26è

RENCONTRES RECHERCHES RUMINANTS

Les 7 et 8 décembre 2022

Session

Élevage et changement climatique

INRAE

INSTITUT DE L'ELEVAGE idele

ELIANCE

Des éleveurs. Une ambition.

La fédération des entreprises de service et conseil en élevage

En R&D, Eliance c'est :

30 ingénieurs, techniciens et chercheurs

+ 2M d'€ de budget annuel

+ 50 publications scientifiques par an

De nombreux outils et partenariats : station de phénotypage de Nouzilly, UMT (Unité Mixte Technologique) eBis, LPA (Laboratoire Partenarial Associé) épigénétique, APIS-GENE, CIRBEEF...

L'expertise de notre réseau :

- Génétique
- Reproduction
- Nutrition
- Santé
- Bien-être animal
- Impacts environnementaux
- Qualité des produits
- Nouvelles technologies
- Efficience

RÉUSSIR
Nourrir votre performance

OPTIMISEZ LA GESTION QUOTIDIENNE
de votre **EXPLOITATION** grâce aux **REVUES RÉUSSIR**

11 N° PAR AN

11 N° PAR AN

Simplifiez-vous la vie
en vous abonnant directement sur :
boutique.reussir.fr

6 N° PAR AN

10 N° PAR AN

WWW.REUSSIR.FR

LE 1ER SITE PORTAIL
D'INFORMATIONS AGRICOLES ET ALIMENTAIRES

POUR PLUS D'INFORMATIONS : RÉUSSIR Abonnement
1, rue Léopold Sédar Senghor - CS 20022 - 14902 CAEN CEDEX 9
Tél. 02 31 35 87 28 - service.abonnement@reussir.fr

AVEC LES TITRES DU GROUPE **RÉUSSIR**,
PORTEZ UN REGARD NEUF SUR VOTRE MÉTIER

afrique agriculture SUR LE WEB

Toute l'actualité agricole de l'Afrique en ligne sur :

www.afrique-agriculture.org

Et pour nos abonnés, bénéficiez en plus :

- De votre magazine accessible en ligne
- Des contenus exclusifs réservés aux abonnés
- Des articles en illimité sur tous vos écrans

LE SITE DE RÉFÉRENCE DES DÉCIDEURS DE L'AGRICULTURE

UNE INFORMATION QUOTIDIENNE ADAPTÉE À VOTRE MÉTIER

Distribution • Environnement • Décryptages

DÉCOUVREZ L'INTÉGRALITÉ DU SITE ET TOUS SES AVANTAGES,
Newsletters thématiques, Podcasts, Mags en ligne exclusifs, Fiches RH & Management, l'accès à plus de + de 25 000 articles.

DÉCOUVREZ-LE MAINTENANT
WWW.REFERENCE-AGRO.FR

RÉFÉRENCE agro

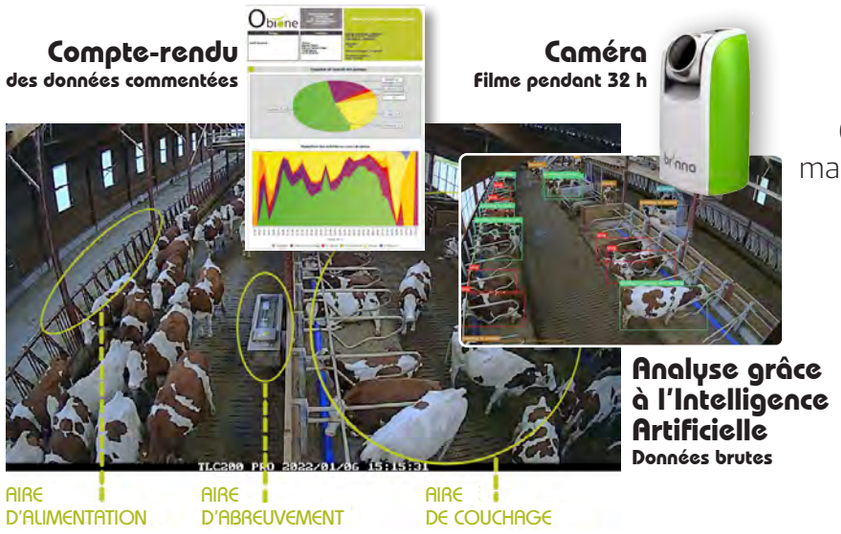
www.reference-agro.fr

Que font vos vaches quand vous n'êtes pas là ?

Pour savoir ce qu'il se passe vraiment dans l'élevage il faut le regarder en continu et analyser ce qui est observé. Nous vous proposons une solution pratique, automatisée et très riche en informations :

L'analyse par Intelligence Artificielle
et Application Spécifique du confort et de l'emploi du temps du troupeau.

Voir ce que vous ne voyez pas, compter ce que nous ne pouvons habituellement pas compter, mettre en évidence les leviers de productivité, s'assurer du confort des animaux, contrôler leur environnement, juste en installant 2 caméras (fournies) dans votre bâtiment.



C'est couchées que les vaches font le lait, mais il leur faut un accès à l'auge et à l'abreuvoir sans entrave, toute la journée.

➲ Alors observons et analysons !

Calcul des index de couchage, de confort, d'abreuvement...

dilepix & Obione

ont mis en commun leur expertise pour une solution d'analyse inédite et totalement personnalisée

www.dilepix.com **www.obione.fr**

LA REVUE DE L'alimentation animale

LE MENSUEL DES INDUSTRIES DE LA NUTRITION ANIMALE DEPUIS 1950

OFFRE DUO

*La carte de France des fabricants d'aliments (+ de 250 usines d'aliments) - valeur 20€

ABONNEMENT 1 AN
10 NUMÉROS

+

ANNUAIRE 2021/2022
DES FOURNISSEURS DE L'ALIMENTATION ANIMALE

BON DE COMMANDE

Oui, je m'abonne

❍ 1 an
10 numéros +
Annuaire des fournisseurs de l'alimentation animale 2021/2022
259 €TTC

❍ 2 ans
20 numéros +
Annuaire des fournisseurs de l'alimentation animale 2021/2022
341 €TTC

Société .....
Nom .....
Prénom .....
Adresse .....
..... Code postal .....
Ville ..... Pays .....
Tél. ..... Facebook .....
E-mail (obligatoire) .....

MON RÈGLEMENT

❍ Chèque bancaire ou postal à l'ordre des Éditions Fitamant

❍ Carte bancaire N° |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_|
Date de validité |_|_| |_|_|_|_| Cryptogramme |_|_|_| *(3 derniers chiffres au dos de votre carte)*

❍ Par virement
Banque : crédit agricole – Éditions Fitamant
IBAN : FR76 3004 7140 7000 0201 7410 106
BIC : AGRIFRPP829

❍ Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date et signature (obligatoire)

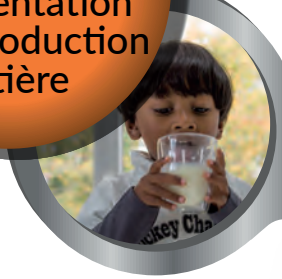
APAAA2021/2022

Conformément à la loi «Informatique et Libertés» du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant.

Éditions Fitamant - 2 rue Félix Le Dantec - CS 62020 - 29018 Quimper cedex
Tél. 00 33 (0)2 98 98 01 40 - abo@fitamant.fr - www.revue-alimentation-animale.fr

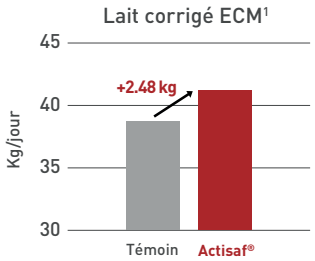
Les solutions Phileo pour une production laitière durable

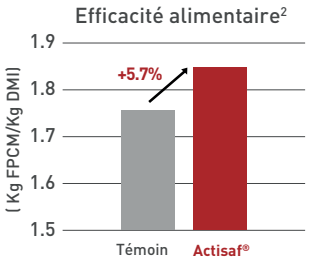
Population
Augmentation de la production laitière



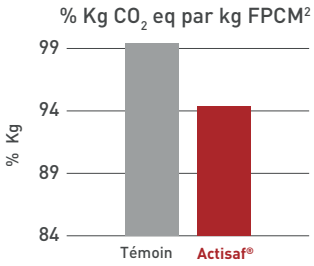
Profit
Amélioration de l'efficacité alimentaire

ActiSaf Sc 47





Planète
Réduction des émissions CO_2



La supplémentation en Actisaf® dans la ration des vaches laitières en lactation confrontées à des rations riches en énergie permet une augmentation de l'abondance relative des bactéries fibrolytiques et utilisatrices de lactate en réduisant le potentiel redox[(3)].

