

# Stratégies basées sur l'alimentation pour réduire les émissions de méthane provenant de la production de lait et de viande

## CONTENU :

Stratégies d'alimentation pour réduire les émissions de méthane entérique

Utilisation d'additifs alimentaires inhibant le méthane

Résumé : opportunités et défis

## Introduction

L'agriculture européenne est responsable de 11 % des émissions directes de gaz à effet de serre (GES) [1]. Le méthane ( $\text{CH}_4$ ) issu de la fermentation entérique des bovins est la principale source d'émissions et représente 69 % des émissions de GES agricoles pour la seule année 2020 [2]. Le potentiel de réchauffement global (PRG100) du  $\text{CH}_4$  est environ 28 fois plus élevé que celui du  $\text{CO}_2$ , mais sa demi-vie dans l'atmosphère est plus courte et il se dégrade plus rapidement que le  $\text{CO}_2$  [3]. Le méthane se forme entre autres lors des processus de fermentation, en particulier des composants alimentaires riches en fibres dans la panse des ruminants (voir encadré "Formation du méthane chez les bovins"). D'autre part, c'est précisément ce processus de digestion qui confère aux ruminants leur position particulière dans la production alimentaire, car ils peuvent valoriser la biomasse non comestible pour les humains et la transformer en protéines de haute valeur (lait et viande) pour l'alimentation humaine. Ainsi, grâce à leur système digestif particulier, les ruminants ont le potentiel de ne pas induire de concurrence avec l'alimentation humaine, contrairement aux monogastriques. Avec une intensification de la production, qui s'accompagne souvent d'une augmentation de la part d'aliments concentrés (céréales et protéagineux) dans la ration, le principal avantage du système digestif des ruminants est fortement réduit et il ne reste plus que les inconvénients, c'est-à-dire les émissions de  $\text{CH}_4$ . Même si une augmentation de la proportion d'aliments concentrés entraîne une légère diminution des émissions de  $\text{CH}_4$ , les inconvénients d'un tel système sont nettement supérieurs à ses avantages. C'est pourquoi toutes les mesures d'alimentation proposées dans cette fiche se situent dans un cadre où le cycle du carbone est relativement fermé et où la concurrence avec l'alimentation humaine est faible.

La production de  $\text{CH}_4$  dans le tube digestif des ruminants est inévitable et nécessaire pour les processus de digestion spécialisés des composants fibreux végétaux. **Néanmoins, il est urgent de prendre des mesures efficaces pour réduire les émissions de  $\text{CH}_4$  entérique.** L'approche prioritaire pour réduire la production de  $\text{CH}_4$  dans la production de lait et de viande bovine consiste donc en des mesures basées sur l'alimentation. On peut faire la distinction entre les stratégies d'alimentation, par exemple l'utilisation de certains fourrages, la composition des rations et l'utilisation ciblée d'additifs alimentaires inhibant le  $\text{CH}_4$ . En principe, il faut toutefois garder à l'esprit qu'une alimentation réduisant le méthane n'a qu'un impact limité. Il est donc nécessaire de combiner différentes mesures au niveau de la ferme (gestion du troupeau et des engrais de ferme) pour réduire les émissions à l'échelle de l'exploitation et boucler le cycle du carbone ou du  $\text{CH}_4$  (fig. 1). Néanmoins, il est primordial de prendre des mesures avant et pendant l'alimentation, car le  $\text{CH}_4$  qui n'est pas produit n'aura pas besoin d'être réduit par la suite.

