

## Fiche P

### **L'empreinte environnementale de systèmes laitiers. L'impact sur la qualité des milieux aquatiques : eutrophisation**

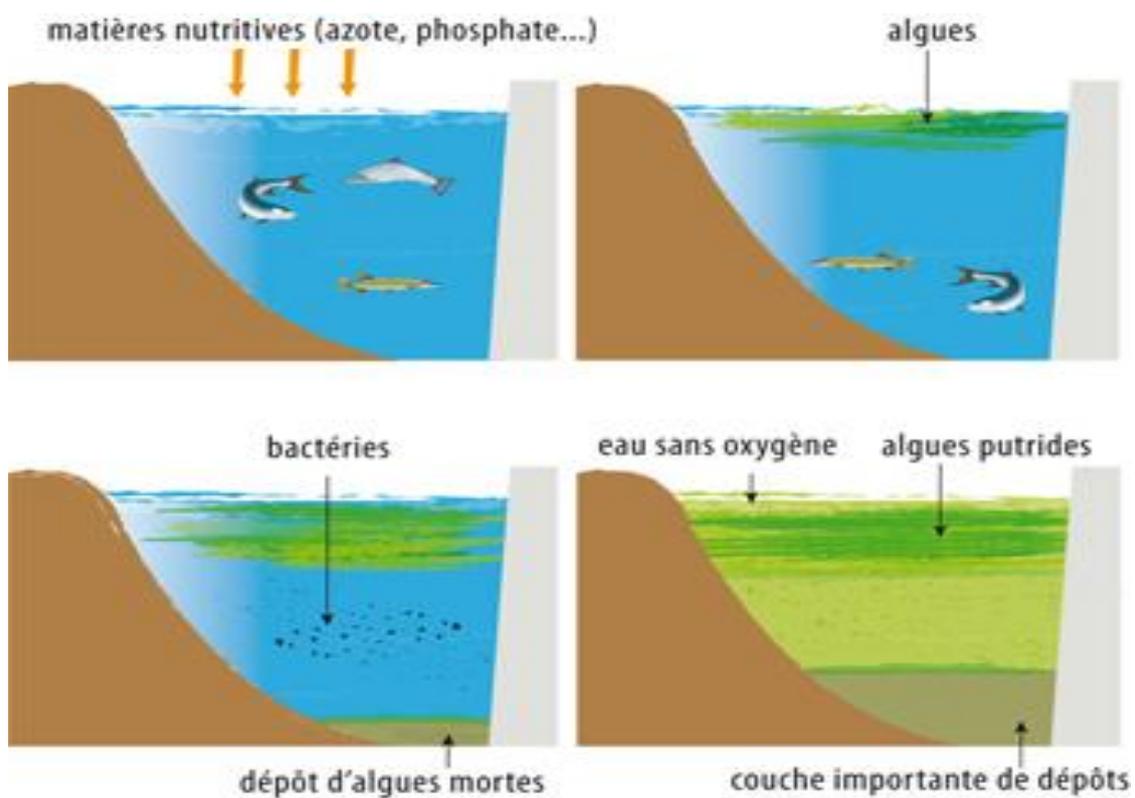
L'eutrophisation consiste à l'enrichissement des eaux de surfaces, douces ou salées, en éléments nutritifs pour les plantes aquatiques. Ces éléments nutritifs sont essentiellement les nitrates ( $\text{NO}_3$ ) et le phosphore. La prolifération des plantes aquatiques déséquilibre les milieux aquatiques, diminue fortement la biodiversité et rend insalubres certaines zones côtières.

Le potentiel d'eutrophisation s'exprime en  $\text{PO}_4$  (phosphate) et incombe à l'azote lixivié, au phosphore ruisselé, aux émissions de NO (monoxyde d'azote) et  $\text{NH}_4$  (ammoniaque).

#### **L'activité d'élevage participe à l'eutrophisation des eaux**

En France, les zones atteintes par la pollution azotée sont sensibles à l'eutrophisation et classées en zone vulnérables (44 % du territoire) par la Directive des nitrates (seuil de référence de 50 mg/l de nitrates dans l'eau).