Au cours d'une méta-analyse incluant plus de 20 essais[(1)], il a été observé qu'une supplémentation de 5 g/v/j d'Actisaf® augmente la production laitière (1,74 kg/v/j) et le lait corrigé selon l'énergie (1,72 kg/v/j).

Phileo by Lesaffre

1 –Legendre, H. and Salah, N et al - Meta-analysis study of the effects of live yeast supplementation on milk production and energy corrected milk of lactating dairy cows – In submission

2 -Effect of Actisaf® supplementation on dairy cows carbon footprint, report of 3 trials in Europe - Blonk consultants 2022 -Please note this claim is based on an LCA that is not ISO 14040/14044 critically reviewed

3 -Marden et al., 2008. How does live yeast differ from sodium bicarbonate to stabilize ruminal pH. J Dairy Sci.:91: 3528-3535

DIGESCAN

Scannez ce code et découvrez notre nouveau service

- Outil de diagnostique de l'efficacité alimentaire en élevage, facile d'utilisation.
- Le service Digescan se compose d'un outil de tamisage de bouses et d'une application téléphonique d'enregistrement des données pour un suivi optimisé.

ABONNEZ-VOUS
ET RECEVEZ LES DERNIÈRES INFOS
“GRANDS TROUPEAUX / ÉLEVAGES CAPRINS”

JE M'ABONNE À :

GRANDS TROUPEAUX MAGAZINE et **HORS SÉRIE NUTRITION** (9+1 numéros/an) + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 90 €** TTC (75 € HT) ☐ **2 ANS : 156 €** TTC (130 € HT)

ÉLEVAGES CAPRINS MAGAZINE et **HORS SÉRIE NUTRITION** (4+1 numéros/an) + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 75 €** TTC (62,50 € HT) ☐ **2 ANS : 135 €** TTC (112,50 € HT)

GRANDS TROUPEAUX & **ÉLEVAGES CAPRINS** et **HORS SÉRIE NUTRITION** + **NEWSLETTERS**
☐ **1 AN : 150 €** TTC (125 € HT) ☐ **2 ANS : 276 €** TTC (230 € HT)

Nom : .....

Prénom : .....

Société : .....

Activité : .....

Adresse : .....

.....

Code postal : ..... Ville : .....

Tél : .....

Mail* : .....@.....

** adresse mail indispensable si vous désirez recevoir nos newsletter*

☐ Je paie par chèque à l'ordre de COMEDPRO ☐ Je souhaite recevoir une facture

BULLETIN D'ABONNEMENT À RETOURNER, ACCOMPAGNÉ DE VOTRE RÈGLEMENT À :

COMEDPRO – 35 avenue de la Grande Champagne – 72300 Parcé-sur-Sarthe – 06 40 36 29 93

www.grands-troupeaux-mag.fr / www.elevagescaprins.fr

Élevage et changement climatique

Emission de methane enterique en saison seche froide chez les zebus peulh soudaniens en afrique de l'ouest

GBENOU G. X. (1.2.3.5), ASSOUMA M. H. (2.4), ZAMPALIGRE N. (1), BOIS B. (3), KIENDREBEOGO T. (1), MARTIN C. (6), SANOGO S. (4), BASTIANELLI D. (3), DOSSA L. H. (5)

(1) CNRST, INERA, Station de Farako-Ba, 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

(2) CIRAD, UMR SELMET, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

(3) SELMET, Université de Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

(4) CIRDES, Centre International de Recherche Développement sur l'Elevage en zone Subhumide, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

(5) FSA-UAC, Cotonou, Bénin

(6) INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, 63122 Saint Genès-Champanelle, France

RESUME - En Afrique, les ruminants contribuent fortement aux émissions de gaz à effet de serre comme le méthane entérique (eCH_4). Quelques modèles d'estimation de eCH_4 ont été développés en zone tropicale. Cependant aucune mesure directe des émissions de eCH_4 chez les bovins n'a été faite et rapportée en Afrique de l'Ouest. L'objectif de la présente étude est d'évaluer *in vivo* les émissions de eCH_4 chez les zébus peulh soudaniens pendant la saison sèche froide (novembre 2021 - février 2022). Pour ce faire, 10 taurillons âgés de 27±1,87 mois et d'un poids vif (PV) 138,82±15,23 kg (i.e. 0,56 Unité Bétail Tropical - UBT) ont été utilisée pour des mesures directes au GreenFeed au CIRDES (Burkina Faso). Les mesures des émissions de eCH_4 ont été couplées à celles d'ingestion basée sur deux niveaux d'herbe de parcours naturel offerts : 3,5 % et 2,5 % du PV pendant quatre semaines. Les émissions moyennes de eCH_4 et de consommation volontaire d'herbe ont été comparées entre les niveaux d'offert en herbe en utilisant le test t apparié de Student (seuil de significativité, 5 %). Les résultats montrent qu'aucune différence significative (p=0,10) n'a été observée entre les quantités moyennes journalières de matière sèche ingérée volontairement (MSiV) entre les deux niveaux d'offerts. La variation de l'offre en herbe n'a induit aucune différence significative pour le eCH_4 en g/kg MSiV (p=0,72) et en g/kg $P^{0,75}$ (p=0,61). Le niveau d'ingestion et les émissions de eCH_4 sont restés constants pendant la saison. Ce travail se poursuivra pendant les saisons sèche chaude et pluvieuse, pour prendre en compte la variabilité saisonnière de la qualité des ressources fourragères des parcours naturels dans les systèmes d'élevage pastoraux en Afrique de l'Ouest.

Emission of enteric methane in cold dry season in sudanians peulh zebus in west africa

GBENOU G. X. (1.2.3.5), ASSOUMA M. H. (2.4), ZAMPALIGRE N. (1), BOIS B. (3), KIENDREBEOGO T. (1), MARTIN C. (6), SANOGO S. (4), BASTIANELLI D. (3), DOSSA L. H. (5)

(1) CNRST, INERA, Station of Farako-Ba, 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

SUMMERY - In Africa, ruminants contribute strongly to the greenhouse gas emissions such as enteric methane (eCH4). A few models for estimating eCH_4 have been developed in the tropics. However, no direct measurement of eCH_4 emissions in cattle has been made and reported in West Africa. The objective of the present study is to evaluate *in vivo* eCH_4 emissions in Sudanese Peulh Zebu during the cold dry season (November 2021 - February 2022). For this purpose, 10 steers aged 27±1.87 months with a live weight (LW) of 138.82±15.23 kg (i.e. 0.56 Tropical Livestock Unit - TLU) were used for direct measurements with the GreenFeed at CIRDES (Burkina Faso). Measurements of eCH_4 emissions were coupled with those of ingestion based on two levels of rangeland forage supply: 3.5% and 2.5% of LW for four weeks. Mean eCH4 and voluntary forage intake emissions were compared between forage supply levels using Student's paired t-test (significance level, 5%). The results show that no significant difference (p=0.10) was observed between the average daily amounts of voluntary dry matter intake (VDMI) between the two levels of supply. Variation in grass supply induced no significant difference for eCH4 in g/kg MSiV (p=0.72) and in g/kg P0.75 (p=0.61). The level of ingestion and eCH_4 emissions remained constant over the season. This work will be continued during the hot dry and rainy seasons to account for seasonal variability in the quality of rangeland forage resources in pastoral livestock systems in West Africa.

INTRODUCTION

Les préoccupations environnementales liées en particulier aux Gaz à Effet de Serre (GES) sont désormais au centre de la réflexion sur le développement de l'élevage (Dumont et al., 2016). L'élevage exerce une influence négative sur le climat à travers l'émission de GES dont les principaux sont le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O) (Turini, 2015).

La contribution du secteur de l'élevage aux émissions mondiales de GES s'élève à 14,5%. Les systèmes extensifs sont indexés comme ayant les plus fortes intensités d'émissions lorsqu'on ramène le total des émissions de GES aux unités de produits (Assouma et al., 2019). En Afrique subsaharienne, les émissions de méthane entérique représentent 25% des émissions totales. Cette part est supérieure à la moyenne mondiale estimée à 16% (Gerber, 2013). Malgré cette grande contribution à ces émissions, aucune mesure directe des émissions de CH_4 chez les ruminants et en particulier chez les bovins en Afrique de l'Ouest n'a été documentée. Aussi, les estimations par application des modèles sont difficiles à cause de la diversité et la saisonnalité des ressources et de la mobilité des troupeaux.

