



METHABREED : phénotypage à grande échelle des émissions de méthane des vaches laitières et utilisation en sélection

Didier BOICHARD, GABI UMR1313



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



> Contexte

La fermentation de la cellulose par la flore microbienne ruminale des ruminants produit principalement des acides gras volatils, acétique, propionique et butyrique

Il en résulte une co-production d'hydrogène, éliminée principalement sous forme de méthane

La production de méthane d'une vache laitière en pleine production est de l'ordre de 400 g / jour, soit de l'ordre de 2% de la MS ingérée

La production de méthane varie principalement en fonction de :

- La quantité ingérée : plus la quantité ingérée augmente, plus la quantité de méthane émise augmente
- La nature de la ration : une ration plus cellulosique est plus méthanogène

Exprimée par kg de lait produit, la quantité de méthane diminue avec le niveau de production, essentiellement par dilution de l'entretien dans le besoin total (également car la ration est souvent moins cellulosique)



> Contexte

Avant de cibler plus particulièrement le phénotypage et la variabilité individuelle,

Il faut se souvenir que :

- La production totale de méthane dépend surtout du nombre d'animaux
- Un tiers du méthane provient des effluents et non du rumen
- Les animaux improductifs contribuent à la production de méthane: une mise bas précoce, une bonne longévité, un format limité, ..., contribuent à un meilleur contrôle de la quantité totale de méthane émise par les bovins
- Le système de production a un rôle majeur. Les systèmes souvent considérés comme les plus vertueux (pâturage, fourrages grossiers, niveau de production modéré...) sont souvent les plus méthanogènes. Il faudra gérer cet antagonisme



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



> Contexte

Il existe une variabilité individuelle de la production de méthane

Pour un type d'animal donné et à ration constante, il existe une **variabilité génétique de l'ordre de 15%** de la variabilité totale.

Initialement, il était considéré que le méthane constituait une perte d'énergie et donc que les animaux les plus émetteurs étaient également les moins efficaces.

Les résultats actuels concluent plutôt que les animaux les plus émetteurs (par kg ingéré) sont ceux qui ont une digestion plus complète des aliments et donc qui sont les plus efficaces. Autre antagonisme complexe à gérer...

Quel gain potentiel par la génétique ?

Compte tenu de la variabilité des émissions de méthane et de leur héritabilité, un gain d'un écart-type génétique sur ce caractère (ce qui peut correspondre à **10 années de sélection** pour un caractère d'importance modérée dans l'objectif de sélection) conduirait à une **baisse de 7 à 10% de la production de méthane** par vache et par jour.

➤ La mesure de la production de méthane

Plusieurs dispositifs, tous relativement lourds, voire très lourds

- **Chambres respiratoires**

- **SF6**

- Un bolus ruminal émet une quantité constante de SF6 qui est rejeté
- Une bouteille installée sur l'animal recueille en continu un échantillon de ses gaz émis par la bouche et le nez
- On déduit la quantité de méthane par comparaison avec le SF6



Lourd, coûteux, polluant
(parfois dangereux)

INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020

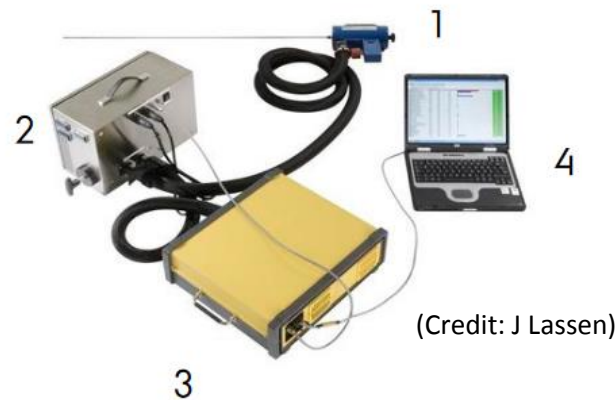
(Credit: Ag Vic)



➤ La mesure de la production de méthane

- Sniffers

- Un appareil, placé près du mufle de l'animal, dose la concentration en méthane (et en CO₂) de l'air environnant
- Pas de mesure de flux, donc des hypothèses nécessaires pour estimer les quantités
- La difficulté essentielle est le besoin de mesures répétées et nombreuses
- Système particulièrement intéressant avec un robot de traite : appareil unique mesurant en continu, vaches mesurées 600-1000 fois / an, soit plusieurs dizaines d'heures
- Danemark : 60 fermes équipées en 2019



