



# Stratégies alimentaires pour diminuer les émissions de méthane et l’empreinte carbone des vaches laitières

Françoise Lessire<sup>12</sup> – Pauline Choquet<sup>1</sup> –  
Isabelle Dufrasne<sup>12</sup>

1 Université de Liège

2 CTA Centre des technologies agronomiques



# Table des matières

Table des matières .....	2
Table des figures.....	3
Contexte .....	1
Le projet Life DairyClim .....	1
Comment diminuer les émissions de GES liées à l’agriculture ? .....	3
Une part des émissions de GES .....	3
La digestion des hydrates de carbone par les ruminants.....	4
Production de méthane.....	4
Impact des pratiques alimentaires sur la production de méthane .....	6
Comment diminuer les émissions de méthane en adaptant les stratégies alimentaires ? .....	7
Stratégies alimentaires les plus efficaces testées durant le projet LIFE DairyClim.....	9
Comment étaient organisés les essais ?.....	9
Quelles mesures étaient planifiées pour évaluer les différents impacts des meilleures stratégies alimentaires? .....	10
Le potentiel de mitigation de l’amidon dépend de différents facteurs .....	11
Concentrés riches en amidon.....	12
Concentrés riches en graisse .....	13
Inclusion d’huile de lin dans la ration des vaches .....	16
Résumé des essais menés à l’étable .....	18
Augmentation du ratio concentré/fourrages.....	19
Comparaison de 3 rations avec une augmentation du pourcentage d’herbe pâturée.....	20
Impact économique: calcul des coûts alimentaires de production .....	21
Impact environnemental.....	24
Les stratégies d’alimentation encore à étudier.....	28
Recommandations.....	29
En conclusion.....	29
Abréviations .....	30
Références.....	31

## Table des figures

Figure 1 – Proportion des différents GES émis par le secteur agricole. ....	1
Figure 2 – Proportion de CO <sub>2</sub> eq puisé par les prairies permanentes et les haies ainsi que sa contribution à la mitigation des émissions totales de GES d’une ferme pilote du projet Life Dairyclim.....	3
Figure 3 - Classification des carbohydrates suivant la vitesse de fermentation ruménale. ....	4
Figure 4 – Diagramme détaillant les différentes étapes de la digestion des carbohydrates. ...	5
Figure 5 - Flore ruminale. ....	5
Figure 6 – Processus de digestion dans le rumen. ....	6
Figure 7 – Proportion des différents acides gras volatiles en relation avec le régime alimentaire. ....	6
Figure 8 - Facteurs favorisant la présence d’acidose ruminale subaiguë. ....	7
Figure 9 - Différents céréales habituellement données aux vaches.....	11
Figure 10 - Composition en acides gras des concentrés testés. ....	16
Figure 11 – Pourcentage de différence des émissions de méthane/vache.jour et /kg de lait entre les rations témoin et test.....	18
Figure 12 – Résultats des essais comparant les rations composées de concentrés VS d’herbe pâturée (% de différence observées entre le groupe pâturant et le groupe avec la ration sèche). ns: résultats non statistiquement différents - *: résultats significativement différents.....	19
Figure 13 - Résultats de l’essai comparant les rations avec une augmentation d’herbe. ....	20
Figure 14 - Différences de coûts d'alimentation entre les animaux testés et les témoins par vache par jour et par 100 kg de lait. ....	22
Figure 15 - Comparaison des coûts d'alimentation par vache et par jour au pâturage. ....	23
Figure 16 - Comparaison des coûts d'alimentation par 100 kg de lait au pâturage. ....	23
Figure 17 - Inventaire des inputs et outputs pris en considération pour l’analyse du cycle de vie au niveau de la ferme basé sur Flysiö et al. 2011.....	24
Figure 18 - Différences d'impact sur l'environnement entre concentré et le témoin.....	25
Figure 19 - Comparaison de l'impact sur le climat des différentes rations offertes à l'étable rapportée par kg de lait à énergie corrigée produite. CO <sub>2</sub> eq: émissions rapportées par CO <sub>2</sub> équivalent. ECM (kg.vache <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> ) .....	26
Figure 20 - Comparaison de l'impact sur le climat des différentes rations offertes à l'étable rapportée par kg de lait à énergie corrigée produite. ....	26
Figure 21 - Comparaison de l'impact sur le climat des différentes rations offertes au pâturage au total, rapporté par kg de lait corrigé de l'énergie produite et par ha Abbreviations: CO <sub>2</sub> eq: emissions reported per CO <sub>2</sub> equivalent.....	27
Figure 22 – Autres stratégies d’alimentations décrites dans la littérature et leur niveau d’action.....	28

## Contexte

L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère est un des facteurs responsables du réchauffement climatique.

L'impact du secteur agricole sur les émissions de GES d'origine anthropique est estimé à **14%** (Tubiello et al., 2015).

Le secteur émet différents GES dont les principaux sont

- **Le méthane** ( $\text{CH}_4$ ) émis pendant la fermentation ruménale mais aussi pendant le dépôt de fumier et de lisier
- **L'oxyde nitreux** ( $\text{N}_2\text{O}$ ) émis pendant l'épandage des engrais organiques et minéraux
- **Le dioxyde de carbone** ( $\text{CO}_2$ ) émis lors de toute opération nécessitant du carburant : utilisation du tracteur production de nourriture, ...mais également changement d'affectation des sols

Habituellement, les émissions totales de GES sont exprimées en équivalents  $\text{CO}_2$  ( $\text{eqCO}_2$ ).

$\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$  sont convertis en  $\text{eq CO}_2$  en prenant compte de leur potentiel de réchauffement global (PRG) calculé par comparaison avec le  $\text{CO}_2$ .

Le PRG de  $\text{CH}_4$  est de **24** – le PRG de  $\text{N}_2\text{O}$  est **298**.

Emissions de méthane (tonnes d' $\text{eq CO}_2$ ) = émissions de méthane (tonnes) X PRG

## Inventaire des différents GES émis par le secteur agricole

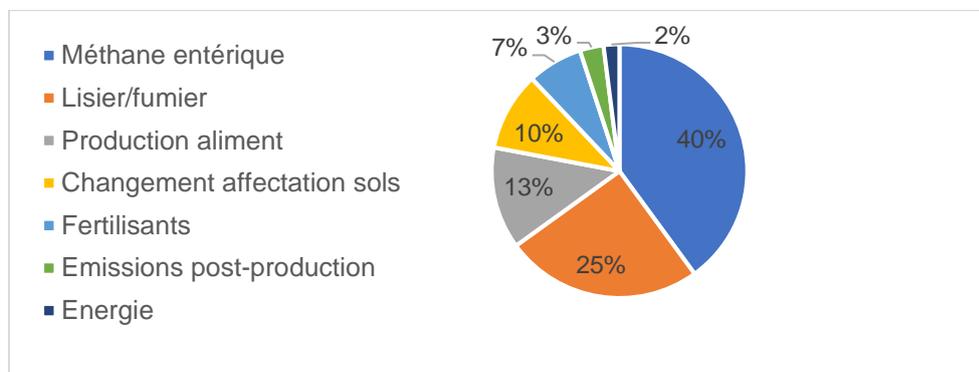


Figure 1 – Proportion des différents GES émis par le secteur agricole.

Les différents GES lié à l'agriculture sont: le méthane ( $\text{CH}_4$ ) qui est émis principalement durant la fermentation ruminale mais aussi par le fumier et le lisier des animaux, l'oxyde nitreux ( $\text{N}_2\text{O}$ ) qui est relâché lors de l'épandage de fertilisants organiques et minéraux, et finalement le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) lié à l'utilisation de l'énergie pour la production d'aliments, des travaux à la ferme et dans les diverses productions au sein de l'exploitation. Les émissions de  $\text{CO}_2$  sont également liées au changement d'affectation des terres.

# Le projet Life DairyClim



Le projet Life-DairyClim, financé par l'Europe, a débuté le 1er octobre 2015 et s'est terminé le 30 septembre 2019. Un de ses objectifs était de diminuer l'impact environnemental du secteur laitier dans les 3 pays participants : la Belgique, le Danemark et le Luxembourg.

Divers partenaires ont collaboré sur ce projet : l'Université de Liège, coordinatrice de ce projet, le C.T.A., Centre des Technologies Agronomiques, la firme Dumoulin, le partenaire industriel producteur d'aliments pour le bétail, l'Université d'Aarhus (Danemark), et Convis, l'association des éleveurs luxembourgeois.

Ce projet s'est concentré sur deux axes. Premièrement, le but était de mitiger les émissions de méthane entérique en promouvant des stratégies d'alimentation optimisées à l'étable et au pâturage. L'amélioration de la gestion du pâturage était le second axe du projet.



# Comment diminuer les émissions de GES liées à l'agriculture ?

Les émissions de GES du bétail peuvent être atténuées par différents moyens. Deux d'entre eux ont été investigués pendant le projet Life Dairyclim :

L'approche alimentaire est une option souvent préconisée (Martin et al., 2010).

Une autre méthode proposée (IPCC, 2019) est d'améliorer la séquestration du carbone dans le sol. Cette dernière approche a été abordée en augmentant l'efficacité du pâturage.

Une part des émissions de GES peut être atténuée par le potentiel de stockage de carbone dans les prairies permanentes.