La présente étude a pour objectif de mesurer *in vivo* les émissions de CH_4 chez les Zébus Peulh soudaniens en saison sèche froide à l'aide du système GreenFeed (GF) pour produire les références locales tenant compte des spécificités de ces systèmes d'élevage et contribuer à l'amélioration des modèles d'estimation indirecte.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. MILIEU D'ETUDE

Les expériences furent réalisées en station au Sud du Burkina-Faso à la station du Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en zone Subhumide (CIRDES). L'étable destinée à l'expérimentation était repartie en boxes individuels et un d'une aire pour accueillir le GF. Cette station est sous l'influence d'un climat caractérisé par la succession de deux principales saisons : la saison sèche (novembre à mai) et la saison pluvieuse (juin à octobre). La pluviosité moyenne annuelle est de (1150 ± 150) mm (Ibrahim et al., 2011). L'étude a eu lieu en saison sèche froide (novembre 2021 – février 2022).

1.2. MATERIEL

Le matériel animal était constitué de 10 taurillons de race zébu peuhl soudanien âgés de 27±1,87 mois en moyenne, d'un poids vif (PV) moyen de 138,82±15,23 kg (i.e. 0,56 Unité de Bétail Tropical : 250 kg PV-UBT), de hauteur au garrot 106,75±4,44 cm, de périmètre thoracique 118,7±4,35 cm et de longueur scapulo-ischiale 109,65±4,05 cm. Chaque taurillon a été identifié d'un numéro électronique inscrit sur boucle, reconnaissable et enregistré automatiquement par le système GF en présence de l'animal. Tous les animaux furent vaccinés contre la trypanosomiase, la pasteurellose, le charbon symptomatique et la péripneumonie contagieuse. Ils avaient également fait l'objet de déparasitages interne et externe. Des soins leur avaient été apportés en cas de maladies.

L'aliment utilisé pour nourrir les animaux était de l'herbe sèche de parcours naturel récoltée juste à la fin du cycle végétatif sous forme de paille. Les animaux disposaient *ad libitum* d'eau et de pierre à lécher.

Le matériel technique utilisé était constitué d'un système GF pour la mesure du méthane entérique ; des culottes pour la collecte des matières fécales totales excrétées ; des balances pour la pesée du fourrage ; d'un appareil photo pour la prise de vue ; et des fiches de collecte de données.

1.3. METHODES

Deux niveaux d'herbes offertes, 3,5 % du PV (traitement ING3,5) et 2,5 % du PV (traitement ING2,5) en matière brute (MB) ont été testés. L'expérimentation a duré quatre semaines : deux semaines d'adaptation à l'aliment et au dispositif GF (ID : 252, C-Lock, SD, USA), une semaine de mesures d'ingestion et de CH_4 pour ING3,5 puis une semaine de mesures d'ingestion et de eCH_4 pour ING2,5. Les mesures ont été réalisées en conduisant chaque animal au GF à 6h 30, 10h, 14h et 18h durant la semaine de test. Une mesure additionnelle de nuit à 00h a été ajoutée le 7ème jour. Le poids, le périmètre thoracique, la hauteur au garrot et la longueur scapulo-ischiale des animaux étaient pris au début et à la fin de chaque semaine de mesure. La totalité des fèces était récupérée chaque jour au moyen des culottes qui étaient portées aux animaux et vidées deux fois par jour.

Pour des besoins de la composition chimique des fourrages servis et refusés et des fèces, des échantillons de ces matières étaient prélevés, séchés préalablement à l'étuve à 65°C pendant 72h en vue de déterminer les teneurs en matière sèche (MS).

1.4. ANALYSES STATISTIQUES

Les données collectées furent analysées avec le logiciel R version 4.1.2 (2021-11-01). Elles ont été soumises au test de normalité et d'homogénéité de la variance. Le test t de Student à deux échantillons appariés a été fait au seuil de 5 % pour comparer les MSIV, les dMS et les eCH_4.

2. RESULTATS

2.1. INGESTION VOLONTAIRE ET EXCRETION

Le tableau 1 présente selon les différents niveaux d'offerts, l'ingestion de l'herbe sèche de parcours naturels. L'ingestion volontaire journalière de matière sèche était de 2,89±0,30 kg/animal ; 20,83±1,58 g/kg PV et 71,46±4,82 g MS/kg $PV^{0,75}$ dans le traitement ING3,5. Pour le traitement ING2,5, elle était de 2,65±0,31 kg/animal ; 19,06±1,11 g/kg PV et 65,46±3,82 g MS/kg $PV^{0,75}$. Les fèces excrétées vont de 11,87±1,01 à 11,16±0,70 g MS/kg PV. L'ingestion volontaire en g MS/kg PV a présenté de différence très significative entre les deux traitements. Il en est de même pour l'ingestion volontaire en g MS/kg $PV^{0,75}$. Mais ce n'est pas le cas pour les fèces excrétées et les digestibilités de la matière sèche entre les traitements.

2.2. EMISSION DE METHANE ENTERIQUE

L'analyse du tableau 2 révèle qu'aucune différence significative n'est observée entre les quantités de méthane entérique engendrées par les différents niveaux d'herbes offertes. Les émissions variaient respectivement entre 97,74±19,77 et 93,94±23,20 g/j/animal ; soit entre 0,7±0,12 et 0,67±0,14 g/kg PV ; entre 2,4±0,42 et 2,3±0,50 g/kg $PV^{0,75}$; entre 34,24±6,31 et 35,36±7,52 g/kg MSIV ; et entre 55,27±10,94 et 52,87±13,06 kg/UBT/an pour les traitements ING3,5 et ING2,5.

3. DISCUSSIONS

Dans cette étude, les taurillons avaient ingéré volontairement 19,9±1,58 g MS/kg PV en moyenne. Ce niveau d'ingestion est supérieur à la valeur de 8,8 g MS/kg PV rapportée par Uribe et al. (2019) . Ces auteurs avaient conduit leur étude en zone tropicale sur des taurillons Brahman de 220 kg de poids vif

alimentés avec *Urochloa hybrid* cv. Cayman (protéine brute : 44,5 g/kg MS ; NDF : 709,8 g/kg MS ; ADF : 414,2 g/kg MS ; digestibilité de MS : 511 g/kg). Cette valeur est très inférieure à la-nôtre malgré que nos animaux pèsent moins que les-leur. La différence constatée peut être expliquée par l'âge, la nature, le type, la qualité et la quantité du fourrage offert.

La présente étude rapporte 0,68±0,12 g eCH_4/kg PV, valeur similaire à celle obtenue par De Andrade et al. (2014) sur les zébus de 213 kg ± 8,9, âgés de 11 mois. Ces auteurs ont également rapporté une valeur d'émission de 22,9 g eCH_4/kg de MSIV moins élevée que celle de 60,39 g eCH_4/kg MSIV obtenue par Uribe et al. (2019). Les taurillons utilisés dans la présente étude ont ingéré moins mais ont affiché un rendement méthane plus élevé (34,8 g eCH_4/kg MSIV en moyenne) que ceux utilisés dans l'étude de De Andrade et al. (2014). Notre valeur trouvée est inférieure à celle de Uribe et al. (2019). Ces mêmes auteurs ont rapporté 1,71 g eCH_4/kg$P^{0,75}$ de méthane, valeur inférieure à la-nôtre (2,35 g/kg $P^{0,75}$). Comparativement à ces auteurs, nos animaux ont un faible rendement méthane en g/kg MSIV mais un fort rendement méthane en g/kg$P^{0,75}$. L'âge et le poids des animaux, la nature, le type et la quantité ingérée du fourrage peuvent expliquer ces différences.

CONCLUSION

Les quantités de fourrage offertes aux animaux influencent directement le rendement du niveau d'ingestion (g MSI/kg PV). Les émissions de méthane entérique par les zébus restent constantes pendant la saison sèche froide. Il n'y a pas eu de variation intra-individuelle entre les émissions journalières. Sur parcours, le gradient de valeur de la ressource diminue de la saison pluvieuse à la saison sèche chaude. Cela peut induire des variations significatives des émissions de méthane entre saisons. Ce travail se poursuivra pendant les saisons sèche chaude et pluvieuse, afin de faire un calcul global sur une année.