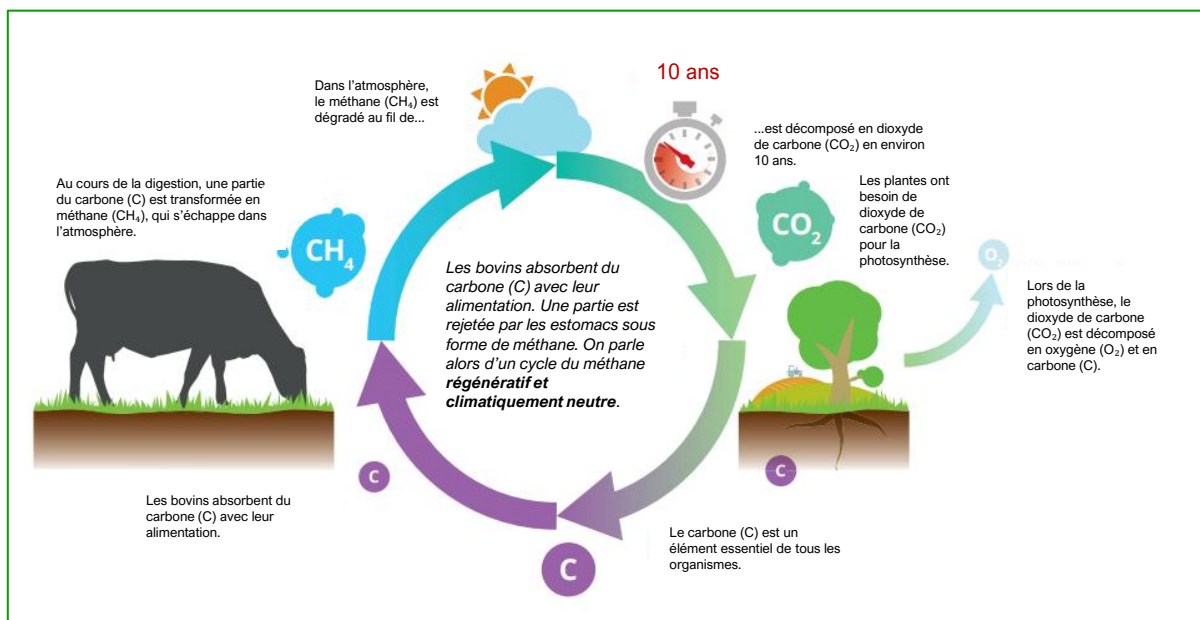


Figure 1 : Cycle de méthane régénératif dans l'alimentation des bovins [7].

L'objectif de cette fiche technique est de fournir une vue d'ensemble des connaissances sur le thème des stratégies d'alimentation réduisant le méthane, ce qui peut être utile dans les discussions dans ce domaine. Les bases essentielles de cette fiche technique sont, entre autres, les travaux de synthèse scientifiques d'Arndt et al. [4] (y compris la méta-analyse visant à quantifier le potentiel de réduction de différentes mesures), Beauchemin et al. [5] ainsi que Hegarty et al. [6] sur le thème des stratégies de réduction du  $\text{CH}_4$ , des mesures de promotion et des inhibiteurs de  $\text{CH}_4$  (substances qui réduisent la formation de  $\text{CH}_4$ ). D'autres mesures et stratégies visant à réduire les émissions de  $\text{CH}_4$  au niveau de l'exploitation et de la gestion sont décrites séparément dans la fiche technique "Stratégies de réduction du méthane dans l'élevage laitier".

## Formation du méthane chez les bovins

La majeure partie des hydrates des glucides (cellulose, hémicelluloses, amidon, fructanes, sucres et autres) est dégradée par voie microbienne dans le rumen (fermentation). Les produits finaux de cette dégradation microbienne sont des acides gras volatils (principalement l'acide acétique, l'acide propionique, l'acide butyrique) ainsi que les gaz dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et méthane ( $\text{CH}_4$ ).

Au cours de la dégradation microbienne des hydrates des glucides, de l'hydrogène ( $\text{H}_2$ ) est libéré. Pour éviter une accumulation excessive d'hydrogène dans le rumen, les archées méthanogènes utilisent l'excès de  $\text{H}_2$  et de  $\text{CO}_2$  pour produire du  $\text{CH}_4$  (méthanogenèse), assurant ainsi l'équilibre des conditions de fermentation dans le rumen [8].

Les acides gras volatils sont absorbés par la paroi du rumen, transportés vers les tissus correspondants et constituent la principale source d'énergie des ruminants. Les gaz formés sont éliminés avec l'éruclation. Ce faisant, l'animal perd également une part considérable d'énergie alimentaire via le  $\text{CH}_4$  (en moyenne entre 5 et 7 % de l'énergie brute ingérée) [8].

La proportion de produits de dégradation dans le rumen varie en fonction de la composition et du degré de transformation des hydrates des glucides dans l'alimentation. Le méthane se forme surtout lors de la dégradation des hydrates de glucides en acide acétique, car cette voie de dégradation libère davantage d'hydrogène. C'est surtout le cas pour les rations riches en cellulose ou en fibres brutes, tandis que les rations riches en amidon et en sucre (aliments concentrés à base de céréales) font pencher la balance en faveur de la formation d'acide propionique. Lors de la formation de l'acide propionique, de l'hydrogène est consommé, de sorte qu'il y a moins d'hydrogène disponible pour la formation de  $\text{CH}_4$  [9].

En outre, le niveau de l'ingestion, les teneurs en fibres et en matières grasses de la ration ainsi que la vitesse de passage des aliments influencent la formation de  $\text{CH}_4$  : plus le niveau d'ingestion augmente, plus la vitesse de passage augmente, ce qui entraîne simultanément une diminution de la production de  $\text{CH}_4$  par kg d'aliment ingéré [8, 10]. Cependant, la relation entre la consommation d'aliments et la production de  $\text{CH}_4$  n'est pas linéaire, et la réduction de la production de  $\text{CH}_4$  diminue lorsque l'ingestion augmente [8].