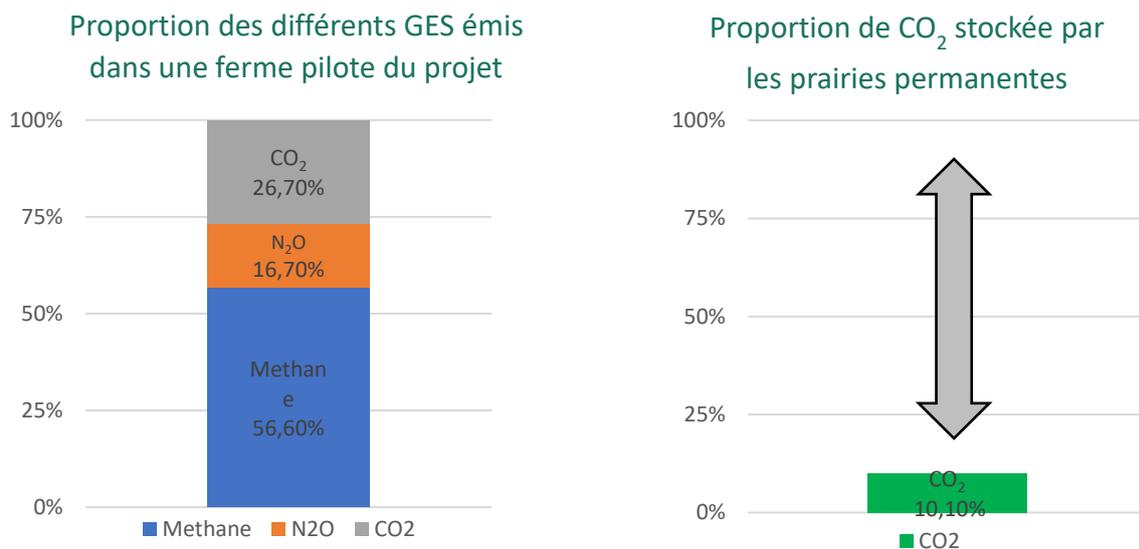


Figure 2 – Proportion de CO<sub>2</sub>eq stockée par les prairies permanentes et les haies et sa contribution à l'atténuation des émissions totales de GES d'une ferme pilote du projet LIFE

L'inventaire des GES a été réalisé avec le logiciel CAP'2ER.

# La digestion des hydrates de carbone par les ruminants

Une des particularités des ruminants est leur capacité à transformer la **cellulose** contenue dans les fourrages en aliment de haute valeur nutritionnelle (lait et viande). Ceci est possible grâce à la présence du rumen (un des 4 estomacs des ruminants).

Les fourrages sont riches en hydrates de carbone. Ceux-ci peuvent être classés en deux catégories en fonction de leur taux de fermentation (Figure 3). Le processus de digestion est résumé en Figure 4.

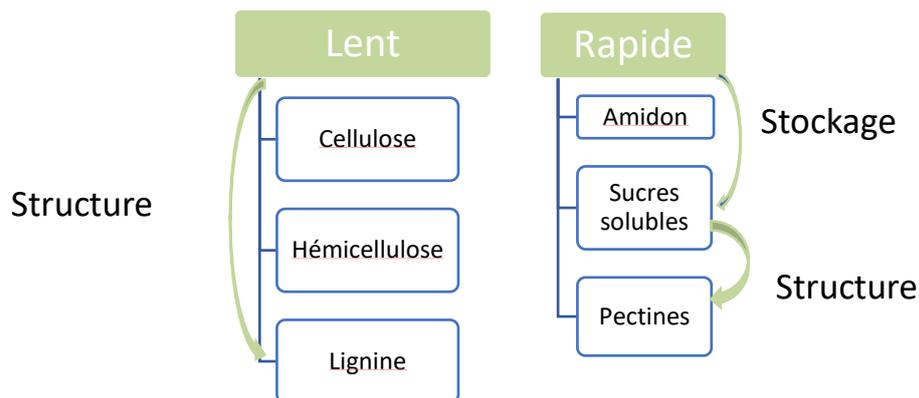


Figure 3 - Classification des carbohydrates suivant la vitesse de fermentation ruménale.

## Production de méthane

Le méthane est produit pendant la fermentation des hydrates de carbone (c'est-à-dire: cellulose, hémicellulose, amidon, pectine) se déroulant dans le rumen.

Ce processus mène à la production de 3 acides gras volatiles :

L'acétate – le butyrate qui **libèrent de l'hydrogène (H<sub>2</sub>)**

et le *propionate* qui **le capte**.

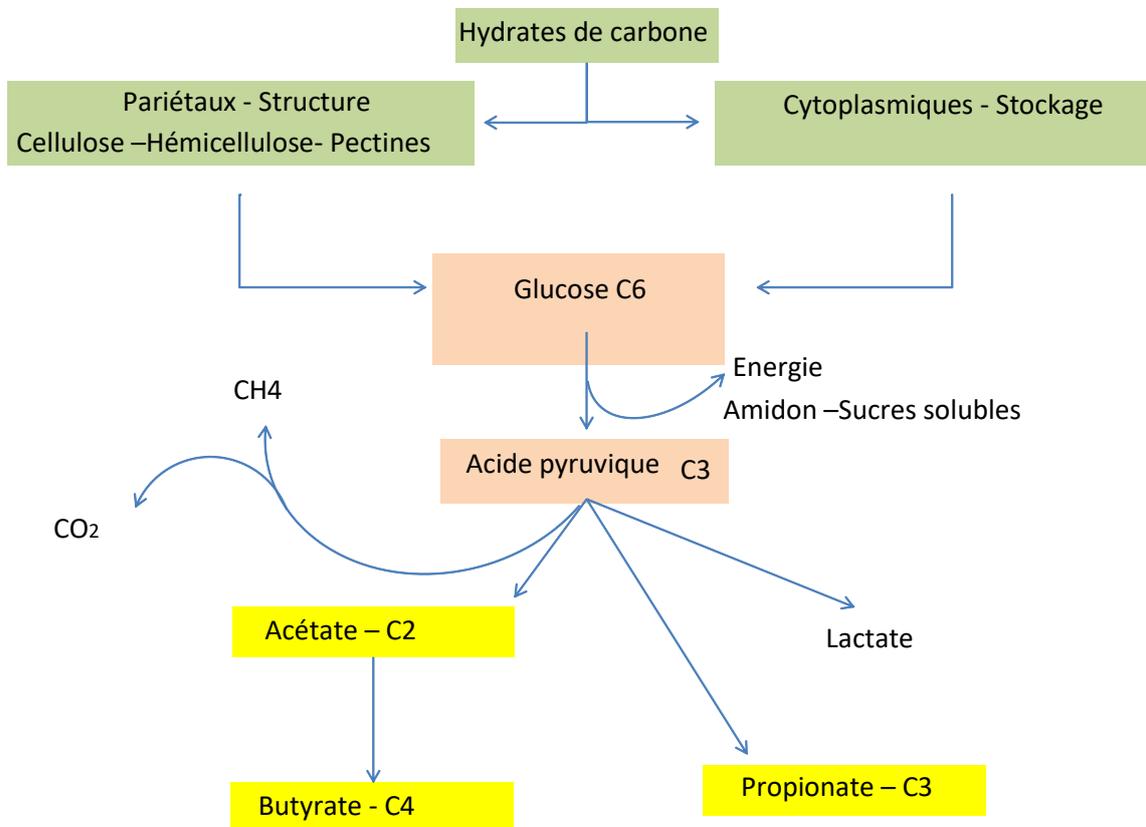


Figure 4 – Production d’acétate, de propionate et de butyrate lors de la digestion des hydrates de carbone.

L’hydrogène produit est converti en **méthane (CH<sub>4</sub>)** par la flore microbienne du rumen.

La flore ruménale est composée de protozoaires, bactéries, levures et champignons. Toutes ces espèces jouent un rôle complémentaire dans la digestion des aliments.

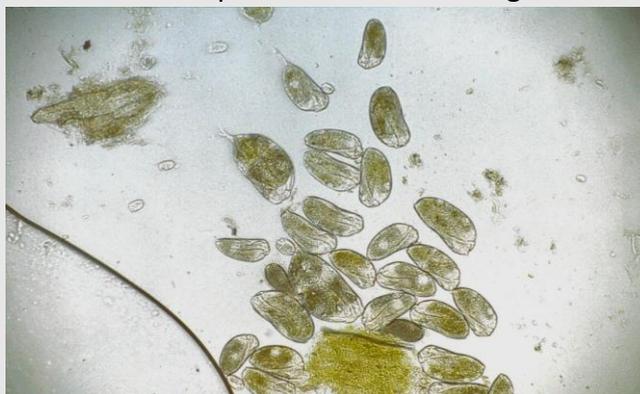


Figure 5 - Flore ruménale.

La production de méthane limite l'efficacité de la ration car elle génère **une perte d'énergie de 2 à 12%** (Martin et al., 2010).

La diminution de la production de méthane permet d'augmenter l'efficacité alimentaire.

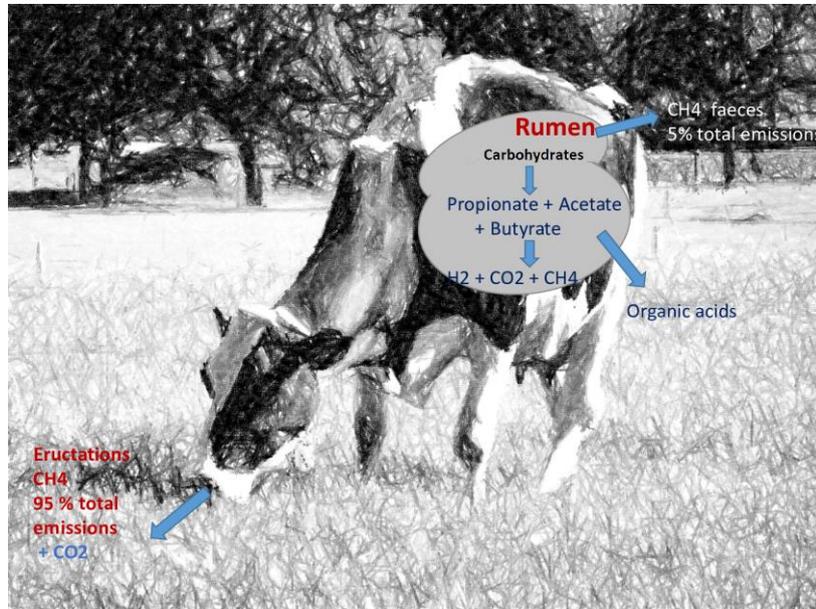


Figure 6 – Processus de digestion dans le rumen.