Les auteurs remercient le Projet financé par l'UE, CaSSECS (Séquestration de carbone et émissions de gaz à effet de serre dans les écosystèmes (agro) sylvopastoraux des États sahéliens du CILSS), pour l'appui à ce travail.

Assouma, M.H., Lecomte, P., Corniaux, C., Hiernaux, P., Ickowicz, A., Vayssières, J., 2019. Livestock Science 1–4. https://doi.org/10.19182/agritrop/00082

De Andrade, E.A., Ribeiro-Filho, H.M.N., De Liz, D.M., Almeida, J.G.R., Miguel, M.F., Raupp, G.T., Ramos, F.R., Almeida, E.X., 2014. Trop Grass - Forr Trop 2, 4. https://doi.org/10.17138/TGFT(2)4-5

Dumont, B., Dupraz, P., Aubin, J., Benoit, M., Bouamra-Mechemache, Z., Chatellier, V., Delaby, L., Delfosse, C., Dourmat, J.Y., Frappier, L., Friant-Perrot, M., Gaigné, C., Girard, A., Guichet, J.L., Havlik, P., Hostiou, N., Huguenin-Elie, O., Klumpp, K., Langlais, A., Lemauviel-Lavenant, S., Le Perchec, S., Lepiller, O., Méda, B., Ryschawy, J., Sabatier, R., Veissier, Verrier, E., Vollet, D., Savini, I., Hercule, J., Donnars, C., 2016. INRA (France).

Gerber, P.J., 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 139p.

Ibrahim, B., Karambiri, H., Polcher, J., 2011. Hydro-climatology: Variability and Change 344, 82–86p.

Turini, T., 2015. Viandes, sciences et sociétés, 52p.

Uribe, X.G., Vergara, D.M.B., Chirinda, N., Arango, J., Rosales, R.B., 2019. TROPENTAG 2019 1.

Variables	ING3,5 (n = 214)				ING2,5 (n = 196)				p value
	Min	Max	Moy	sd	Min	Max	Moy	sd	
MSIV (kg)	2,23	3,27	2,89	0,30	2,10	3,10	2,65	0,31	0,10
MSIV (g/kg PV)	17,60	22,92	20,83	1,58	17,13	20,66	19,06	1,11	0,008
MSIV (g/kg $PV^{0,75}$)	59,10	75,97	71,46	4,82	57,04	71,13	65,46	3,94	0,006
Fèces (g MS/kg PV)	10,56	13,81	11,87	1,01	10,30	12,41	11,16	0,70	0,08
dMS	0,39	0,47	0,42	0,02	0,38	0,46	0,41	0,02	0,61

Tableau 1 : Ingestion volontaire de l'herbe sèche de parcours naturels par les taurillons zébus peuhl soudaniens en saison sèche froide

ING3,5 : 3,5% de poids vif en matière brute offert ; ING2,5 : 2,5% de poids vif en matière brute offert ; MS : matière sèche ; MSIV : matière sèche ingérée volontairement ; PV : poids vif ; dMS : digestibilité de la matière sèche

Variables	ING3,5 (n = 214)				ING2,5 (n = 196)				p value
	Min	Max	Moy	sd	Min	Max	Moy	sd	
eCH_4 (g/j)	61,71	121,68	97,74	19,77	45,17	123,54	93,94	23,20	0,69
eCH_4 (g/kg PV)	0,42	0,83	0,70	0,12	0,38	0,92	0,67	0,14	0,60
eCH_4 (g/kg $PV^{0,75}$)	1,47	2,91	2,40	0,42	1,25	3,18	2,30	0,50	0,61
eCH_4 (g/kg MSIV)	20,19	41,1	34,24	6,31	18,63	44,74	35,36	7,52	0,72
eCH_4 (kg/UBT/an)	38,78	76,57	64,03	10,94	34,75	84,43	61,16	13,06	0,61

Tableau 2 : Emissions de méthane entérique par les taurillons zébus peuhl soudaniens en saison sèche froide

ING3,5 : 3,5% de poids vif en matière brute offert ; ING2,5 : 2,5% de poids vif en matière brute offert ; CH_4 : méthane entérique ; PV : poids vif ; $P^{0,75}$: poids métabolique ; MS : matière sèche ; MSIV : matière sèche ingérée volontairement ; UBT : Unité de bétail tropical

Optimisation de l'utilisation des spectres moyen infrarouge du lait de vache pour prédire les émissions de méthane entérique mesurées par le système GreenFeed

COPPA M. (1), VANLIERDE A. (2), BOUCHON M. (3), JURQUET J. (4), MUSATI M. (5, 6), DEHARENG F. (2), MARTIN C. (6)
(1) Chercheur Indépendant, Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(2) Walloon Agricultural Research Centre, B-5030 Gembloux, Belgium
(3) INRAE, UE1414 Herbipôle, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France
(4) Institut de l'Elevage, 49071 Beaucouzé cedex, France
(5) Department Di3A, University of Catania, 95123 Catania, Italy
(6) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

RESUME
Différents protocoles de traitement des données ont été testés pour optimiser la prédiction des émissions de méthane entérique (CH_4) mesurées avec le système GreenFeed (GF), par la spectroscopie moyen infrarouge (MIR) du lait de vache. La production laitière individuelle (PL) et la PL corrigée en matières grasses et protéiques (PLcor) ont été enregistrées quotidiennement sur 115 vaches Holstein nourries avec des rations présentant différents potentiels méthanogènes. Des échantillons de lait quotidien ont été collectés deux fois par semaine pour l'obtention des spectres MIR. Vingt mesures ponctuelles et consécutives de CH_4 au GF ont été prises comme unité de mesure de base (UMB) des émissions quotidiennes moyennes de CH_4 (g/j). Les équations de régressions ont été calibrées et validées sur 2 jeux de données indépendantes. Les modèles basés sur les spectres quotidiens ont été calibrés en utilisant des données de référence du CH_4 pour une durée de mesure de 1, 2, 3 ou 4 UMB. Des modèles construits à partir de la moyenne des spectres journaliers collectés pendant les périodes correspondantes de mesure du CH_4 ont également été développés. La correction des spectres par le stade de lactation (SL) et l'inclusion de la parité, PL et PLcor comme variables explicatives a été testée. L'allongement de la durée de la période de mesure du CH_4 au GF améliore les performances des équations de prédiction : le R^2 de validation (R^2V) pour le CH_4 en g/j passe ainsi de 0,52 à 0,60 de 1 à 4 UMB. La moyenne des spectres MIR du lait collecté tout au long de la période correspondante de mesure du CH_4 a donné une meilleure prédiction que l'utilisation d'un seul spectre quotidien (R^2V = 0,70 vs 0,60 pour le CH_4 en g/j sur 4 UMB). La correction des spectres quotidiens du SL a amélioré le R^2V par rapport aux modèles équivalents non corrigés (R^2V = 0,67 vs 0,60 pour le CH_4 en g/j sur 4 UMB). L'ajout d'autres informations phénotypiques n'a pas amélioré les performances des modèles construits sur les spectres quotidiens corrigés du SL. L'inclusion de la PL a amélioré les performances des modèles construits sur la moyenne des spectres (non corrigés du SL) enregistrés au cours de la période de mesure du CH_4 (R^2V = 0,73 vs 0,70 pour le CH_4 en g/j sur 4 UMB).