1. Sampling unit
2. Pump unit
3. Analyser FTIR – (GASMET DX-4000, www.gasmet.fi)
4. computer + software



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020

GABI

agroParisTech

université
PARIS-SACLAY

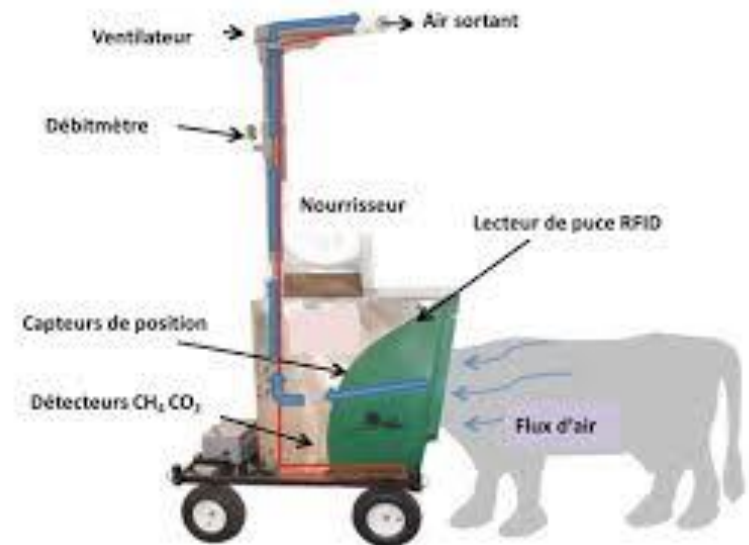
SARS

➤ La mesure de la production de méthane

- GreenFeed
- Distributeur de petites quantités de concentré
- Aspiration du flux gazeux, dosage de CH₄, CO₂ et O₂
- Mesure de la quantité de méthane pendant la visite
- Besoin de quelques dizaines de visites / vache
- Fonctionne aussi en allaitants



(Credit: INRAE)



(Credit: C-Lock)

INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020

GABI

agroParisTech

université
PARIS-SACLAY

SARS

➤ Une bonne expérience du GreenFeed à INRAE

- Domaines du Pin et, précédemment, de Bourges
- Laitier et allaitant, différents types d'animaux
- Modélisation des mesures, précision par animal, facteurs de variation
- Contrôle qualité, suivi des protocoles
- Effet de la ration (projet Ademe GreenCow)
- Variabilité individuelle (projet Ademe GreenCow)
- Lien avec ingestion, efficacité alimentaire
- Lien avec flore ruminale (projet Apis-Gene Microficient)



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



➤ Le problème du haut débit

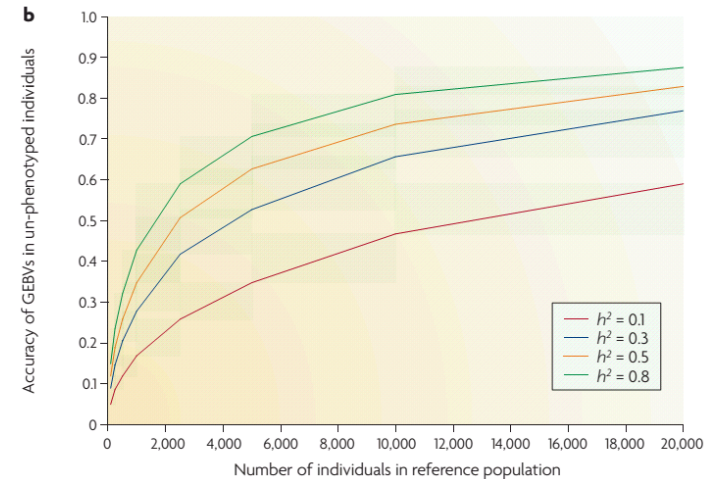
- A part éventuellement le sniffer qui pourrait être étendu à grande échelle dans les élevages avec robot, toutes ces méthodes restent de bas débit, en terme de nombre d'animaux caractérisés
- Or la sélection demande des effectifs importants, plusieurs milliers, voire des dizaines de milliers d'animaux phénotypés et génotypés



(Credit: Illumina)

Rappel : Principe de la sélection génomique

- Population de référence :
 - Population avec phénotypes et génotypes
 - Estimation des effets des marqueurs
- Population des candidats à la sélection
 - Population présentant les mêmes associations
 - Obtention des génotypes
 - Prédiction de la valeur à partir des effets estimés