Graphique 18 : schéma de l'eutrophisation des eaux (source ADEME, 2011)

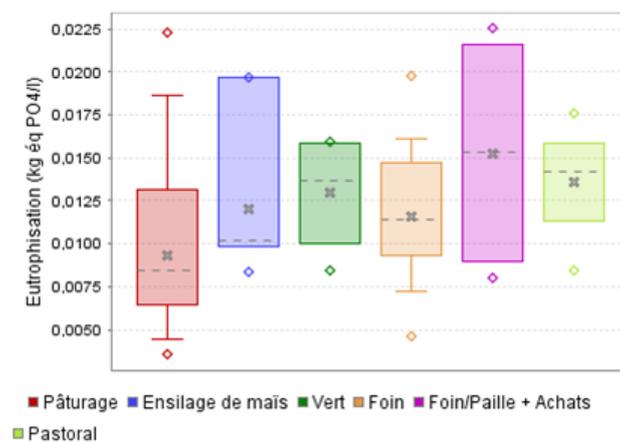


## Le potentiel d'eutrophisation de l'activité d'élevage caprine est lié davantage aux bilans azotés alimentaires excédentaires qu'aux fertilisations azotées minérales.

Nous avons vu dans les fiches K et L que les indicateurs de bilans alimentaires au niveau des animaux étaient excédentaires, relativement plus pour l'azote que pour le phosphore. La maîtrise des rejets azotés est une préoccupation grandissante du rationnement avec l'augmentation des prix de l'azote protéique alimentaire, ces excédents commencent déjà sans doute à diminuer. La réduction des apports de concentrés protéiques ou énergétique reste un levier important pour réduire les excédents au niveau de l'animal. La recherche d'une meilleure efficacité alimentaire va de pair avec les réductions de rejets d'azote et de phosphore.

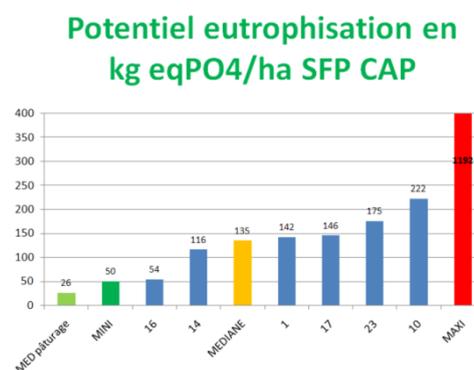
Ensuite les capacités à bien stocker et épandre les déjections animales se sont améliorées avec les plans PMPOA réussis. La capacité à bien valoriser les déjections animales comme engrais de ferme a aussi progressé ces 2 dernières décennies au gré des plans de vulgarisation et des augmentations des prix des fertilisants chimiques. Le principal facteur de moindre maîtrise de ce potentiel d'eutrophisation reste la forte pression à la surface d'épandage (chargement, N organique / ha épandage, productivité des cultures...) qui peut exister ponctuellement.

Graphique 19 : Potentiel d'Eutrophisation par type de système de production laitière (Source : Traitement de la base de données des Réseaux d'Elevage, 2010)



## Le potentiel d'eutrophisation par ha pour la production caprine

Graphique 20 : potentiel d'eutrophisation des élevages laitier caprins (exprimé l'unité de surface)



## Fiche Q

### L'empreinte environnementale de systèmes laitiers.

#### Les impacts liés à l'acidification, la biodiversité et à l'occupation des sols

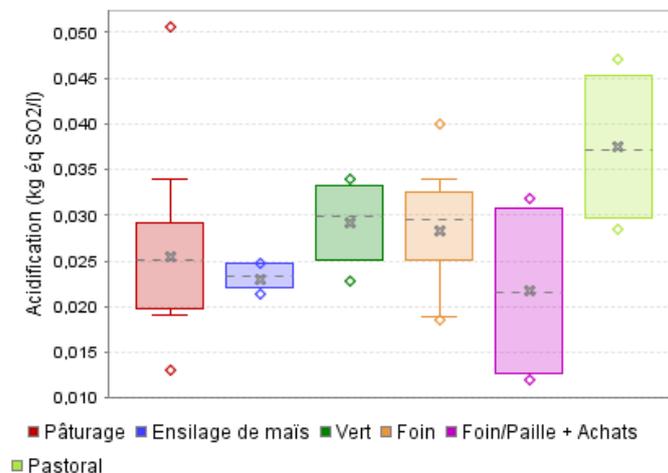
(Fiche inspirée du document de travail : IDELE, Service bâtiments et environnement, 2011)

### L'acidification de l'air

Le phénomène d'acidification de l'air est lié à la transformation de certains gaz en acides. Lors d'épisode pluvieux (pluies acides), cette acidité se traduit par une baisse du pH dans les lacs, les cours d'eau et les sols (perte de fertilité). Trois principaux gaz polluants contribuent à l'acidification de l'air : le monoxyde d'azote (NO) et l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) pour l'élevage et les gaz soufrés, nitriques, chlorés...pour les fabrications industrielles des intrants nécessaires à l'élevage. L'acidification s'exprime en **kg éq. SO<sub>2</sub>**. Les unités fonctionnelles sont « / litre de lait ».