Optimal use of milk mid-infrared spectra to predict enteric methane emission measured by GreenFeed system

COPPA M. (1), VANLIERDE A. (2), BOUCHON M. (3), JURQUET J. (4), MUSATI M. (5, 6), DEHARENG F. (2), MARTIN C. (6)
(1) Independent Researcher, Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY
Different protocols for data processing have been tested to optimize the prediction of enteric methane (CH_4) emissions measured with GreenFeed (GF) system, by mid-infrared spectroscopy (MIR) on cow milk. Individual milk yield (MY) and fat and protein corrected milk (FPCM) were recorded daily on 115 Holstein cows fed diets with different methanogenic potentials. Day milk samples were analysed twice a week for MIR spectra collection. Twenty consecutive spot measurements of CH_4 emissions at GF were taken as the basic measurement unit (BMU) of the average daily CH_4 emissions (g/d). The regressions equations were calibrated and validated using 2 independent datasets. Models based on day spectra were calibrated using CH_4 reference data for a measurement duration of 1, 2, 3 or 4 BMU. Models built from the average of the day spectra collected during the periods of measurement of the corresponding CH_4 emissions have also been developed. The correction of the spectra by lactation stage (DIM) and the inclusion of parity, MY and FPCM as explanatory variables were tested. Extending the duration of the CH_4 emissions measurement with GF improves the performance of the prediction equations: the validation R^2 (R^2V) for CH_4 emissions in g/d raised from 0.52 to 0.60 from 1 to 4 UMB. Averaging milk MIR spectra collected throughout the corresponding CH_4 measurement period gave better predictions than using single day spectra (R^2V = 0.70 vs 0.60 for CH_4 in g/d on 4 BMU). Correcting day spectra by DIM improved the R^2V compared to the equivalent DIM-uncorrected models (R^2V = 0.67 vs 0.60 for CH_4 in g/d for 4 BMU). Adding other phenotypic information did not improve the performance of models built on day DIM-corrected spectra. The inclusion of the MY improved the performance of the models built on the average of the DIM-uncorrected spectra recorded during the period of CH_4 measurement (R^2V = 0.73 vs 0.70 for CH_4 in g/d on 4 BMU).

INTRODUCTION

Parmi les différentes techniques de mesure des émissions de méthane entérique (CH_4), le système GreenFeed (GF ; C-Lock Inc., Rapid City, SD, USA) apparaît comme le plus approprié pour une application dans les élevages commerciaux, mais son utilisation à grande échelle reste encore difficile à acter. Des proxys pour prédire les émissions de CH_4 sur le terrain sont donc nécessaires. Entre autres, la spectroscopie infrarouge moyen (MIR) sur le lait a été identifiée comme prometteuse (Vanlierde et al., 2020). Le GF permet d'estimer les émissions quotidiennes moyennes de CH_4 sur une période de durée variable à partir d'échantillons ponctuels de gaz expirés prélevés lorsque les animaux visitent le système GF. Des études ont été menées pour optimiser la gestion des données GF afin d'obtenir une estimation représentative et reproductible du CH_4 (Coppa et al., 2021). Par contre, la meilleure façon d'aligner les données CH_4 aux spectres MIR du lait pour construire avec succès des équations de prédiction du CH_4 n'est pas connue. Aucune recherche n'a identifié le nombre de spectres qu'il est préférable d'associer à une donnée CH_4 moyenne mesurée au GF sur plusieurs jours (spectres quotidiens, ou spectres moyens pendant la période correspondante de mesure au GF). Enfin, l'effet de variables phénotypiques (stade de lactation (SL), parité, production laitière (PL)) sur les performances des modèles de prédiction MIR, basées sur des données GF n'est pas connu.

L'objectif de ce travail était de tester différents protocoles méthodologiques, à la fois en termes de données GF et de spectres MIR du lait afin d'identifier la meilleure approche pour prédire les émissions de CH_4 mesurées avec le système GF à partir des spectres MIR du lait de vache.

1. MATERIEL ET METHODES

La PL individuelle et la PL corrigée en matières grasses et protéiques (PLcor) ont été enregistrées quotidiennement sur 115 vaches Holstein nourries avec des rations présentant différents potentiels méthanogènes, en s'appuyant sur plusieurs expérimentations ayant utilisées les mêmes unités GreenFeed (GF 33 et GF 34, UMRH INRAE) de répétabilité et reproductibilité connues (Coppa et al., 2021).Des échantillons de lait quotidien (traites matin + soir) ont été collectés deux fois par semaine (selon le calendrier des analyses en routine du contrôle laitier) pour l'obtention des spectres MIR. Un minimum de vingt mesures ponctuelles et consécutives de CH_4 au GF a été pris comme unité de mesure de base (UMB) des émissions quotidiennes moyenne de CH_4 (g/j). Les équations, développées par régression *Partial Least Square* (PLS), ont été calibrées et validées sur 2 jeux de données indépendantes, en sélectionnant 2 groupes d'animaux homogènes pour leurs émissions de CH_4 et paramètres zootechniques au sein de chaque régime alimentaire. Les modèles basés sur les spectres quotidiens ont été calibrés en utilisant des données de référence du CH_4 de 1, 2, 3 ou 4 UMB, correspondant à un minimum de 20, 40, 60 et 80 mesures ponctuelles de CH_4, respectivement. Des modèles construits à partir de la moyenne des spectres journaliers collectés pendant les périodes correspondantes de mesure du CH_4 ont également été développés. La correction des spectres par le SL, la parité, PL et PLcor comme variables explicatives ont été testées sur les spectres corrigés par le SL ou non corrigés.

2. RESULTATS

L'allongement de la période de mesure du CH_4 au GF améliore le R^2 de validation (R^2V) pour le CH_4 en g/j qui varie de 0,52 à 0,60 de 1 à 4 UMB. Les erreurs standard de prédiction corrigées par le biais (SEPC) restent cependant équivalentes passant de 61.7 à 61.4 g/j (Tableau 1). La moyenne des spectres MIR de laits collectés sur la période correspondante de mesure du CH_4 a donné une équation présentant de meilleures performances de prédiction que lorsqu'un seul spectre quotidien était considéré (R^2V = 0,70 vs 0,6 ; SEPC = 53.1 vs 63.4 g/j ; pente 1.25 vs 1.34 pour le CH_4 sur 4 UMB ; Tableau 2). La correction des spectres quotidiens par le SL a amélioré le R^2V par rapport aux modèles équivalents non corrigés (R^2V = 0,67 vs 0,60 pour le CH_4 en g/j sur 4 UMB ; Tableau 3) et réduit les SEPC (SEPC min 52.2 vs 61.4 g/j). Lorsque les spectres ont été moyennés pendant une durée de mesure de CH_4 de 3 ou 4 UMB, les R^2V étaient plus élevés pour le modèle utilisant des spectres non corrigés du SL par rapport aux spectres corrigés (0,66 vs 0,62 et 0,70 vs 0,68, pour 3 ou 4 UMB, respectivement; Tableau 3). L'ajout d'autres informations phénotypiques n'a pas amélioré les performances des modèles construits sur les spectres quotidiens corrigés du SL (Tableau 4). L'inclusion de la parité a amélioré les performances des modèles construits sur la moyenne des spectres (non corrigés du SL) enregistrés au cours de la période de mesure du CH_4 (R^2V = 0,73 vs 0,70 ; SEPC < 50 vs >52 g/j pour le CH_4 sur 4 UMB ; Tableau 4).

3. DISCUSSION

L'amélioration des performances du modèle lors de l'augmentation de la durée de mesure du CH_4 peut être due à l'augmentation parallèle de la répétabilité de la mesure du CH_4 au GF lorsque le nombre de mesures ponctuelles augmente (Coppa et al., 2021). Comme la mesure de CH_4 au GF exprime une estimation des émissions journalières moyennes pendant la période de mesure, la moyenne des spectres du lait peut réduire la variation quotidienne de la composition du lait et fournir une meilleure correspondance avec les données moyennes de CH_4. Les meilleures performances des modèles, lorsque la correction du SL est appliquée aux spectres journaliers, peuvent provenir d'une moindre influence du SL sur les résidus (Vanlierde et al., 2020). La correction SL des spectres moyennés pendant une période de mesure de CH_4 a amélioré les performances du modèle uniquement sur des courtes durées. Cela n'est pas surprenant, car sur des périodes longues, plusieurs facteurs externes et la variation de l'état physiologique de l'animal peuvent interférer, réduisant l'importance du SL comme facteur explicatif. La perte de performance des modèles basés sur les spectres journaliers corrigés par le SL, lorsqu'on inclue la PL ou PLcor comme facteurs explicatifs supplémentaires, suggère une partielle redondance d'information entre SL et PL. Shetty et al. (2017) ont ajouté au spectre MIR la PL, le SL et la parité comme variables explicatives supplémentaires pour améliorer les modèles développés à partir des mesures CH_4 réalisées au « sniffer » ; ils ont obtenu de modestes résultats. Une amélioration des performances a été montrée par Vanlierde et al. (2020), sur des modèles développés à partir des données CH_4 mesurées avec la méthode des enceintes respiratoires et du gaz traceur SF_6, en rajoutant la PL et la parité sur des spectres corrigés par le SL. En revanche dans notre étude, les performances de prédiction ont été améliorées en utilisant la moyenne des spectres journaliers non corrigée du SL pour une durée de mesure du CH_4 de 4 UMB et incluant la parité, PL, ou Plcor. Ces résultats suggèrent que le SL serait très informatif lors de la mesure des spectres et des émissions de CH_4 au jour le jour, en particulier en début de lactation (Vanlierde et al., 2020), alors que la parité, le PL ou le PLcor peuvent être plus informatifs que le SL lorsque les spectres sont moyennés sur une durée plus longue.