## Impact des pratiques alimentaires sur la production de méthane

Les proportions relatives d'acétate, butyrate et propionate sont liées à la composition de la ration alimentaire.

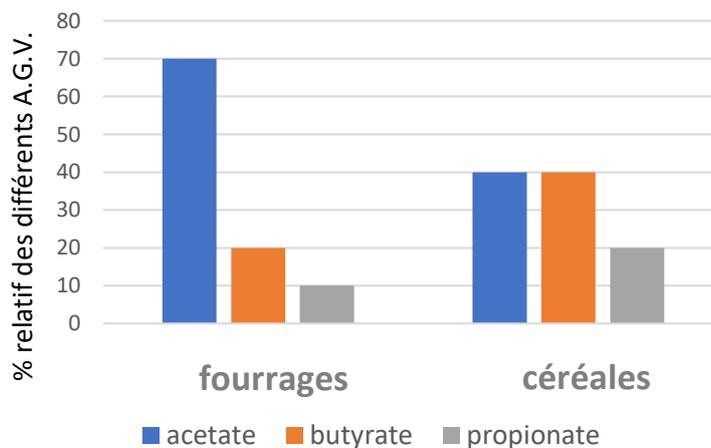


Figure 7 – Proportion des différents acides gras volatils en relation avec la composition de la ration

Une ration riche en **céréales** produit

- moins d'acétate et de butyrate
- plus de propionate
- moins de méthane

Une ration riche en **fourrages** produit

- plus d'acétate et de butyrate
- moins de propionate
- **plus de méthane**

## Comment diminuer les émissions de méthane en adaptant les stratégies alimentaires ?

- Augmenter le ratio concentrés/fibres
- Renforcer la digestibilité des rations et ainsi réduire le temps de rétention dans le rumen
- Utiliser des additifs et des composés végétaux pour modifier la flore microbienne du rumen
- Utiliser des sources d'énergie alternatives aux hydrates de carbone comme, par exemple, les lipides

Il est nécessaire de trouver un équilibre entre **productivité, bien-être animal et coûts alimentaires**.

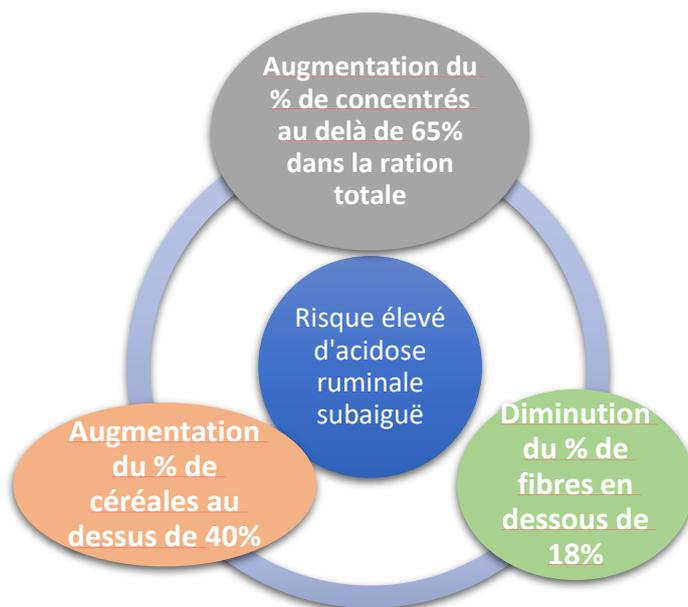


Figure 8 - Facteurs favorisant la présence d'acidose ruménale subaiguë.

## Impact sur le bien-être animal

Certaines pratiques peuvent nuire à la santé des vaches : une densité énergétique élevée de la ration alimentaire (par exemple, un ratio concentré/fibres élevé) peut provoquer une libération rapide d'AGV et de lactate dans le rumen. La conséquence en est une baisse du pH du rumen qui, si elle est prolongée, induit de l'acidose ruménale subaiguë, comme le montre la Figure 8 (Plaizier et al., 2008).

La baisse du pH ruminal peut modifier la flore ruménale avec disparition des protozoaires et de certaines espèces de bactéries.

## Impact sur la productivité

Le taux de matières grasses du lait peut être diminué lors de la distribution de rations riches en amidon, avec un impact sur le prix de vente du lait.

L'acidose ruménale subaiguë conduit à une chute de la production laitière (Kleen et al., 2003).

## Impact sur les coûts alimentaires

Certains processus de production d'aliments, comme l'extrusion, engendrent une consommation supplémentaire d'énergie, ce qui entraîne une augmentation du prix de vente. Les recommandations en matière d'alimentation doivent prendre en compte cet impact potentiel sur les coûts alimentaires.

# Stratégies alimentaires les plus efficaces testées durant le projet LIFE Dairyclim

Les aliments testés étaient distribués via le distributeur automatique de concentrés (DAC) ou ajoutés à la ration déjà préparée.

Ces concentrés complétaient une ration totale mélangée similaire à celle couramment donnée aux vaches de Wallonie et du Luxembourg.



Ration donnée à la vache.

La ration totale mélangée proposée était principalement composée d'ensilages de maïs, d'herbe et complétée de sous-produits qui différaient suivant les essais.

## Pendant le projet LIFE Dairyclim, nous avons testé

- des concentrés riches en amidon
- des concentrés riches en lipides
- un haut ratio de concentrés/fourrages
- l'inclusion d'huile dans la ration
- l'introduction d'un pourcentage croissant d'herbe pâturée

## Comment étaient organisés les essais ?

Pour estimer l'effet sur les émissions de méthane des concentrés de différentes compositions à tester, 2 groupes étaient formés :

**Groupe 1 : Concentré Témoin**

**Groupe 2 : Concentré à tester**

Les 2 groupes étaient comparables en termes de **stade de lactation** et de **production laitière** enregistrée avant le début des mesures.

Les concentrés testés étaient toujours fournis comme supplément de la ration totale mélangée.

## Quelles mesures étaient planifiées pour évaluer les différents impacts des meilleures stratégies alimentaires?

- **Environnementales:** émissions de méthane et empreinte carbone
- **Zootechniques:** production et composition du lait produit
- **Economiques:** estimation des coûts alimentaires

Une analyse statistique a été réalisée pour **mettre en évidence** les **différences** entre les **groupes**.

Les émissions de méthane sont mesurées selon 2 méthodes

La première méthode mesure directement le méthane émis lors de la respiration des animaux. Quand la vache vient manger dans le distributeur automatique de concentrés, elle est reconnue par sa boucle auriculaire. Pendant qu'elle mange, les émissions de méthane sont mesurées dans sa respiration toutes les 3 secondes.



La seconde méthode est basée sur la composition du lait. Une équation permet de d'estimer la quantité de méthane dans les échantillons de lait (Vanlierde et al., 2016).



## Le potentiel de mitigation de l'amidon dépend de différents facteurs

- La **digestibilité** de l'amidon peut être améliorée par différents processus tels que le broyage, la moulure, le floconnage : ces processus augmentent la disponibilité de l'amidon et donc la vitesse de fermentation.
- Une partie substantielle de l'amidon est digérée dans l'intestin grêle, et donc diminue la formation de méthane dans le rumen. D'un autre côté, il est probable que l'amidon non digéré se retrouve dans les matières fécales, s'ajoutant aux émissions de GES provenant du fumier et du lisier.
- Le taux de fermentation (%/h) dépend du type de céréales : le blé est dégradé 3,7 fois plus vite que le maïs et 2,7 fois plus vite que l'orge (Hererra et al., 1990).

La composition en céréales du concentré distribué était un mix de plusieurs espèces:

Blé, maïs, orge et triticale



Blé



Orge



Maïs

*Figure 9 - Différents céréales habituellement données aux vaches.*

## Concentrés riches en amidon

Les concentrés riches en amidon ont été distribués en supplément à la ration totale mélangée. Les quantités étaient ajustées en fonction des besoins de chaque vache.

La teneur (%) en amidon dans la ration était en moyenne de **13,8 %**.

La quantité moyenne de concentré distribuée aux vaches était de **4,5 kg/jour**.

L'augmentation de la teneur en amidon était présumée

- augmenter la proportion de propionate dans le rumen (Knapp et al., 2014).
- améliorer la fermentation ruménale et limiter ainsi le temps de rétention dans le rumen (Hatew et al., 2015).

### Résultats du premier essai:

#### **Concentrés riches en amidon**

Aucune différence significative n'a été observée au niveau des émissions de méthane par vache par jour.

Ce manque d'effet pourrait être dû à un trop faible pourcentage d'amidon dans la ration de la vache ou à une consommation de concentrés plus faible qu'attendue.

Etant donné que la production laitière n'était pas optimale dans le groupe test, les émissions de méthane par kg de lait sont plus hautes dans ce groupe que dans le témoin.