Les indicateurs importants pour l'évaluation des émissions de  $\text{CH}_4$  sont entre autres

- $\text{CH}_4$  absolu ( **$\text{CH}_4$  abs**) : g  $\text{CH}_4$  par animal et par jour
- Rendement  $\text{CH}_4$  ( **$\text{CH}_4$ E**) : g  $\text{CH}_4$  par kg de nourriture ingérée
- Intensité de  $\text{CH}_4$  ( **$\text{CH}_4$ I**) : g de  $\text{CH}_4$  par kg de lait corrigé en énergie (ECM ;  **$\text{CH}_4$ I<sub>M</sub>**) ou de viande ( **$\text{CH}_4$ I**)<sub>F</sub>

Le  $\text{CH}_4$ I prend de plus en plus d'importance et constitue le principal indicateur pour évaluer les émissions de  $\text{CH}_4$ . L'objectif des mesures d'atténuation du  $\text{CH}_4$  devrait être de réduire à la fois les émissions absolues et les émissions basées sur les produits tout en maintenant ou en augmentant la production animale [4]. Dans ce contexte, les stratégies durables de réduction des émissions entériques de  $\text{CH}_4$  ne devraient pas présenter de conflits d'objectifs environnementaux ou socio-économiques, ni avoir d'impact négatif sur les performances animales [5].

## Optimiser la digestibilité et la production laitière permise par les fourrages

### Mode d'action

- L'optimisation de la production laitière à partir des fourrages permet de réduire les aliments concentrés sans diminuer la production
- Augmentation de la production de lait à partir des fourrages → La production totale augmente en conséquence.
- Amélioration de la digestibilité des fourrages → La consommation de fourrage et la performance augmentent →  $CH_4E$  et  $CH_4I$  diminuent [5]
- Augmentation de l'ingestion : le taux de passage des aliments augmente → Moins de temps dans le rumen pour la dégradation microbienne, mais les  $CH_4abs$  augmentent en raison d'une ingestion d'aliments plus élevée et la digestibilité des fibres diminue.
- Fourrager de l'herbe plus précoce: augmente la production laitière probablement grâce à une meilleure digestibilité →  $CH_4I$  diminue.

### Potentiel de réduction

- Réduction des émissions de GES provenant de la production d'aliments concentrés [11]
- Production totale plus élevée → Le nombre de vaches laitières peut être réduit →  $CH_4abs$  diminue [11].
- L'optimisation de la performance à partir des fourrages utilise l'avantage du ruminant qui est capable de mettre en valeur les fourrages → essentiel pour la fermeture du cycle du carbone
- Augmentation de l'ingestion: stratégie efficace pour réduire les émissions de  $CH_4$  liées aux produits [4]:
- $CH_4I_M$  : -17 % ;  $CH_4I_F$  : données non disponibles ;
- La réduction de la digestibilité des fibres peut éventuellement augmenter les émissions de  $CH_4$  provenant des engrais de ferme (d'autres études sont nécessaires).
- Réduire la maturité de l'herbe : stratégie efficace pour réduire les émissions de  $CH_4$  liées aux produits [4]:
- $CH_4I_M$  : -13 % ;  $CH_4I_F$  : données non disponibles.



Source : LKV BW

## Optimiser la digestibilité et la production laitière permise par les fourrages

### Contexte

- Convient aux systèmes en bâtiment et au pâturage.
- Améliorer la digestibilité du foin et de l'ensilage par: un stade de coupe optimal [5].
- Systèmes de pâturage : Optimiser la gestion des pâturages → Adapter la densité de chargement et éviter l'entrée dans des parcelles avec de l'herbe trop haute, afin de limiter la surmaturité et favoriser une repousse de qualité. [5].
- Respecter les stades phénologiques optimaux pour le pâturage et la récolte de fourrage (voir aussi la fiche technique "gestion des prairies et des pâturages sur la base de sommes de températures").
- Combiner l'amélioration de la digestibilité avec d'autres mesures → pour évaluer le bilan GES de l'ensemble de la ferme, il faut prendre en compte, entre autres, la production et la performance de vie, la quantité et la composition des engrais de ferme, le rendement des fourrages et l'utilisation des intrants [5].
- Jeune herbe : tenir compte des teneurs en N plus élevées et les équilibrer si nécessaire → peut augmenter les émissions de N [5].
- Considérer les possibilités d'optimisation de la performance à partir des fourrages au niveau de la ferme --> intégrer les conseils et les outils de planification alimentaire et climatique [11].

**Ruminants = sont capables de mettre en valeur les fourrages --> un apport optimal en fourrages de qualité devrait constituer la base de toutes les autres mesures, en raison du statut particulier des ruminants au niveau de leur physiologie alimentaire.**

## Composition de la ration

### Mode d'action

- Augmentation de la part d'amidon par une proportion plus élevée d'ensilage de maïs ou de sous-produits riches en amidon issus de l'industrie alimentaire : déplacement du rapport des acides gras volatils de l'acide acétique à l'acide propionique → la méthanogénèse est abaissée [5 ; 9] + Abaissement du pH ruminal → inhibe l'activité des bactéries et protozoaires dégradant les fibres [8].