CONCLUSION

Une longue durée de mesure du CH_4 au GF est utile pour optimiser les performances prédictives des spectres MIR du lait. Il est préférable de moyenner plusieurs spectres collectés tout au long de la période de mesure du CH_4 au GF pour améliorer les prédictions. Si un seul spectre journalier est disponible, la correction des spectres journaliers par le SL permet d'augmenter les performances du modèle. L'ajout d'informations phénotypiques en tant que variables explicatives supplémentaires n'a pas amélioré davantage les performances des modèles construits sur des spectres

quotidiens corrigés du SL. D'autre part, les meilleures performances prédictives ont été obtenues en ajoutant la PL aux modèles construits sur la moyenne des spectres (non corrigés du SL) enregistrés pendant la période de mesure du CH_4 correspondante. Un enrichissement des populations des données de CH_4 et spectrales, en augmentant leur variabilité (par exemple en élargissant la gamme des régimes alimentaires des vaches, etc.) pourrait améliorer les performances des modèles. La race pourrait également être testée comme une variable explicative supplémentaire.

Coppa M., Jurquet J., Eugène M., Dechaux T., Rochette Y., Lamy J.M., Ferlay A., Martin C. 2021 Methods 186, 59–67.
Shetty N., Difford G., Lassen J., Løvendahl P., Buitenhuis A. J. 2017 J. Dairy Sci. 100, 9052–9060.
Vanlierde A., Dehareng F., Gengler N., Froidmont E., McParland S., Kreuzer M., Bell M., Lund P., Martin C., Kuhla B., Soyeurt H. 2020. J. Sci. Food Agric.101 (8).

Durée de mesure du CH_4[1]	Calibration[2]							Validation[3]					
	n	SEC	R^2C	SECV	R^2CV	RPDCV		n	biais	pente	SEP	SEPC	R^2V
UMB 1	334	50,1	0,58	53,9	0,51	1,43		171	-8,7	1,03	62,1	61,7	0,52
UMB 2	215	45,4	0,58	49,4	0,51	1,42		110	-14,1	1,09	64,1	62,8	0,49
UMB 3	187	49,2	0,52	52,3	0,45	1,35		94	-15,0	1,27	63,1	61,6	0,55
UMB 4	162	52,7	0,49	55,1	0,44	1,33		78	-14,3	1,34	62,7	61,4	0,60

Tableau 1 Statistiques de calibration et de validation des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique basées sur des spectres MIR quotidiens du lait, selon la durée de mesure du CH_4 (g/j).
[1]UMB, Unité de mesure de base = temps nécessaire pour atteindre 20 mesures ponctuelles de CH_4 par le système GreenFeed.
[2]n, nombre d'échantillons inclus dans le jeu de calibration ; SEC, erreur standard pour la calibration ; R^2C, coefficient de détermination pour la calibration ; SECV, erreur standard pour la validation croisée ; RPD, le rapport de l'écart type des données de référence à la SECV ; R^2CV, coefficient de détermination pour la validation croisée.
[3]SEP, erreur standard de prédiction en validation ; SEPC, SEP corrigé du biais ; R^2V, coefficient de détermination en validation :

Durée de mesure du CH_4[1]	Calibration[2]							Validation[3]					
	n	SEC	R^2C	SECV	R^2CV	RPDCV		n	biais	pente	SEP	SEPC	R^2V
UMB 1	335	49,8	0,58	53,8	0,51	1,43		171	-4,1	0,99	60,9	61,0	0,53
UMB 2	217	45,2	0,61	48,2	0,56	1,50		110	-6,8	1,04	63,4	63,3	0,48
UMB 3	187	40,6	0,68	46,4	0,58	1,55		94	-6,2	1,12	53,0	52,9	0,66
UMB 4	163	42,2	0,67	46,5	0,59	1,57		78	-7,7	1,25	53,3	53,1	0,70

Tableau 2 Statistiques de calibration et de validation des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique basées sur la moyenne des spectres MIR du lait collecté pendant différentes durées de mesure du CH_4 (g/j).

Durée de mesure du CH_4 [1]	Calibration[2]							Validation[3]					
	n	SEC	R^2C	SECV	R^2CV	RPDCV		n	biais	pente	SEP	SEPC	R^2V
Spectres quotidiennes corrigé par le stade de lactation													
UMB 1	340	58,5	0,44	61,0	0,39	1,28		171	-10,5	1,11	66,2	65,5	0,46
UMB 2	214	38,6	0,72	44,7	0,62	1,61		110	-7,6	1,11	56,9	56,6	0,59
UMB 3	184	37,7	0,71	44,7	0,60	1,58		94	-17,7	1,22	54,9	52,2	0,68
UMB 4	158	43,2	0,66	46,5	0,60	1,59		78	-17,5	1,31	58,8	56,5	0,67
Moyenne des spectres collectés pendant les UMB, corrigée par le stade de lactation													
UMB 1	335	50,0	0,58	55,5	0,48	1,39		171	-1,0	1,01	59,3	59,5	0,55
UMB 2	219	45,4	0,60	49,7	0,52	1,45		110	-4,2	1,09	58,2	58,3	0,56
UMB 3	196	40,2	0,68	44,2	0,62	1,62		94	-4,9	1,08	54,7	54,8	0,62
UMB 4	170	51,1	0,51	52,5	0,49	1,40		78	-9,8	1,36	56,1	55,5	0,68

Tableau 3 Statistiques de calibration et de validation des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique basées sur des spectres MIR quotidiens du lait ou sur la moyenne des spectres collectés pendant différentes durées de mesure du CH_4 (g/j), corrigés par le stade de lactation

Variable phénotypique [1]	Calibration[2]							Validation[3]					
	n	SEC	R^2C	SECV	R^2CV	RPDCV		n	biais	pente	SEP	SEPC	R^2V
Spectres quotidiennes corrigé par le stade de lactation vs CH_4 mesurée sur 4 UBM													
Parité	160	50,8	0,49	52,4	0,46	1,36		78	-15,1	1,46	60,0	58,4	0,67
PL	161	52,7	0,48	55,2	0,42	1,32		78	-15,6	1,31	64,0	62,5	0,58
PLcor	161	52,6	0,48	55,3	0,42	1,32		78	-15,7	1,31	64,1	62,6	0,58
Parité + PL	160	51,6	0,48	53,2	0,45	1,35		78	-15,3	1,35	63,2	61,8	0,60
Parité + PLcor	161	52,5	0,48	55,1	0,42	1,32		78	-15,8	1,31	63,2	61,6	0,59
Moyenne des spectres collectés pendant les UMB, non corrigée par le stade de lactation vs CH_4 mesurée sur 4 UMB													
Parité	158	37,6	0,72	44,7	0,61	1,60		78	-11,4	1,09	49,4	48,4	0,73
PL	160	38,5	0,72	46,0	0,60	1,59		78	-8,3	1,16	50,9	50,5	0,72
PLcor	160	38,5	0,72	46,0	0,60	1,59		78	-8,6	1,16	50,8	50,4	0,72
Parité + PL	161	38,1	0,73	46,6	0,59	1,56		78	-9,7	1,13	50,1	49,5	0,72
Parité + PLcor	161	38,1	0,73	46,6	0,59	1,56		78	-9,7	1,13	50,3	49,6	0,72

Tableau 4 Statistiques de calibration et de validation des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique basées sur des spectres MIR quotidiens du lait ou sur la moyenne des spectres collectés pendant différentes durées de mesure du CH_4 (g/j), et l'ajout des variables explicatives phénotypiques supplémentaires.

Effets des conditions climatiques et du chargement à l'alpage sur l'ingestion d'herbe et l'activité physique de génisses croisées

Effects of climatic conditions and stocking on grass intake and physical activity of cross-bred heifers

FAIVRE-PICON R., MOREL I., LERCH S.
Groupe de recherche Ruminants, Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

INTRODUCTION

Le changement climatique se manifeste sous forme d'épisodes climatiques extrêmes à fréquence variable causant des variations de disponibilité et de qualité de l'herbe au pâturage (Bernabucci, 2019). L'objectif de cette étude est d'observer la réponse de génisses croisées en termes d'ingestion et d'activité physique en fonction des conditions climatiques et du taux de chargement à l'alpage.