### En conclusion de cet essai:

Cet essai n'a pas montré l'effet attendu sur les émissions de méthane.

## Concentrés riches en graisse

Des concentrés riches en graisse ont été distribués en supplément de la ration totale mélangée.

La teneur (%) en graisse dans la ration était de **4,4%** en moyenne.

La ration témoin contenait de **3%** à **3,6%** en fonction de la quantité de concentré distribuée aux vaches. Cette quantité était en moyenne de **5 kg/vache/jour**.

### L'augmentation de la teneur en graisse était présumée:

- modifier le type de fermentations ruménales en changeant la flore, les lipides étant principalement digérés dans l'intestin
- augmenter l'apport en énergie
- apporter des acides polyinsaturés qui peuvent capter l'H<sub>2</sub> produit lors des fermentations (Beauchemin et al., 2008).

Différentes compositions ont été testées avec de l'inclusion de graines de lin extrudées et de colza.

L'**extrusion** est un traitement thermo-physique de la graine de lin menant à la libération des composants de l'huile sans d'autres dommages aux propriétés nutritionnelles. Le but est aussi d'inactiver les composants antinutritionnels.

## Résultats des essais

### Concentrés riches en graisse

*Première source de graisse: colza*

Graisse dans la ration testée : 4,7%

Le % de graisse était de 3,4% pour la ration témoin. Ce pourcentage a été augmenté de 38% dans la ration testée. Aucune différence dans la consommation de concentré entre le concentré riche en colza et le contrôle n'a été notée.

La production laitière a eu tendance à augmenter de 1,5kg (+ 4,3% ± 2%) avec le colza.

Les émissions de méthane par vache par jour ont diminué (ns).

Les émissions de méthane par kg de lait<sup>1</sup> ont également diminué de 7,1%) (± 2,8) (sig).

### En conclusion de cet essai:

- Le colza a induit une diminution significative des émissions de méthane par kg de lait mais pas par vache/jour

### Concentrés riches en graisse

*Deuxième source de graisse: Graines de lin extrudées (ELS)*

11% de graines de lin dans le concentré

Graisse dans la ration testée : **4%**

Le % de graisse dans la ration était de **3,1%** pour le groupe contrôle. La concentration en graisse de la ration test a donc été augmentée de **29%**.

La consommation de concentré a légèrement diminué (4%) avec ELS.

La production laitière a augmenté de 1,1kg (+3,6 ± 4,1%) avec ELS (ns).

La quantité de méthane /kg de lait a diminué légèrement (ns).

### En conclusion de cet essai :

- La supplémentation avec un concentré à 11% d'ELS a diminué les émissions de méthane mais non significativement.
- Nous avons donc décidé d'augmenter le % de graisse dans la ration.

---

<sup>1</sup> Nous avons choisi par souci de cohérence d'exprimer les résultats d'émissions de méthane en g/vache par jour et en g/kg de lait produit.

## **Concentrés riches en graisse**

*Deuxième source de graisse : Graines de lin extrudées (ELS)*

15% de graines de lin dans le concentré

Graisse dans la ration testée : **4,8%**

Le % de graisse dans la ration était de **3,6%** pour le groupe contrôle. La concentration en graisse de la ration test a donc été augmentée de **33%**.

La consommation de concentré a diminué (8%) avec ELS.

La production laitière a augmenté de 2,2kg (+ 6,4 ± 1,5%) (sig).

Les émissions de méthane par vache par jour ont diminué de 4,7% ± 0,8 % (sig).

La quantité de méthane/kg de lait a diminué de 11,6% ± 1,4 % (sig).

En conclusion de cet essai :

- Avec l'ELS 15%, les émissions de méthane ont diminué de manière très significative.

## Concentrés riches en graisse: quelques conclusions

L'introduction d'une grande quantité de graisse dans la ration des vaches peut être efficace pour réduire les émissions de méthane par vache par jour et par kg de lait. La diminution maximale observée a atteint 13% avec le concentré riche en lin extrudé (15%).

L'efficacité de cette stratégie dépend des certains facteurs :

- **Le pourcentage de graisse extrudée dans la ration:**

Dans les essais réalisés durant le projet, aucune diminution des émissions de méthane n'a été observée en-dessous d'un apport de 4% en graisse dans la ration.

- **La source de graisse utilisée :**

Pour réduire les émissions de méthane, les graines de lin extrudées ont été plus efficaces que le colza. Le lin contient des acides gras polyinsaturés (PUFA) tandis que le colza est riche en acides gras monoinsaturés (MUFA)<sup>2</sup>.

Plus la quantité d'acides gras polyinsaturés est importante, plus la capacité capter le H<sub>2</sub> est importante (Dijkstra et al., 2011).

- **La composition de la ration totale mélangée :**

---

<sup>2</sup> Un concentré ELS (13,4%) a été testé. Il contenait des graines de lin extrudées ainsi que du tournesol. Moins d'impact sur les émissions de méthane a été mesuré. L'hypothèse posée pour l'expliquer était la différence de profil en acides gras polyinsaturés.

L'effet de l'inclusion de graisse dépend de la composition en fourrages de la ration totale mélangée: les effets observés sont différents avec une ration riche en ensilage de maïs ou en ensilage d'herbe, ainsi qu'avec les différents co-produits utilisés.

Les concentrés testés montrent des différences dans la composition en acides gras.

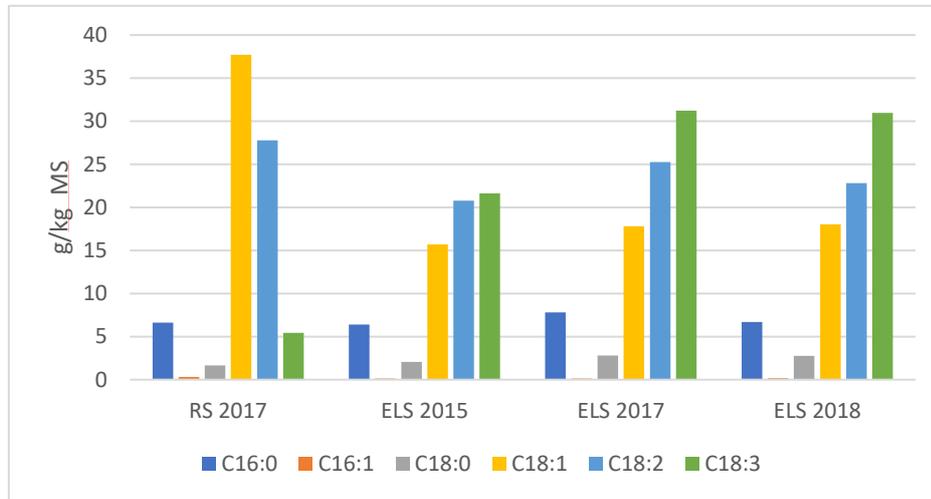


Figure 10 - Composition en acides gras des concentrés testés.

Abréviations : MS: matière sèche; RS: colza; ELS: lin extrudé ; C16:0: acide palmitique ; C18:0: acide stéarique ; C18:1: acide oléique ; C18:2: acide linoléique ; C18:3: acide linoléique

Le concentré riche en colza a une concentration de C18:1 (acide oléique) presque doublée en colza par rapport au lin extrudé.

En fonction de la composition du concentré riche en graines de lin extrudées, l'apport en acide linoléique (C18: 3) a varié avec un maximum de 25,3 g / kg de MS atteint en 2017.

# Inclusion d'huile de lin dans la ration des vaches

- Pour investiguer les effets de l'inclusion d'huile pure, nous avons ajouté progressivement de l'huile de lin dans la ration des vaches.
- L'inclusion de graisse a augmenté progressivement de 2,8 à 4% et 4,5%.

## Résultats de l'essai avec l'inclusion d'huile de lin

### Comparaison de deux différents pourcentages

Le pourcentage initial de graisse dans la ration témoin était de **2,8%**. Le niveau de graisse a augmenté de **42%** et **61%** pour les rations contenant respectivement **4%** et **4,5%** d'huile.

Aucune différence dans la consommation de concentrés n'a été observée entre le groupe témoin et celui recevant l'huile de lin **4%**. Par contre, l'ingestion a été plus importante dans le groupe recevant **4,5%** d'huile.

L'inclusion d'huile dans la ration des animaux n'a pas affecté la production laitière.

Les émissions de méthane /vache/jour ont diminué respectivement de 11 et 21% pour des inclusions d'huile de 4 et 4,5%.

La quantité de méthane par kg de lait a diminué de 21% pour l'huile 4,5%.

### En conclusion de cet essai :

- L'inclusion d'huile dans la ration des vaches a eu un effet très prononcé sur la diminution des émissions de méthane par vache et par jour, spécialement avec 4,5% d'huile.