### Potentiel de réduction

- $CH_4I_M$  (par kg de LCE) -2 % pour chaque augmentation de 1 % des hydrates de glucides non fibreux (amidon, sucre, pectine), l'émission de  $CH_4$  par kg de LCE diminue de 2 % ; réduction maximale possible jusqu'à 15 % [9].
- Activité réduite des bactéries et protozoaires dégradant les fibres → Plus de fibres non digérées dans le lisier → Possibilité d'émissions de  $CH_4$  plus élevées à partir du lisier [8].

### Contexte

- Convient surtout aux systèmes en bâtiment.
- Absorption plus élevée d'amidon : risque accru d'acidose ruminale → Assurer l'efficacité structurante de la ration, même avec des proportions élevées d'ensilage de maïs !
- Concurrence accrue entre les surfaces : tenir compte du rôle des bovins en tant qu'utilisateurs de prairies ! → Augmentation de la part d'ensilage de maïs = conflit d'objectifs avec la production de lait à partir d'herbe.
- L'utilisation de sous-produits de l'industrie alimentaire peut éviter la concurrence alimentaire (par rapport à l'utilisation d'autres aliments concentrés).
- Un maximum de 25 % d'ensilage de maïs dans la ration totale (par kg de matière sèche) est recommandé → Des proportions plus élevées nécessitent l'apport de concentrés protéiques supplémentaires (importés) → Considérer les effets négatifs possibles sur le bilan global de GES/ sur la durabilité [13].

## Composition des prairies

### Mode d'action

- **Plantes fourragères riches en tanins** : voir le mode d'action des tanins (page 11)
- **Légumineuses vivaces** : teneurs en NDF plus faibles que les graminées à un stade physiologique comparable + certaines espèces sont riches en tanins et saponines → Augmentation de la teneur en nutriments de la ration → Performance accrue → Réduction de CH<sub>4</sub>I
- **Variétés de ray-grass/pâturin à haute teneur en sucre** (*Lolium perenne* L.) : forte concentration en glucides hydrosolubles et faible teneur en protéines → réduit le rapport acide acétique/acide propionique [5].

### Potentiel de réduction

- **Les plantes fourragères riches en tanin**, une stratégie efficace pour réduire les émissions absolues de CH<sub>4</sub> [4] :
- CH<sub>4</sub>I<sub>M</sub> : -18 % / CH<sub>4</sub>I<sub>F</sub> : données non disponibles ;
- CH<sub>4</sub>abs : -12 % ;
- CH<sub>4</sub>E : -10 % ;
- Digestibilité réduite des fibres : -7 % → peut, dans certaines circonstances, augmenter les émissions de CH<sub>4</sub> provenant du lisier.
- Le potentiel de réduction varie selon l'espèce : *Sericea lespedeza* (*Lespedeza cuneata*) et *Lotus* (*Lotus corniculatus* et *Lotus pedunculatus*) particulièrement efficaces sans influencer négativement l'ingestion de fourrage.
- **Légumineuses pérennes** : potentiel de réduction difficilement quantifiable et dépendant de la proportion dans la ration, de l'ingestion et de la qualité du fourrage, du stade phénologique de la plante, de la digestibilité.
- **Graminées à haute teneur en sucre** : CH<sub>4</sub>E : -0,311 g/kg de nourriture ingérée pour 10 g/kg de MS d'augmentation des glucides hydrosolubles [5].
- Potentiel de réduction réduit par la conservation sous forme de foin ou d'ensilage [15].

### Contexte

- Stratégie adaptée au système de pâturage.
- **Les plantes fourragères riches en tanin** peuvent être moins appétentes → Réduction de l'ingestion de fourrage [4] et de la digestibilité [14] → Part dans la ration limitée de ce fait.
- Les tanins peuvent se lier aux protéines et réduire la dégradabilité dans le rumen → voir page 11.
- **Les légumineuses pérennes** peuvent contribuer positivement à l'approvisionnement en N et réduire l'utilisation de concentrés azotés achetés (importés) ; fixent le N dans le sol et peuvent favoriser le stockage du carbone dans le sol → Globalement, des interactions complexes [5].
- **Graminées à haute teneur en sucre** : des recherches supplémentaires sont nécessaires sur le potentiel de réduction, le rendement des récoltes et les performances des animaux dans différents systèmes de production [5].

## Utilisation de graisses alimentaires et de graines oléagineuses

### Mode d'action

- Acides gras polyinsaturés à chaîne moyenne issus d'huiles végétales (huile de tournesol, huile de lin et huile de colza).
- Toxique pour les méthanogènes et les protozoaires ; favorise la formation de propionate + la biohydrogénation (fixation de  $H_2$ ) des acides gras insaturés, ce qui consomme du  $H_2$  qui n'est alors plus disponible pour la formation de  $CH_4$  [5].
- La part d'énergie non fermentescible mais hautement digestible dans la ration augmente, tandis que l'ingestion et la digestibilité des fibres diminuent [4].
- Effet dépendant entre autres des éléments suivants: profil des acides gras de la ration de base, proportion de fourrages par rapport aux aliments concentrés, préparation de la ration, source et quantité de graisse utilisée [16].