Sur une exploitation d'élevage, les émissions de gaz acidifiants sont liées aux déjections (stockage, épandage, pâturage...), aux énergies directes (carburants, électricité) et aux énergies indirectes (fabrication et transports des intrants).

Graphique 21 : potentiel d'Acidification par type de système de production laitière (Source : Traitement de la base de données des Réseaux d'Elevage, 2010)



### Contribution au maintien de la Biodiversité

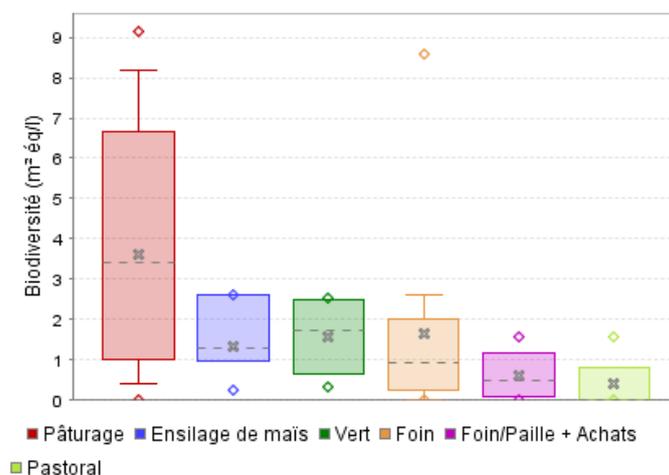
On désigne par biodiversité, la diversité naturelle des organismes vivants en nombre d'espèces dans un écosystème, en diversité génétique ou en type d'habitat. L'élevage favorise le maintien, voir le développement des espaces « naturels ». La biodiversité est mesurée (**en m<sup>2</sup> ou ha équivalent de biodiversité**) par dénombrement des éléments agro-écologiques (haies, bosquets, bois, cours d'eau...) traduits en surface équivalente topographique (SET) selon les coefficients retenus dans les BCAE VII et la PHAE2.

Les équivalences sont calculées de la façon suivante :

**100 ml de haies correspondent à 1 ha de SET soit 1 ha équivalent de biodiversité**

**1 chêne adulte isolé correspond à 0,005 ha de SET soit 0,005 ha équivalent de biodiversité**

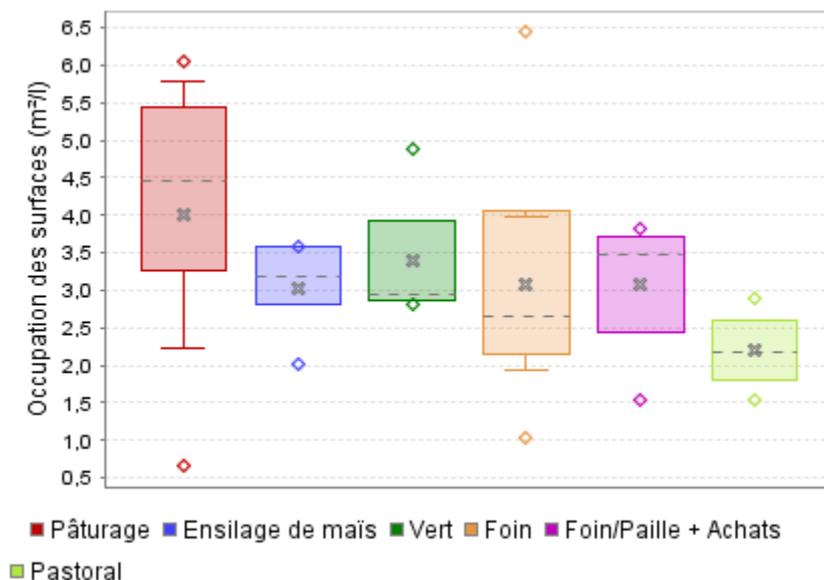
Graphique 22 : contribution au maintien de la Biodiversité par type de système de production laitière  
(Source : Traitement de la base de données des Réseaux d'Élevage, 2010)



## Les surfaces mobilisées

L'utilisation des terres par l'élevage comprend les pâturages et les terres consacrées aux cultures fourragères et aux céréales autoconsommées. L'élevage est accusé de représenter la plus importante utilisation anthropique des terres. Cependant, l'élevage valorise d'importantes surfaces en herbe peu productives, inaccessibles ou non mécanisables et contribue au maintien de ces surfaces. Cet indicateur permet d'évaluer la surface utilisée pour produire un litre de lait. Il s'exprime en **m<sup>2</sup> ou ha**. Cet indicateur prend en compte la surface totale de l'exploitation (SAU) ainsi que les surfaces utilisées pour produire les intrants (engrais, aliments, énergies...).