# Résumé des essais menés à l'étable

Pourcentage de différences en émissions de méthane entre les concentrés témoins (100%) et les concentrés testés

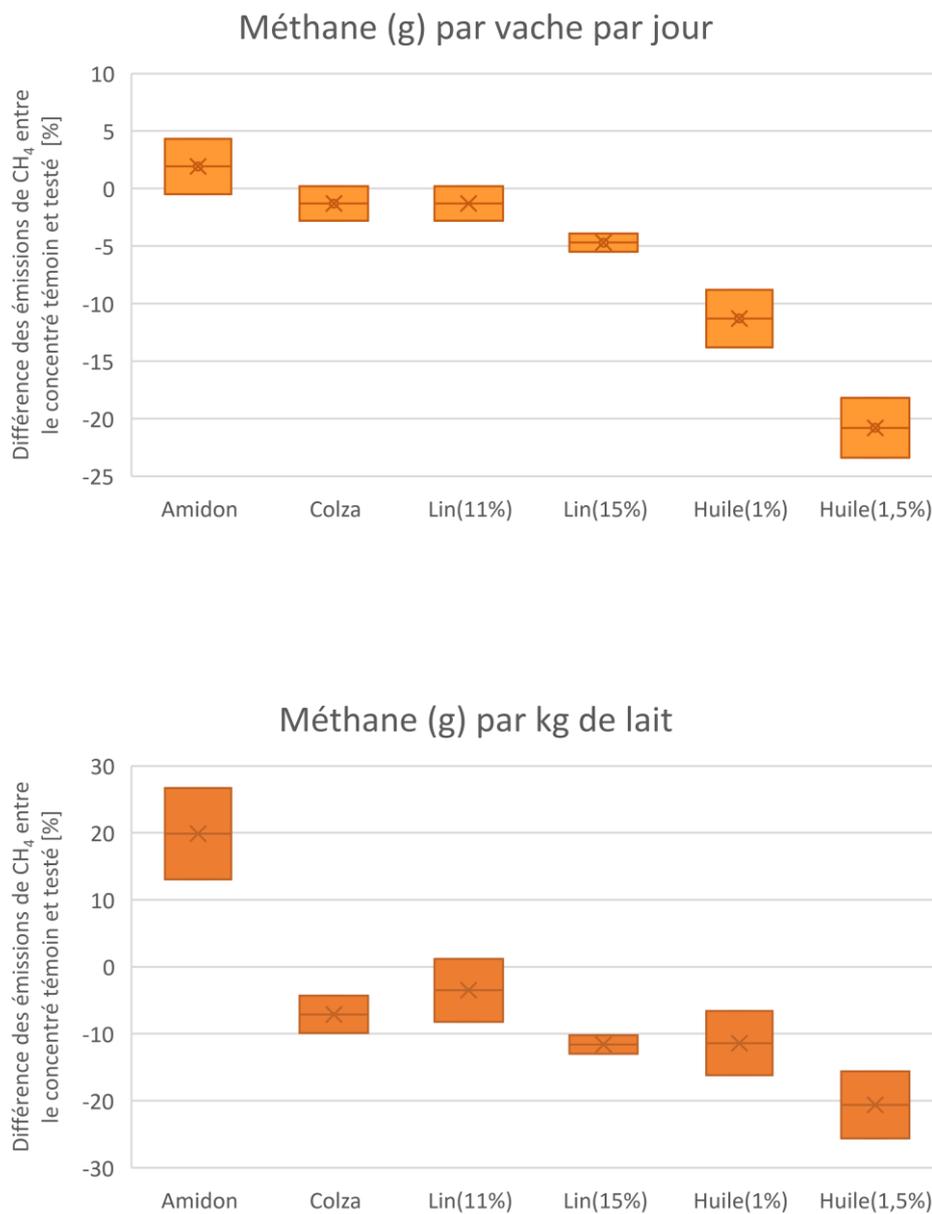


Figure 11 – Pourcentage de différence des émissions de méthane/vache.jour et /kg de lait entre les concentrés témoin et testés.

## Augmentation du ratio concentré/fourrages

- Les fermes intensives prennent parfois la décision de garder les vaches à l'étable et de leur donner des rations à base de concentré de composition constante.
- Pour évaluer l'effet de cette stratégie, nous avons divisé le troupeau en 2 groupes comparables : un recevant une ration sèche composée de 70% de concentrés et l'autre recevant 83% de fourrage comme herbe pâturée, le reste étant des concentrés distribués au DAC.

### Résultats de l'essai

#### Augmentation du ratio concentré/fourrage

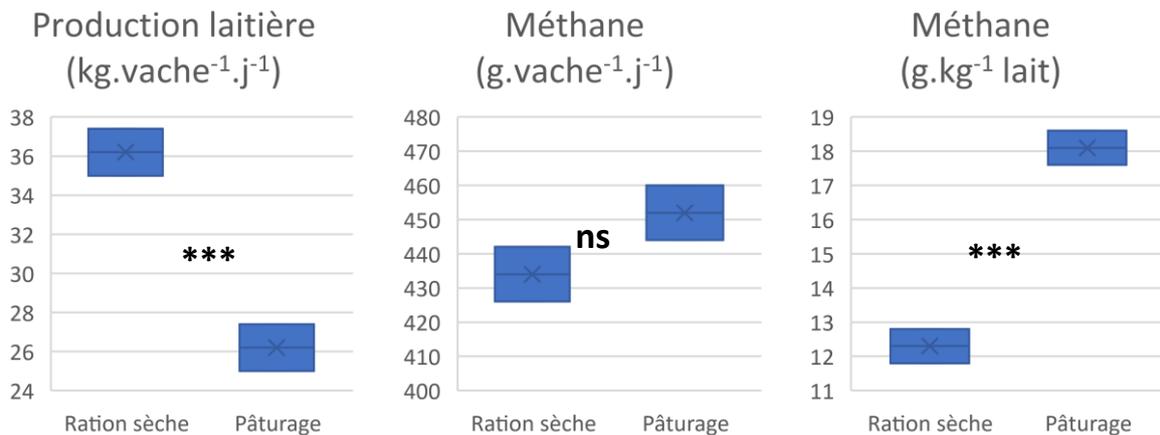


Figure 12 – Résultats des essais comparant la ration composée de concentrés (ration sèche) et celle à base d'herbe pâturée. Les résultats sont exprimés en % de différence observée. ns: résultats non statistiquement différents - \*: résultats significativement différents

Le taux de matière grasse du lait produit avec la ration sèche était significativement plus bas (3,03% vs 3,52% pour la ration à base d'herbe pâturée) avec un impact sur la composition du lait.

#### En conclusion de cet essai :

- Les vaches qui recevaient plus de concentrés ont eu une production laitière plus élevée (+ 40%). Cependant, le taux de matière grasse de leur lait a été très faible.
- Aucune différence en méthane par vache par jour n'a été observée alors qu'une diminution importante (- 32%) des émissions de méthane par kg de lait a été notée en faveur de la ration sèche.

# Comparaison de 3 rations avec une augmentation du pourcentage d'herbe pâturée

Le troupeau a été divisé en 3 groupes recevant 0, 50 et 100% d'herbe pâturée. Pour les groupes 0 et 50%, la ration a été complétée par une ration partielle mélangée à base de différents ensilages (maïs, herbe, luzerne, pulpes de betterave), d'orge et de concentrés.



## Résultats de l'essai

Comparaison de 3 différents pourcentages d'herbe pâturée

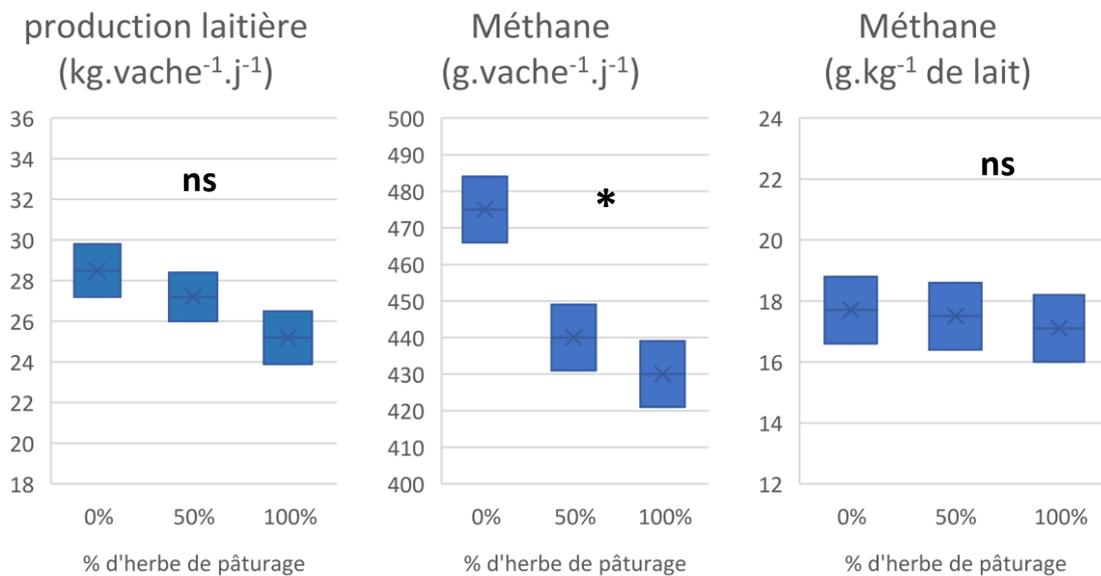


Figure 13 - Résultats de l'essai comparant les rations avec une augmentation d'herbe. ns: résultats non statistiquement différents - \*: résultats significativement différents

En conclusion de cet essai:

- La production laitière a été plus basse dans le groupe 100% mais ce résultat n'était significatif.
- Une diminution de 9% des émissions de méthane /vache/jour a été observée dans le groupe 100% comparé au groupe 0%.
- Les émissions de méthane / kg lait n'ont pas été significativement différentes.

## Impact économique: calcul des coûts alimentaires de production

- Les coûts alimentaires représentent une large part des coûts de production dans la comptabilité d'une ferme laitière.
- Ils ont donc été calculés pour évaluer l'impact des stratégies alimentaires testées.
- Pour cela, nous avons utilisé les données comptables pour le prix des aliments achetés. Le coût de production des fourrages a été évalué suivant l'estimation fournie par Fourrages Mieux servant de base officielle à l'indemnisation des dommages causés par la faune sauvage.
- Les coûts d'alimentation ont été calculés par vache par jour mais également par kg de lait produit.