### Potentiel de réduction

- **Les huiles et les graisses** comme stratégie efficace pour réduire les émissions absolues de  $CH_4$  [4] :
- $CH\ I_{4M}$  : -12 % /  $CH\ I_{4F}$  : -22 % ;
- $CH_4\text{abs}$  : -19 % ;
- $CH_4E$  : -15 % ;
- Digestibilité réduite des fibres : -4 % → peut éventuellement augmenter les émissions de  $CH_4$  provenant du lisier ;
- Ingestion: -6 %
- Pas d'influence sur la production de lait/de viande grâce à la teneur énergétique élevée des graisses et des huiles.
- **graines oléagineuses** (concassées/écrasées) comme stratégie efficace pour réduire les émissions absolues de  $CH_4$  [4] :
- $CH\ I_{4M}$  : -12 % /  $CH\ I_{4F}$  : aucun effet ;
- $CH_4\text{abs}$  : -20 % ;
- $CH_4E$  : -14 % ;
- Digestibilité réduite des fibres : -8 % → peut éventuellement augmenter les émissions de  $CH_4$  du lisier
- Effet négatif sur les performances d'engraissement → Utilisation recommandée uniquement pour la production laitière.
- Complément de matières grasses : diminution du  $CH_4E$  d'environ 4 % par 10 g/kg MS de matières grasses supplémentaires, en fonction de la source [5].
- Il existe des indices d'un effet méthanogène persistant à long terme [5].

### Contexte

- Teneur en matières grasses de la ration max. 60 g/kg MS (si utilisation de graisses protégées, sinon 40 g/kg MS) [8] → sinon effets néfastes possibles sur la fermentation ruminale, la digestion, la digestibilité des fibres et la performance [5].
- Les acides gras polyinsaturés à longue chaîne peuvent améliorer le profil d'acides gras du lait et de la viande pour l'alimentation humaine.
- La culture, la transformation et le transport augmentent les émissions de GES liées à la production d'aliments pour animaux [16 ; 17], mais la fermentation entérique a un impact plus important sur les émissions de GES [4].
- La concurrence alimentaire et la concurrence sur les surfaces augmentent avec la culture des graines oléagineuses.



## 3-Nitrooxypropanol (3-NOP)

### Mode d'action

- Bloque l'activité de l'enzyme clé (méthyl-coenzyme M-réductase) dans la dernière étape de la méthanogenèse des archées [5].
- Seules de faibles doses sont nécessaires (60 à 200 mg/kg MS), mais le mode d'action du 3-NOP est limité dans le temps (6 h max.) → Ingestion continue de l'additif alimentaire nécessaire via l'alimentation [6].

### Potentiel de réduction

- Potentiel de réduction très élevé [6]<sup>1</sup>.
- L'utilisation d'additifs alimentaires inhibant le CH<sub>4</sub> (en particulier le 3-NOP) est une stratégie efficace pour réduire les émissions absolues de CH<sub>4</sub> [4].
- CH<sub>4</sub>abs : environ -30 % (pour des apports typiques dans l'engraissement des bovins (144± 82,3 mg/kg de MS) et dans l'élevage des vaches laitières (81 ± 41,2 mg/kg de MS)). [5].
- Plus grand potentiel de réduction chez les vaches laitières que chez les bovins à viande [5].
- Le potentiel de réduction dépend de la dose [5] et peut être spécifique à la race [18].
- L'efficacité de la réduction diminue avec l'augmentation de la teneur en NDF de la ration [5].

### Contexte

- Actuellement, l'additif alimentaire le plus prometteur et le plus efficace, sans effet négatif sur la performance des animaux.
- Dans l'UE et en Suisse, le 3-NOP est autorisé comme additif alimentaire depuis 2022 (Bovaer®, commercialisé par DSM).
- Efficacité démontrée dans > 20 essais en laboratoire et dans l'alimentation, mais jusqu'à présent exclusivement dans le cadre de rations totales mélangées (RTM) → La possibilité d'appliquer les résultats à des systèmes à forte proportion de pâturage est actuellement à l'étude.
- L'utilisation de 3-NOP augmente la teneur en matière grasse du lait [4].

<sup>1</sup>Potentiel de réduction du CH<sub>4</sub> : >25 % : très élevé ; >15 - 25 % : élevé ; >5 - 15 % : moyen ; ≤5 % : faible [6].

## Algues marines rouges

### Mode d'action

- Concentration de bromoforme (= substance bioactive) dans **les algues marines rouges** (par ex. *Asparagopsis taxiformis* et *Asparagopsis armata*) → inhibe indirectement, par une réaction avec la vitamine B<sub>12</sub>, la dernière étape de la méthanogénèse [5].