1. MATERIEL ET METHODES

Cette étude (autorisation n°2020_45_FR) a été réalisée en juillet 2021 à l'alpage de La Frêtaz (Bullet, Suisse, 1200 m d'altitude). Elle a été conduite sur 16 génisses (290 ± 16 kg PV) issues d'un croisement entre une mère Brune Suisse et un père Angus (×An, *n*=8) ou Limousin (×Li, *n*=8) réparties dans deux troupeaux de 32 animaux (génisses et bœufs) chacun. Quatre parcs ont été utilisés dans un schéma expérimental en carré latin 2×2 composé de deux périodes consécutives (P1 et P2) d'une durée de 10 j chacune et conduites selon 2 chargements (Ch) : faible, 0,36 UGB/ha et moyen, 0,54 UGB/ha. L'ingestion individuelle a été mesurée par la technique des doubles alcanes avec $C_{32}H_{66}$ comme marqueur externe et $C_{31}H_{64}$ ou $C_{33}H_{68}$ comme marqueurs internes en prélevant 1) de l'herbe matin et soir pendant les cinq derniers jours de chaque période par la méthode des bouchées simulées, poolée par troupeau et période et 2) des fèces le matin à J+1 par rapport à l'herbe, poolés par animal et période. Les valeurs nutritives et la digestibilité ont été déterminées parallèlement. L'activité physique des animaux a été mesurée à l'aide de podomètres (ITIN+HOCH®) fixés à la patte arrière gauche. Les données ont été analysées par ANOVA à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (v9.4), avec les effets fixes période, chargement, croisement, période × chargement, chargement × croisement et l'effet aléatoire animal.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La période P1 a été caractérisée par un fort épisode pluvieux (150 mm en 8 j sur 10; températures min = 9,6°C ; max = 14,5°C) alors que P2 était plus sèche (47 mm en 3 j sur 10; températures min = 12,4°C ; max = 18,4°C). L'herbe ingérée était de meilleure qualité nutritive en P2 avec 909 g MO, 125 g MA et 5,3 MJ NEV[1] contre 854 g MO, 124 g MA et 5,1 MJ NEV par kg MS en P1. Une augmentation moyen-ne de l'ingestion de +0,5 kg/j (P < 0,01) a été observée entre P1 et P2 (Tableau 1). Le chargement moyen a pénalisé l'ingestion uniquement en P1 avec 1 kg/j de MS en moins par rapport au chargement faible. La P2 sèche a été plus favorable à la croissance et disponibilité de l'herbe, ce qui a pu masquer l'effet du chargement sur l'ingestion (Per*Ch, P = 0,03). En P1, les digestibilités de la MS et de la MO ont été inférieures de respectivement 8,2 et 5,7 points pour le chargement moyen comparativement au faible, alors qu'en P2 des valeurs intermédiaires sont relevées (respectivement 6,6 et 4,2 points supérieures à P1 chargement moyen; Per*Ch, P < 0,001). Un effet du croisement a été observé uniquement sur l'ingestion, +0.8 kg/j supérieure (P < 0,01) chez les ×An par rapport aux ×Li, en accord avec les données du livre rouge (INRA, 2018). En P1 avec de fortes pluies, les animaux sont restés plus longtemps debout, se sont moins couchés, ont augmenté leur temps de marche et nombre de pas, en comparaison de P2 (P < 0,001). De plus, avec le chargement moyen en P1, les animaux sont restés davantage debout (P < 0,01) sans marcher plus, en comparaison du chargement faible. A contrario en P2, seuls les déplacements étaient plus nombreux avec le chargement moyen (Per*Ch, P = 0,05).

[1] Energie nette pour la production de viande (système suisse).

CONCLUSION

Pour réduire la vulnérabilité aux différences de disponibilité et qualité des fourrages liées à des évènements climatiques extrêmes au pâturage, les éleveurs disposent de différents leviers d'action. A l'échelle du troupeau, les animaux peuvent adapter leur comportement aux conditions climatiques, leur permettant de sélectionner les fourrages qu'ils vont consommer. A l'échelle du système de production, les stratégies maximisant la flexibilité d'utilisation des ressources fourragères peuvent permettre d'améliorer la résilience des systèmes.

Les auteurs remercient Mathias Amstutz et le Groupe de recherche en chimie des aliments pour animaux (Agroscope) pour leur assistance technique.

Bernabucci U., **2019**. Animal Frontiers 9, 3-5
INRA, **2018**. Editions Quae, Versailles, France. 728 p.

	Période (Per)											
	1 (Humide)		2 (Sèche)									
	Taux de Chargement (Ch)				Croisement (Cr)			*Valeurs P*				
	Faible	Moyen	Faible	Moyen	×An	×Li	SEM	Per	Ch	Cr	Per*Ch	Ch*Cr
Poids Vif (kg)	287[bc]	281[c]	296[ab]	298[a]	294	286	5,4	<0,001	<0.01	0,33	0,61	0,29
Ingestion (kg/j)[1]	6,2[a]	5,2[b]	5,9[a]	6,6[a]	6,2	5,4	0,26	<0,01	0,38	<0,01	0,03	0,07
Digestibilité (%)												
MS	69,3[a]	61,1[b]	66,7[a]	68,6[a]	67,0	65,9	1,00	0,02	<0,01	0,31	<0,001	0,97
MO	72,7[a]	67,0[c]	70,0[b]	72,4[a]	70,8	70,2	0,72	0,03	0,01	0,47	<0,001	0,37
Activité Physique (%)												
Couché	38,2[b]	29,2[c]	45,5[a]	46,7[a]	40,6	39,2	1,32	<0,001	<0,01	0,36	<0,01	0,36
Debout	52,3[b]	61,3[a]	47,8[c]	45,6[c]	51,2	52,3	1,25	<0,001	<0,01	0,41	<0,01	0,36
Marche	9,6[a]	9,4[a]	6,7[c]	7,7[b]	8,2	8,4	0,33	<0,001	0,08	0,65	0,21	0,87
Nombre de pas/j	4022[a]	3922[a]	2534[c]	3111[b]	3361	3433	132,6	<0,001	0,04	0,65	0,05	0,98

× An = croisement Angus ; × Li = croisement Limousin ;. MO = matière organique
[1]Moyenne des ingestions mesurées avec $C_{31}H_{64}$ et $C_{33}H_{68}$ comme marqueurs internes
[a-d]Les moyennes ajustées pour l'interaction période × chargement présentant une lettre distincte sont significativement différentes (P < 0,05).

Tableau 1 Poids vif, ingestion, digestibilité et activité de génisses en fonction des conditions climatiques, du chargement et du croisement

Etude de l'impact du bâtiment et de l'adaptation des éleveurs de vaches laitières en Bretagne en situation de stress thermique

Study of the impact of housing and dairy farmer's adaptation in situation of heat stress in Brittany

DUPONT L. (1), SAILLARD Y. (1), JATTIOT M. (1)
(1) INNOVAL, rue Éric Tabarly – CS 80038 – 35538 NOYAL-SUR-VILAINE Cedex

INTRODUCTION

Le stress thermique chez la vache laitière est un sujet suscitant de plus en plus d'intérêt dans un contexte de réchauffement climatique. De nombreux programmes de recherche font état d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de stress thermique (Climatlait, 2020). 2 objectifs ont été définis dans le cadre de cette étude : 1) identifier des facteurs, principalement liés au bâtiment d'élevage, aggravant ou limitant l'impact du stress thermique, et 2) déterminer les leviers en termes de conduite du troupeau utilisés par les éleveurs pour limiter ces impacts.

1. MATERIEL ET METHODES

Pour répondre à ces objectifs, des enquêtes en élevages ont été réalisées en 2021. Le calcul du THI journalier (Température Humidité Index) de la station météo la plus proche de l'élevage (et à moins de 10 km), tel que défini ci-dessous permet de définir un épisode de stress thermique (THI du jour >68).