### Coûts alimentaires des différents tests

- Les coûts alimentaires par vache par jour ont été augmentés lors de l'utilisation de concentrés riches en graisse, en colza ou en graines de lin extrudées.
- En tenant compte de la production laitière, la différence a été réduite à un maximum de 0,4 € / 100 kg de lait produit lors de l'utilisation de graines de lin extrudées.

La Figure 14 montre la différence en % des coûts alimentaires entre l'aliment testé et le témoin. Ces valeurs ont été calculées par vache et par jour et par 100 kg de lait.

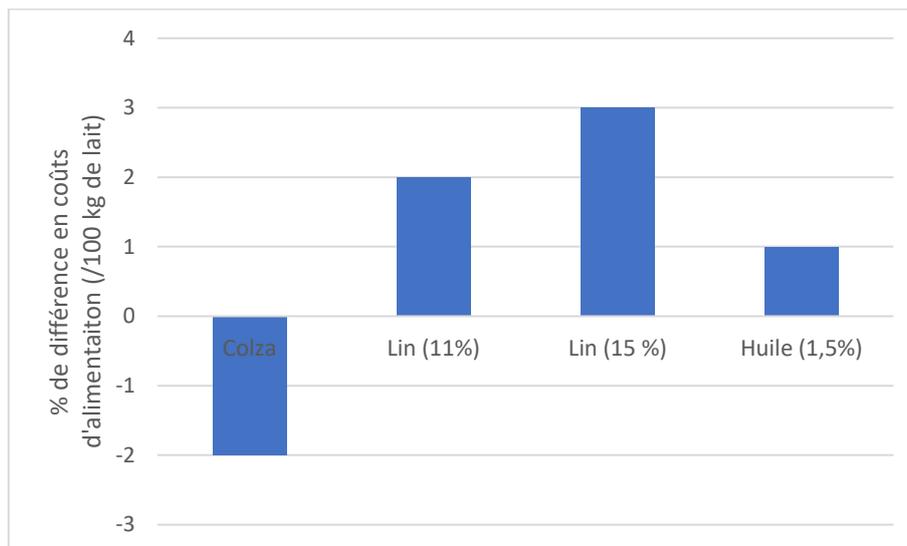
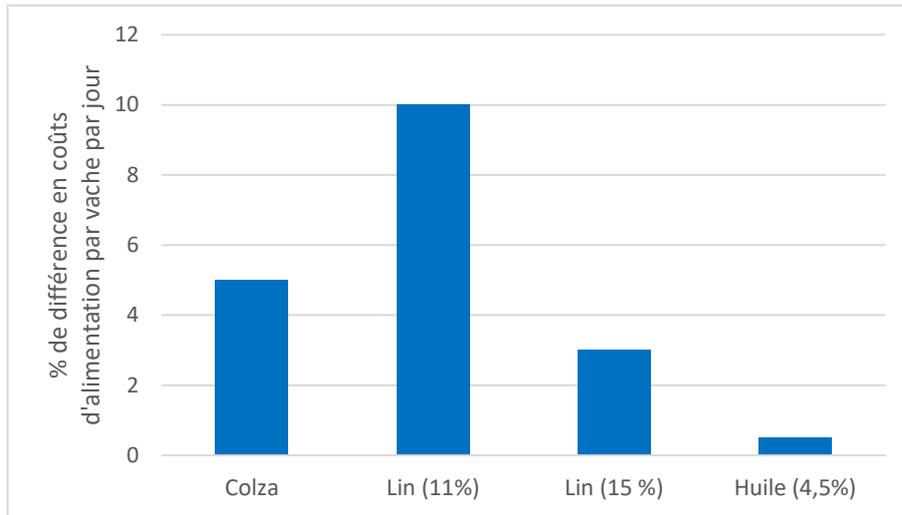


Figure 14 - Différences de coûts alimentaires entre les animaux testés et les témoins par vache par jour et par 100 kg de lait.

## Coûts alimentaires des rations incluant l'herbe pâturée.

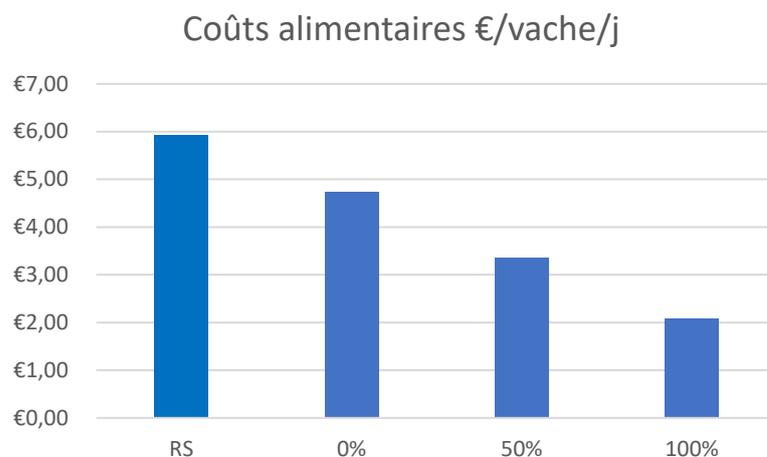


Figure 15 - Comparaison des coûts d'alimentation par vache et par jour au pâturage. (RS : ration sèche – 0% - 50% et 100% : % d'herbe pâturée dans la ration).

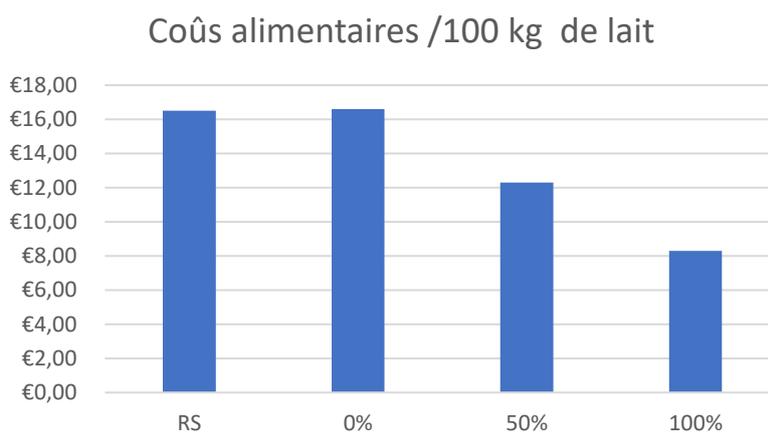


Figure 16 - Comparaison des coûts alimentaires par 100 kg de lait au pâturage.

Les coûts alimentaires au pâturage ont diminué par vache et par jour ainsi que par 100 kg de lait produit.

Même avec la production laitière plus élevée observée avec la ration sèche, les coûts alimentaires restent plus élevés qu'avec une ration à base de 100% d'herbe pâturée.

# Impact environnemental

- Outre les émissions de méthane déterminées lors des essais, l'empreinte carbone des différentes pratiques alimentaires a été estimée.
- En effet, nous voulions nous assurer que l'effet positif sur les émissions de méthane ne serait pas contrebalancé par un effet négatif sur les autres émissions de GES.
- Nous avons donc estimé l'impact environnemental global à l'aide de la méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV)

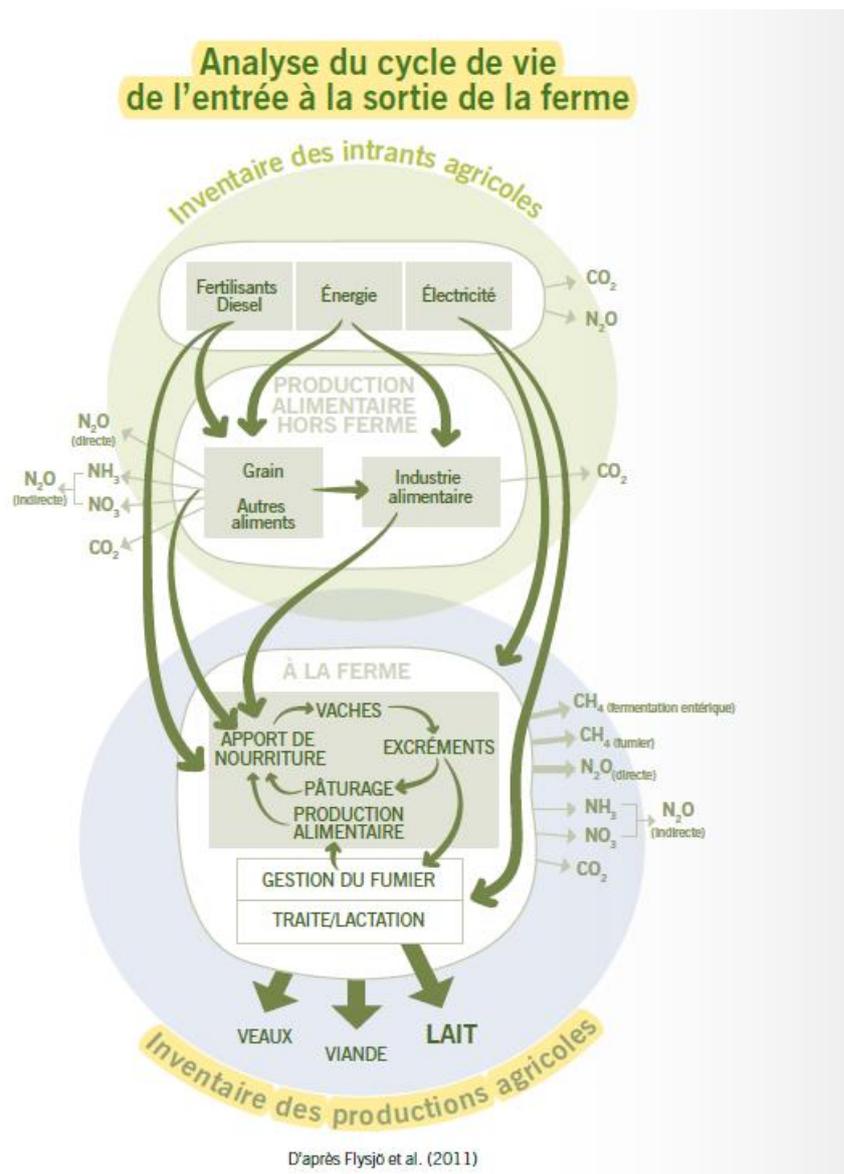


Figure 17 - Inventaire des intrants et extrants pris en considération pour l'analyse du cycle de vie au niveau de la ferme basé sur Flysjö et al. 2011.