### Potentiel de réduction

- Potentiel de réduction très élevé [6].
- Diminution CH<sub>4</sub>abs entre 9 et 98 % [5].
- Efficacité de la réduction dépendant de la teneur en bromoforme des algues et de la composition de la ration (meilleur effet dans les rations avec beaucoup d'aliments concentrés) [5].
- Des inquiétudes existent quant au fait que *l'asparagopsis* pourrait perdre de son efficacité à long terme [5].

### Contexte

- Éventuellement, réduction de l'ingestion en fonction de la quantité distribuée, en même temps, effets positifs possibles sur la performance des animaux.
- D'autres études sont nécessaires, en particulier dans les rations partiellement mélangées et pour les systèmes basés sur le pâturage [19].
- Le bromoforme est classé comme cancérigène possible → aucun résidu n'a été détecté dans le lait ou la viande à des doses d'utilisation <5 g/kg de MS jusqu'à présent [5].
- Une teneur élevée en iode limite également les quantités utilisées [4].
- Pour évaluer le bilan global des GES : prendre en compte les émissions en amont (production, récolte, transformation, stockage et transport) [5].



Source : Wikipedia/Jean-Pascal Quod/CC BY-SA 3.0

## Tanins (substances tanniques)

### Mode d'action

- **Tanins** (= composés polyphénoliques ; subdivision en tanins hydrolysables et condensés) : inhibition directe des méthanogènes et indirecte par réduction du nombre de protozoaires vivant en symbiose avec les méthanogènes [5].

### Potentiel de réduction

- Faible potentiel de réduction [6].
- **Tannins** : baisse linéaire du  $CH_4E$  de 3,53 % par ajout de 10 g/kg de MS. avec baisse simultanée de la digestibilité de la matière organique [5].
- $CH_4$  Réduction possiblement due à une diminution de l'ingestion d'aliments et de la digestibilité des nutriments → Possibilité de diminution des performances [5].
- Le potentiel de réduction dépend de la source et de la classe des tanins, du poids moléculaire des tanins et du microbiote du rumen [5].

### Contexte

- Effets sur la consommation d'aliments, la digestibilité, la performance des animaux et la santé mal connus [5].
- Les tanins hydrolysables semblent agir plus efficacement, mais formation de métabolites toxiques lors de la dégradation dans l'intestin → Quantité maximale d'utilisation de tanins hydrolysables : 30 g/kg de MS [5].
- Les tanins peuvent lier les protéines → Amélioration de l'efficacité de l'azote + réduction des pertes d'azote par l'urine et des émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote [20].
- Utilisation de plantes à tanins et de légumineuses → Utilisation envisageable dans des systèmes de production basés sur le pâturage.



Source de l'image : <https://www.pflanzen-vielfalt.net/>

Exemples de plantes fourragères contenant des tanins : sainfoin, lotier corniculé

## Huiles essentielles

### Mode d'action

- **Huiles essentielles** = substances végétales secondaires complexes et volatiles responsables des odeurs et arômes typiques.
- Sous forme extraite et concentrée ou sous forme synthétique, elles peuvent exercer des activités antimicrobiennes contre les bactéries et les champignons [5].

### Potentiel de réduction

- Faible potentiel de réduction [6].
- De nombreuses huiles essentielles présentent des propriétés inhibitrices du méthane lorsqu'elles sont utilisées en grande quantité *in vitro* → non transposable *in vivo*.
- Effets à long terme et adaptation possible des microbes du rumen à ces substances : inconnus.
- Diminution des émissions de CH<sub>4</sub> avec 1 g/jour d'Agolin (mélange de différentes huiles essentielles, Agolin Ruminant ; Agolin SA) [21] :
- CH<sub>4</sub>abs : -9 % ;
- CH<sub>4</sub>E : -13 % ;
- CH<sub>4</sub>I<sub>M</sub> : -10 %.

### Contexte

- >3000 huiles essentielles → vaste besoin de recherche sur le dosage, la combinaison et l'utilisation dans des conditions *in vivo* [5].
- La prudence est de mise en cas d'utilisation de quantités élevées, mais le risque d'intoxication est faible en cas d'utilisation des quantités recommandées [5].
- L'Agolin peut améliorer la production laitière (+4 %) et l'efficacité alimentaire (+4 %) [21].
- Mécanisme d'action de l'Agolin non élucidé à ce jour et études limitées [21].

## Distribution de micro-organismes

### Mode d'action

- Modification de la fermentation du rumen par des micro-organismes vivants : détournent le  $H_2$  existant vers des voies alternatives → ne peut plus être utilisé pour la méthanogénèse [5].
- Utilisation de bactéries qui inhibent la croissance des méthanogènes [5].

### Potentiel de réduction

- Faible potentiel de réduction [6].
- Effets variables sur les émissions de  $CH_4$ , mais parfois amélioration possible de la production laitière → réduction des  $CH_4|_M$  [5].
- Effets de réduction du  $CH_4$  confirmés uniquement dans de rares cas d'essais in vivo [5] (notamment en raison de la faible efficacité, de la non-répétabilité des études).