Graphique 23 : les surfaces mobilisées par type de système de production laitière (Source : Traitement de la base de données des Réseaux d'Élevage, 2010)



## Fiche R

### L'empreinte environnementale de systèmes laitiers: les profils environnementaux

L'ensemble des impacts décrits dans les fiches précédentes peuvent définir une empreinte environnementale des systèmes caprins laitiers ou un profil environnemental.

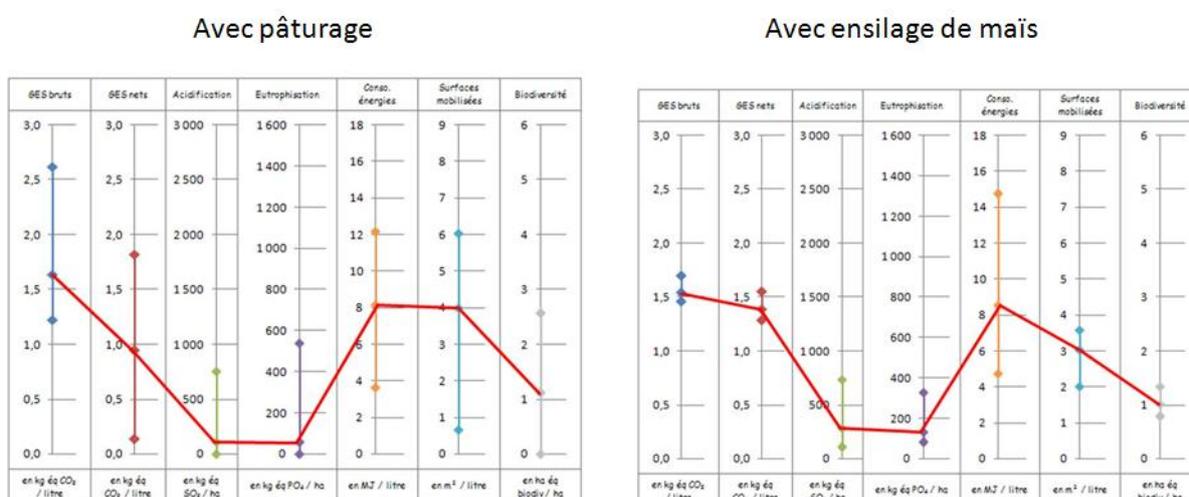
Sont reliées dans un même graphique les moyennes et la variabilité des indicateurs d'impacts suivants :

- émissions brutes de gaz à effet de serre
- émissions nettes de gaz à effet de serre
- acidification de l'air
- eutrophisation
- consommations d'énergie non renouvelable
- surfaces mobilisées
- contribution à la biodiversité

Les unités fonctionnelles sont dans cet exemple « / litre de lait » ou par « ha ».

### Des profils environnementaux perfectibles mais qui ne condamnent aucun système d'alimentation

Graphique 24 : profil environnemental des systèmes d'alimentation caprins à base de pâturage et de maïs ensilage



Ces profils environnementaux moyens de 2 systèmes d'alimentation à priori extrêmes ne sont pas très différents, la variabilité intra systèmes est supérieure à celle inter système. Par conséquent les marges d'amélioration de ces profils existent pour tous les systèmes, il n'y a pas de système d'alimentation condamné à l'avance.

**Ces fiches ont repris les travaux de SYSCARE et ont été complétées par les documents de travail du service Environnement et Bâtiments de l'Institut de l'Élevage :**

-- L'empreinte environnementale des systèmes laitiers-de quoi parle-t-on ?

-- Evaluation des performances environnementales et économiques des exploitations d'herbivores.

**Application de l'ACV à la base de données des réseaux d'Élevage Institut (Juin, 2011).**

Fiches d'explications sur les indicateurs environnementaux à prendre en compte dans la réalisation d'un rationnement pour chèvres laitières. ALCARE. Programme SYSCARE.