L'approche ACV est basée sur l'inventaire de tous les intrants et extrants de la ferme (Flysjö et al., 2011).

Les **intrants** sont les émissions liées à la production d'aliments achetés ou produits sur site.

Les **extrants** sont les émissions liées à la production de la ferme: veaux, lait et viande.

L'impact environnemental peut être exprimé par ha, par kg de lait ou par animal.

L'analyse ACV montre la complexité de l'évaluation de l'impact environnemental. Ainsi un aliment qui a un impact positif sur les émissions entériques de méthane peut avoir un impact négatif sur les émissions provenant du fumier et du lisier. Utiliser l'analyse ACV permet une revue complète de tous ces impacts.

En utilisant la méthodologie ACV, les émissions liées à la production d'aliment, les émissions de méthane (entérique + excréments), les manipulations du fumier et lisier ont été additionnées pour chacun des essais.

Comparé au contrôle, la ration incluant les concentrés testés a montré la plupart du temps une légère augmentation de l'impact total<sup>3</sup>.

Un facteur d'émission a été attribué à chaque composant alimentaire de la ration testée. Cette valeur a été pondérée sur base des quantités délivrées. Enfin, toutes les valeurs ont été additionnées pour calculer l'impact climatique de la ration testée.

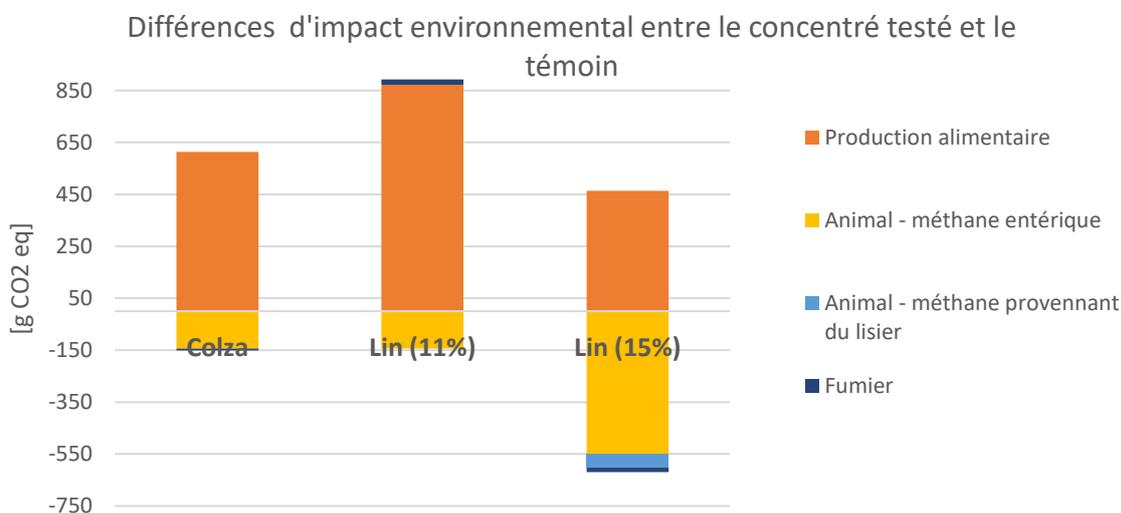


Figure 18 - Différences d'impact sur l'environnement entre le concentré testé et le témoin.

Des différences de productions laitières sont apparues au cours des essais. Il nous a donc semblé opportun de rapporter l'impact climatique au kg de lait produit.

<sup>3</sup> Par contre, l'impact lié au stockage de C par le sol n'a pas été comptabilisé.

L'impact environnemental total a été divisé par la production laitière. Celui-ci a été calculé par kg de lait standardisé<sup>4</sup>

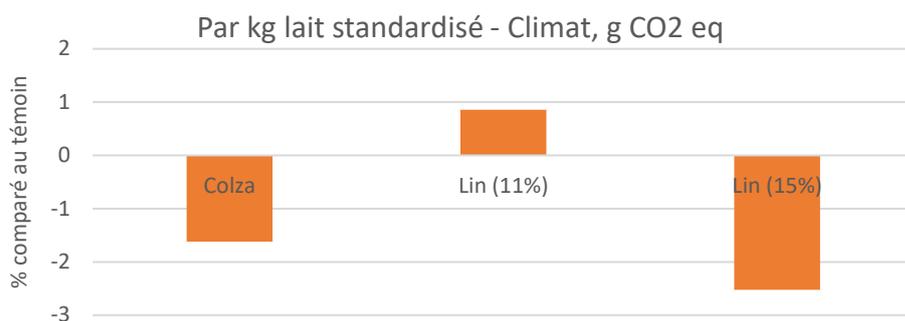


Figure 19 - Comparaison de l'impact sur le climat des différentes rations offertes à l'étable rapportée par kg de lait à énergie corrigée produite. CO<sub>2</sub>eq: émissions rapportées par CO<sub>2</sub> équivalent)

En utilisant cette méthodologie, les impacts climatiques de la ration témoin et testée sont devenus très proches.

## Inclusion d'herbe de pâturage

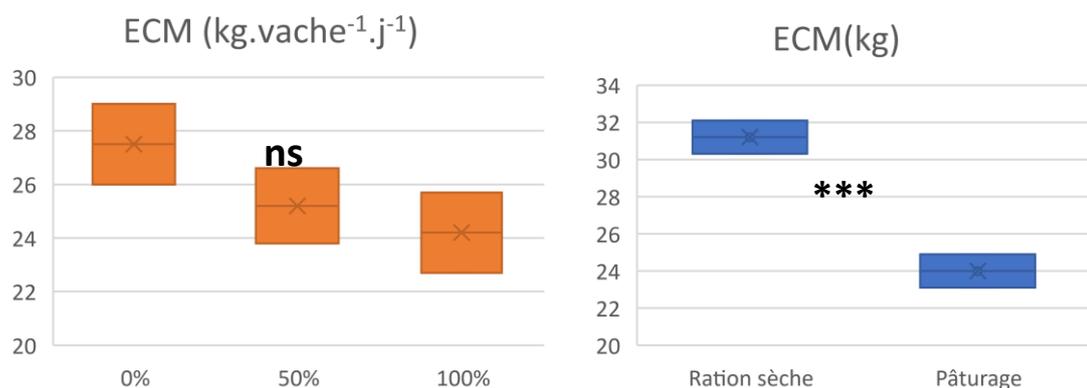


Figure 20 - Comparaison de l'impact climatique des différentes rations distribuées à l'étable rapporté au kg de lait standardisé (ECM).

L'impact climatique de la ration sèche a été comparé avec celui du groupe 100% d'herbe avec la même méthode.

L'impact climatique total était plus bas pour le groupe 100% mais lorsqu'il a été exprimé en kg lait standardisé produit, l'impact climatique du groupe pâturant (eq CO<sub>2</sub>) a augmenté, la production laitière étant plus basse.

Lorsqu'il est exprimé par hectare, la ration à base d'herbe a montré de nouveau un impact environnemental plus bas.

<sup>4</sup> Lait standardisé, c'est à dire, la production laitière rapportée à un lait standard comprenant 4% de matière grasse et 3.2% de protéines.

Ces résultats soulignent l'importance des unités de mesures à utiliser pour la présentation des résultats.

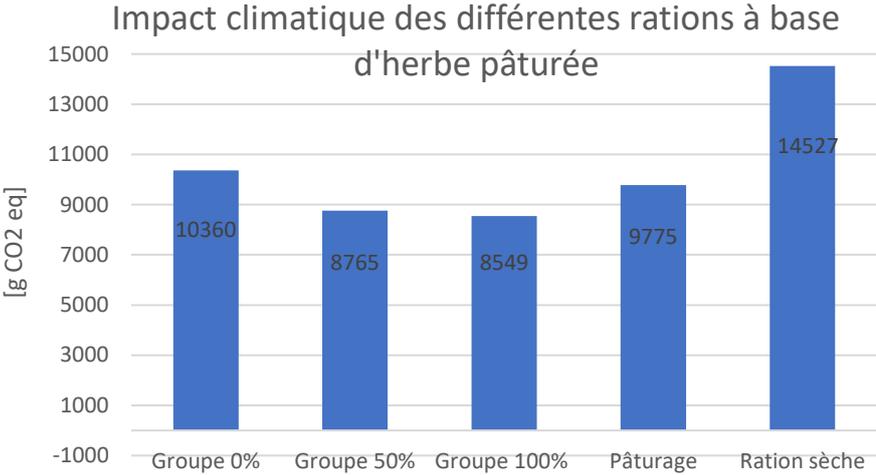


Figure 21 - Comparaison de l'impact sur le climat des différentes rations à base d'herbe pâturée, total, par kg de lait standardisé et par ha. Abréviations: CO<sub>2</sub>eq: émissions rapportées par équivalent CO<sub>2</sub>.