### Contexte

- On ne sait pas si l'ajout de micro-organismes pour inhiber le  $CH_4$  a éventuellement des effets négatifs sur les performances des animaux → Des études supplémentaires sont nécessaires concernant l'influence sur la digestibilité et la composition du lisier ainsi que sur le dosage [5].



Source : LKV BW

- Une **approche globale** est nécessaire pour parvenir à une production de lait et de viande durable. Pour cela, il faut se détacher de la simple considération des émissions de CH<sub>4</sub> et se concentrer sur le bilan global des GES.
- Il faut tenir compte du fait qu'une stratégie/mesure seule ne permet pas d'atteindre l'objectif, mais qu'il faut viser une **combinaison de différentes mesures**, tant au niveau de l'alimentation qu'au niveau de l'exploitation, afin de pouvoir utiliser efficacement le potentiel de réduction.
- La réduction attendue de CH<sub>4</sub> doit toujours être considérée d'une part en **termes absolus** (par animal et par jour) et d'autre part en **termes d'intensité** (par unité de produit animal). Certaines stratégies sont susceptibles d'entraîner une réduction immédiate, par exemple l'utilisation d'additifs alimentaires spéciaux. D'autres provoquent plutôt des effets progressifs au fil du temps, par exemple l'optimisation de la production de lait sur la base des fourrages, ce qui entraîne une baisse des émissions liées au produit, mais une réduction du nombre d'animaux est également envisageable.
- L'impact des stratégies d'atténuation du CH<sub>4</sub> doit être évalué sur **les émissions d'autres gaz** à effet de serre (tant en amont qu'en aval). Les changements en amont comprennent, par exemple, les émissions directes et indirectes de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) lors de la croissance des plantes et de la production d'aliments spécifiques pour animaux, de certains additifs alimentaires ou d'autres produits. Les changements peuvent également concerner, par exemple, les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O provenant du lisier. En outre, les changements dans la production végétale et la gestion des pâturages peuvent avoir un impact sur la séquestration du carbone dans les sols.
- Il faut également évaluer l'impact des stratégies de réduction de CH<sub>4</sub> sur la **production de viande et de lait**, ainsi que sur l'efficacité alimentaire.
- **Les études à long terme** sur l'utilisation d'additifs alimentaires inhibant le CH<sub>4</sub> **sont souvent inexistantes**. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour savoir si et dans quelle mesure le microbiote ruminal s'adapte au cours de la durée d'administration, limitant ainsi le potentiel de réduction.
- **Cas particulier des exploitations biologiques** avec une spécificité en matière d'alimentation : beaucoup de prairies, peu de maïs et d'achats, beaucoup d'additifs ne sont pas autorisés → la voie de l'alimentation est certainement moins efficace pour réduire les émissions de CH<sub>4</sub>, le bilan de CH<sub>4</sub> pour l'ensemble de la ferme peut être aussi moins bon en raison d'une production laitière plus basse. Mais le bilan GES de l'ensemble de la ferme est probablement meilleur en raison de la diminution des équivalents CO<sub>2</sub> provenant du secteur en amont, comme les achats d'aliments, etc.
- Il convient également de tenir compte des préoccupations relatives à la **toxicité potentielle** pour les animaux, les êtres humains et, le cas échéant, les résidus dans les produits animaux, ainsi que pour l'environnement.
- Obstacles potentiels à l'adoption d'une stratégie d'atténuation : ils varient considérablement **selon les exploitations, les régions et les pays**. Il s'agit notamment des aspects biologiques (accessibilité, sécurité), économiques (coûts, manque d'incitations), juridiques, environnementaux et sociaux (résistance au changement, soutien technique, acceptation par les consommatrices et consommateurs).