(Goddard, 2009)



INRAE

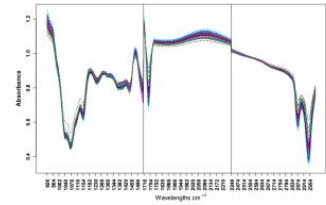
MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



➤ Une possibilité : la spectrométrie infra rouge du lait

- Des millions d'analyses MIR de lait sont réalisées chaque année pour doser initialement les taux butyreux et protéique totaux du lait
- Les spectres correspondent des mesures d'absorbance à env 1000 longueurs d'onde du Moyen Infrarouge
- Depuis 2006, on sait qu'on peut doser des paramètres très variés : profil en acides gras, en protéines, lactose, minéraux, corps cétoniques, aptitudes fromagères du lait...
- Certaines équipes disposent d'équations de prédiction MIR du méthane émis
- Le principe est toujours le même :
 - Disposer de plusieurs centaines d'analyses de référence et des spectres correspondants dans la gamme de variation et les conditions appropriées
 - Etablir une équation de prédiction (souvent par PLS)
 - L'utiliser à grande échelle sur les spectres existants
- Argument biologique : l'orientation fermentaire du rumen affecte à la fois la composition du lait (surtout la matière grasse) et la production de méthane



(Crédit Idele)



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



AgroParisTech

université
PARIS-SACLAY



➤ Le projet METHABREED

- Partenaires :
 - ALLICE (coordinateur)
 - INRAE (GABI et UE du PIN)
 - IDELE
 - Université de Gembloux et CRA-W
 - FCEL et EMR

- Financier : APIS-GENE



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



➤ Les étapes du projet Méthabreed

FIABILISER ET VALIDER LES EQUATIONS DE PREDICTION ACTUELLES (de Gembloux)

- Mesures de référence avec GreenFeed dans diverses fermes, avec une gamme de rations assez large), dans plusieurs races
- Spectres concomitants aux mesures GreenFeed, standardisés pour la variabilité entre spectromètres selon la procédure de CRAW/EMR
- Analyse de la cohérence de la formule belge actuelle sur ces données
Précision donnée actuellement : $R^2 = 0,64$
- Construction d'une équation globale
- Analyse du besoin éventuel de plusieurs formules selon le système de production



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



➤ Les étapes du projet Méthabreed

MODELISATION STATISTIQUE DES DONNEES

- Application de l'équation aux spectres du contrôle laitier, stockés depuis 4-8 ans.
- Etude des effets de milieu et du déterminisme génétique (y compris entre milieux, entre régions, entre stades de lactation, etc).
- Construction d'un modèle d'évaluation génomique (single step) des bovins
 - Il a été préalablement vérifié que des données sont attendues en nombre suffisant pour l'ensemble des races laitières en sélection, y compris les races régionales en plus des trois races d'extension nationale



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



➤ Les étapes du projet Méthabreed

LA PRODUCTION DE MÉTHANE DANS DES OBJECTIFS DE SÉLECTION DURABLES ET MISE EN PLACE D'OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

- Estimation de paramètres génétiques avec les autres caractères sélectionnés (production, composition du lait, morphologie, santé, reproduction...)

=> La sélection sera plus simple si le méthane n'est pas opposé aux caractères actuellement sélectionnés

- Construction d'objectifs de sélection (valorisation économique, consentement à payer, estimation de l'impact d'un progrès prédéfini...).
- Inclusion de ces nouveaux index dans les outils de conduite du troupeau



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020



➤ Les étapes du projet Méthabreed

STRATÉGIES DE CONSEIL VISANT À RÉDUIRE L'EMPREINTE CARBONE DES ÉLEVAGES

- Projet pas uniquement génétique : les prédictions phénotypiques seront intégrées dans les outils d'aide à la décision de conduite du troupeau

ELABORER UNE STRATÉGIE DE COMMUNICATION POSITIVE FAVORISANT L'ADOPTION DE L'INNOVATION

- Point important, car il est difficile de susciter une sélection dont la rentabilité n'est pas directement perceptible pour l'éleveur
- « si on ne prend pas en compte le méthane, on a plus de pression de sélection disponible pour les autres caractères, à la rentabilité plus visible ».



INRAE

MethaBreed

Workshop CLAND / GABI / MOSAR - 20 juillet 2020