## Les stratégies d'alimentation encore à étudier

Quelques stratégies suggérées par la littérature (Beauchemin et al., 2008; Hristov et al., 2013; Martin et al., 2010) n'ont pas été investiguées pendant la durée du projet.

- L'utilisation de fourrages de haute qualité et bien conservé (Gerber et al., 2013).
- L'augmentation du ratio ensilage de maïs/ensilage d'herbe
- L'introduction d'ensilage de céréales immatures
- L'utilisation de saponines - tanins
- L'utilisation de levures

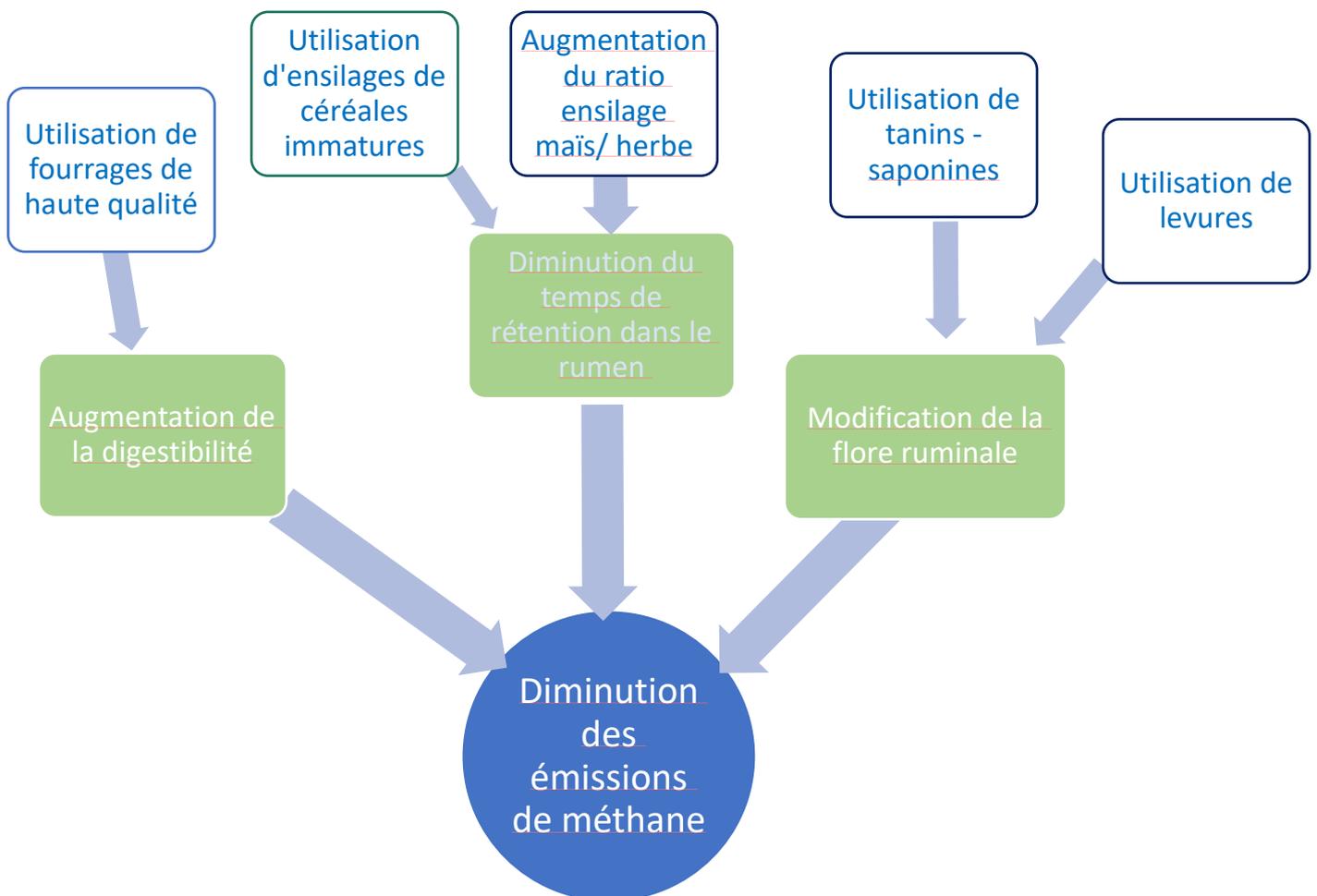


Figure 22 – Autres stratégies alimentaires décrites dans la littérature et leur mode d'action.

## Recommandations

- L'inclusion de matières grasses dans l'alimentation des vaches est utile pour réduire les émissions de méthane par animal par jour ou par kg de lait sans impact global significatif sur l'environnement.
- **La graine de lin extrudée est plus efficace que la graine de colza et est donc préférable.**
- Pour être efficace, le pourcentage de graisse doit être supérieur à 4%, ce qui correspond à 4,3 kg / vache / j de concentré riche en graines de lin extrudées (15%).
- Il peut être distribué aux vaches en début de lactation.
- Certains coûts supplémentaires sont liés à l'utilisation de ce type de concentré, mais ils sont limités (+ 3%) lorsqu'ils sont exprimés par kg de lait et pourraient, à l'avenir, être compensés par les primes versées pour un lait durable.
- L'introduction d'herbe pâturée a entraîné une diminution sensible des coûts alimentaires.
- L'impact climatique exprimé par ha était également favorable à des rations comprenant un pourcentage élevé d'herbe pâturée.

## En conclusion



- L'atténuation des émissions de méthane est possible par la mise en place de stratégies alimentaires adaptées.
- Il faut garder à l'esprit que l'effet bénéfique sur les émissions de méthane peut être lié à des effets délétères en termes d'impact climatique global, de performances zootechniques et économiques.
- Il est donc essentiel d'avoir une vue globale sur tous les impacts potentiels des stratégies proposées.

## Abréviations

ACV	Analyse en cycle de vie
AG	Acides gras
AGV	Acides gras volatils
CH <sub>4</sub>	Méthane
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
C16:0	Acide palmitique
C18:0	Acide stéarique
C18:1	Acide oléique
C18:2	Acide linoléique
C18:3	Acide linoléique
DAC	distributeur automatique de concentrés
ECM	Energy Corrected Milk = lait standardisé
ELS	Lin extrudé – graines de lin extrudées
eqCO <sub>2</sub>	équivalent CO <sub>2</sub>
GES	Gaz à effet de serre
H <sub>2</sub>	Hydrogène
j	jour
MS	Matière sèche
MUFA	Acides gras mono-insaturés
ns	non significatif
PRG	Potentiel de réchauffement global
PUFA	Acide gras poly-insaturés
RS	Colza
SE	Erreur standard
Sig	Signification statistique

## Références

- Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., & Mc Allister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement : *Australian Journal of Experimental Agriculture*, (48), 21–27.
- Dijkstra, J., van Zijderveld, S. M., Apajalahti, J. A., Bannink, A., Gerrits, W. J. J., Newbold, J. R., ... Berends, H. (2011). Relationships between methane production and milk fatty acid profiles in dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167, 590–595. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.042>
- Gerber, P. J., Hristov, A. N., Henderson, B., Makkar, H., Oh, J., Lee, C., ... Oosting, S. (2013). Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal : An International Journal of Animal Bioscience*, 7 Suppl 2(2013), 220–234. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000876>
- Hatew, B., Podesta, S. C., Van Laar, H., Pellikaan, W. F., Ellis, J. L., Dijkstra, J., & Bannink, A. (2015). Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy Vaches. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 486–499. <https://doi.org/10.3168/JDS.2014-8427>
- Herrera-Saldana, R. E., Huber, J. T., & Poore, M. H. (1990). Dry Matter, Crude Protein, and Starch Degradability of Five Cereal Grains. *Journal of Dairy Science*, 73(9), 2386–2393. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78922-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78922-9)
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., ... Tricarico, J. M. (2013). SPECIAL TOPICS — Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations : I . A review of enteric methane mitigation options 1. *Journal of Animal Science*, 91, 5045–5069. <https://doi.org/10.2527/jas2013-6583>
- IPCC (2019) IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terresessai Ecosystems
- Kleen, J. L., Hooijer, G. A., Rehage, J., & Noordhuizen, J. P. (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med*, 50(8), 406–414.
- Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3231–3261. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7234>
- Lessire, F., & Rollin, F. (2013). L'acidose subaigüe du rumen, une pathologie encore méconnue TT - Subacute ruminal acidosis: a still incompletely understood pathology. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 157, 82–98. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2268/169513>
- Martin, C., Morgavi, D. P., & Doreau, M. (2010). Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, 4(03), 351–365. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990620>
- Plaizier, J. C., Krause, D. O., Gozho, G. N., & McBride, B. W. (2008). Subacute ruminal acidosis in dairy Vaches: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.016>
- Tubiello, F. N., Salvatore, M., Ferrara, A. F., House, J., Federici, S., Rossi, S., ... Smith, P. (2015). The Contribution of Agriculture, Forestry and other Land Use activities to Global Warming, 1990–2012. *Global Change Biology*, 21(7), 2655–2660.
- Vanlierde A., Vanrobays. M. L., Gengler. N., Dardenne. P., Froidmont. E., Soyeurt. H., Dehareng. F. (2016). Milk mid-infrared spectra enable prediction of lactation-stage-dependent methane emissions of dairy cattle within routine population-scale milk recording schemes. *Animal Production Science*. 56(3). 258–264. <https://doi.org/10.1071/AN15590>