- 1 EAA, 2023 : Inventaire annuel des gaz à effet de serre de l'Union européenne 1990-2021 et rapport d'inventaire 2023. Agence européenne pour l'environnement. <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-2>. Consulté le 08.08.2024.
- 2 EAA, 2022 : Methane emissions in the EU : the key to immediate action on climate change. <https://www.eea.europa.eu/publications/methane-emissions-in-the-eu>. Consulté le 08.08.2024
- 3 GIEC - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2014). Contribution des groupes de travail I, II et III au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. GIEC, Genève, Suisse, 151 pp.
- 4 Arndt, C., Hristov, A. N., Price, W. J., McClelland, S. C., Pelaez, A. M., Cueva, S. F., ... & Yu, Z. (2022). Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 C target by 2030 but not 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(20), e2111294119.
- 5 Beauchemin, K. A., Ungerfeld, E. M., Abdalla, A. L., Alvarez, C., Arndt, C., Becquet, P., ... & Kebreab, E. (2022). Invited review : Current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science*, 105(12), 9297-9326.
- 6 Hegarty R.S., Cortez Passetti R.A., Dittmer K.M., Wang Y., Shelton S., Emmet-Booth J., Wollenberg E., McAllister T., Leahy S., Beauchemin K., Gurwick N., 2021, [en ligne], An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock. Edition 1. Un rapport coordonné par le CCAFS (Climate Change, Agriculture and Food Security) et le NZAGRC (New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre) initiative de la Global Research Alliance (GRA). URL : <https://globalresearchalliance.org/library/methane-inhibiting-feed-additives-report-nov-2021/> (consulté le 29.05.2024). 104 pages.
- 7 Dialogue Bovin et Porc (2021) : Cycle régénératif du méthane dans l'alimentation des bovins. Faits de la BRS. Bundesverband Rind und Schwein e.V. (BRS). <https://www.dialog-rindundschwein.de/rinderfakten/regenerativer-methankreislauf-in-der-rinderfuetter.html>. Consulté le 08.08.2024.
- 8 GfE (2023) : Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 12. Recommendations pour l'apport d'énergie et de nutriments aux vaches laitières. DLG-Verlag, Francfort-sur-le-Main.
- 9 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.
- 10 DLG (2023) : En point de mire : le méthane chez la vache laitière - Déclaration du méthane dans le cadre du contrôle de la performance ou de la qualité du lait et utilisation en tant que benchmark. Fiche technique DLG 491, DLG, Francfort-sur-le-Main.
- 11 AGRIDEA (2022). Rapport technique. Déduction de l'évaluation des mesures de protection du climat. [https://www.agridea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Changement\\_climatique/Technischer\\_Bericht\\_Final\\_13012022.pdf](https://www.agridea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Changement_climatique/Technischer_Bericht_Final_13012022.pdf). Consulté le 08.08.2024.
- 12 Gerster, E., & Fey, S. (2022) : Projet MethaKuh. *Landinfo* 1, 32-34. [https://lazbw.landwirtschaft-bw.de/site/pbs-bw-new/get/params\\_Dattachment/10589578/2022-1\\_Landinfo\\_Projekt-MethaKuh-Teilergebnis-Anteil-Gras-Maissilage\\_Gerster-Fey.pdf](https://lazbw.landwirtschaft-bw.de/site/pbs-bw-new/get/params_Dattachment/10589578/2022-1_Landinfo_Projekt-MethaKuh-Teilergebnis-Anteil-Gras-Maissilage_Gerster-Fey.pdf). Consulté le 08.08.2024.
- 13 SPAD - Systèmes de Production Agricole Durables (Interreg France-Suisse projet), 2023. Étape 2 : Construire une échelle de durabilité qui englobe les aspects économiques, environnementaux et sociaux - Systèmes lait avec ensilage. Document technique.
- 14 Loza C, Verma S, Wolfram S, Susenbeth A, Blank R, Taube F, Loges R, Hasler M, Kluß C, Malisch CS. Assessing the Potential of Divers Forage Mixtures to Reduce Enteric Methane Emissions In Vitro. *Animaux (Bâle)*. 2021 Apr 14;11(4):1126. doi : 10.3390/ani11041126. PMID : 33920009 ; PMCID : PMC8071023.
- 15 Staerfl, S. M., Amelchanka, S. L., Kälber, T., Soliva, C. R., Kreuzer, M., & Zeitz, J. O. (2012). Effet de l'alimentation en ryegrass séché à haute teneur en sucre ('AberMagic') sur les émissions de méthane et de nitrogène urinaire des vaches primipares. *Livestock Science*, 150(1-3), 293-301.
- 16 Patra, A. K. (2013). The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle : A meta-analysis. *Livestock science*, 155(2-3), 244-254.
- 17 Patra, A. K. (2014). A meta-analysis of the effect of dietary fat on enteric methane production, digestibility and rumen fermentation in sheep, and a comparison of these responses between cattle and sheep. *Livestock Science*, 162, 97-103.
- 18 Ma, X., Räisänen, S. E., Garcia-Ascolani, M. E., Bobkov, M., He, T., Islam, M. Z., ... & Niu, M. (2024). Effets du 3-nitrooxypropanol (3-NOP, Bovaer® 10) et des graines de coton entières sur la production laitière et les émissions de méthane entérique des vaches laitières dans des conditions de gestion suisses. *Journal of Dairy Science*.
- 19 Lean, I. J., Golder, H. M., Grant, T. M., & Moate, P. J. (2021). A meta-analysis of effects of dietary seaweed on beef and dairy cattle performance and methane yield. *PLoS One*, 16(7), e0249053.
- 20 Hristov, A. N., Melgar, A., Wasson, D., & Arndt, C. (2022). Revue du symposium : Efficient nutritional strategies to mitigate enteric methane in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 105(10), 8543-8557.
- 21 Belanche, A., Newbold, C. J., Morgavi, D. P., Bach, A., Zweifel, B., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2020). A meta-analysis describing the effects of the essential oils blend agolin ruminant on performance, rumen fermentation and methane emissions in dairy cows. *Animals*, 10(4), 620.