THI = (1,8 × TA + 32) – [(0,55 – 0,0055 × HR) × (1,8 × TA − 26)] (NRC, 1971), avec *TA : Température Ambiante en °C*
HR : Humidité relative en %

L'écart moyen de production par rapport aux 10 jours précédents a été calculé pour chaque jour de stress thermique, pour 65 élevages bretons (départements 22, 29, 56) en traite robotisée. Ceci a permis d'identifier les 20 élevages subissant le moins de pertes (groupe « impact faible ») et les 20 élevages en subissant le plus (groupe « impact fort ». 35 ont été enquêtés au final : réalisation d'un audit du bâtiment d'élevage, à partir du guide réalisé par Capdeville et Fagoo (2020), puis d'une interview recueillant le ressenti des éleveurs et les leviers mis en place en cas de stress thermique. 31 facteurs de risques « aggravant » et 8 facteurs « limitant » l'impact du stress thermique ont été collectés, et compilés pour obtenir 17 variables binaires (présence/absence) relatives à 9 facteurs généraux aggravants et 8 facteurs généraux améliorants.

L'impact de ces facteurs a ensuite été analysé avec le logiciel R (version 4.1.2) et son interface RStudio. Une Analyse en Composantes Multiples (ACM) a été effectuée avec le package FactoMineR.

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON ENQUETE

Le tableau 1 présente les caractéristiques principales de l'échantillon enquêté.

Groupe	Nb vaches traites	Niveau de production (kg/VL)	Ecart de production (%)
Faible (n=15)	97	9340	1,3
Fort (n=17)	95	9833	-2,2
Global	97	9622	-0,5

Tableau 1 : Description de l'échantillon enquêté

Les 2 groupes sont également homogènes en ce qui concerne la présence de pâturage, le système de traite, et la race.

Ces élevages subissent en moyenne sur la période (avril à octobre) un THI de 62.

2.1. IDENTIFICATION DES FACTEURS AUGMENTANT OU LIMITANT LES EFFETS DU STRESS THERMIQUE

Les facteurs aggravants les plus fréquemment identifiés sont le manque de points d'eau, une mauvaise circulation de l'air, et un manque d'ouvertures du bâtiment (respectivement 87,84 et 81% des cas).

Parmi les facteurs limitant les effets du stress thermique, on retrouve la réduction du rayonnement solaire sur le toit, la création de courants d'air et la présence d'ouvertures modulables dans respectivement 87, 75 et 50 % des cas.

L'analyse factorielle et les tests du Chi² n'ont montré aucun effet significatif permettant de discriminer les 2 groupes définis.

Les seules différences observées, bien que non significatives, confirment que dans le groupe des élevages à fort impact, 88% des bâtiments ont été qualifiés de « manque d'ouvertures », contre 53% dans l'autre groupe. Et inversement, 93% des élevages subissant un faible impact réduisent le rayonnement solaire sur le toit, contre 65% pour les autres.

2.2. ADAPTATION DES ELEVEURS LORS D'EPISODES DE STRESS THERMIQUE

91% des éleveurs interrogés affirment activer des leviers en cas de stress thermique. La majorité (n=28) augmente les surfaces de ventilation naturelle à l'aide d'ouvertures modulables, ou supplémente les vaches en bicarbonate de sodium (n=16).

3. DISCUSSION

La non-signicativité des résultats peut s'expliquer premièrement par le faible échantillon enquêté (n=35), du fait de contraintes logistiques. Ensuite, les élevages ont été qualifiés selon la baisse de lait engendrée (ou non) lors d'épisode de stress thermique. Or, la baisse est très faible, y compris pour le groupe « impact fort », ce qui explique qu'il soit difficile de les discriminer. Enfin, les épisodes de stress thermique ont été définis à partir d'un THI calculé à l'échelle d'une station météo et non dans les élevages directement, ce qui engendre une imprécision.

CONCLUSION

Aucun de ces facteurs identifiés, qu'ils soient positifs ou négatifs, n'a eu d'effet significatif sur le fait que les élevages soient fortement impactés ou non.

Il est intéressant de constater que bien qu'étant le facteur aggravant le plus souvent identifié, la gestion de l'abreuvement est un levier très peu souvent activé par les éleveurs lors d'épisode de stress thermique. Cette conclusion a permis de renforcer les messages diffusés par Innoval sur le terrain.

Climatlait, IDELE
Fagoo,B. 2020, Améliorer le confort thermique des vaches laitières en bâtiment en période chaude. CNIEL, France
NRC, 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. National Academy of Sciences, Washington, DC

Etude de l'importance et des conséquences du stress thermique sur la vache laitière et les élevages en Bretagne

Study of the importance and consequences of heat stress on dairy cows and farms in Brittany

DUPONT L. (1), SAILLARD Y. (1), JATTIOT M. (1)
(1) INNOVAL, rue Éric Tabarly – CS 80038 – 35538 NOYAL-SUR-VILAINE Cedex

INTRODUCTION

Le stress thermique chez la vache laitière est un sujet suscitant de plus en plus d'intérêt dans un contexte de réchauffement climatique. De nombreux programmes de recherche font état d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de stress thermique (Climatlait, 2020). INNOVAL a donc souhaité objectiver l'importance de ce phénomène sur 3 départements bretons (objectif 1), ainsi que ses conséquences sur la production laitière (objectif 2).

1. MATERIEL ET METHODES

Pour répondre à l'objectif 1, les données journalières sur la période avril à septembre 2017 à 2020 de 43 stations météo des départements 22, 29 et 56 ont été utilisées pour identifier les épisodes de stress thermique, en utilisant l'indicateur THI (Température Humidité Index), défini tel que :
THI = (1,8 × TA + 32) – [(0,55 – 0,0055 × HR) × (1,8 × TA − 26)] (NRC, 1971), avec
TA : Température Ambiante en °C
HR : Humidité relative en %
Plusieurs niveaux de stress thermique ont ensuite été définis (Fagoo *et al.*, 2020).

Pour répondre à l'objectif 2, les données quotidiennes de production individuelles de 65 élevages en traite robotisée situés à moins de 10 km d'une station météo ont été utilisées, sur les mêmes périodes. 2 indicateurs de production à l'échelle de l'élevage ont été calculés : la production moyenne par vache laitière et par jour (PL), et l'écart de production par rapport à la moyenne des 10 derniers jours (en %). Les niveaux de stress thermique ont été utilisés comme variable explicative.
Le logiciel R (version 4.1.2) et son interface RStudio ont été utilisés pour l'agrégation des différentes données ainsi que pour les analyses statistiques (test de Student et modèles mixtes linéaires, construits à l'aide du package lmer en intégrant un effet aléatoire de l'élevage).

2. RESULTATS

2.1. DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON ETUDIE

En ce qui concerne les données météorologiques, le THI journalier moyen d'avril à septembre est de 60,2 (écart-type de 5,8), avec un minimum de 39,5 et un maximum de 80,8.
En moyenne, on observe 13,5 jours avec un THI>68 chaque année, avec une hétérogénéité sur le territoire étudié (de 5 à 30 jours). En effet, une analyse cartographique a montré la présence d'un gradient N-O/ S-E, les stations du Morbihan étant plus souvent touchées par des épisodes de stress thermique.
Les données de production sont présentées dans le tableau 1.

Variable	Min	Moyenne	Max	Ecart-type
PL/vache/j (Kg)	15,2	**29,5**	40,1	3,3
Ecart de production (%)	-14,9	**-0,06**	15,21	3,57

Tableau 1 : Statistiques descriptives des données de production

2.2. CONSEQUENCES SUR LA PRODUCTION LAITIERE

Quelle que soit la façon de l'exprimer (THI de la veille, THI des 3 jours passés, classes de THI du jour etc…), un épisode de stress thermique a eu un effet négatif significatif (p<0,05) sur la production laitière.
En revanche, les effets ont été très faibles (figure 1), et plus marqués à partir du seuil de 68.

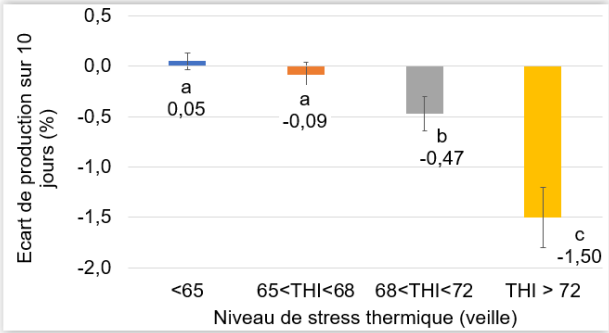


Figure 1 : Ecart de production de lait par rapport à la moyenne des 10 jours précédents (%) selon le niveau de stress thermique de la veille

La comparaison des différents modèles mixtes linéaires a montré qu'exprimer un épisode de stress thermique en utilisant le THI moyen des 7 jours précédents avait le plus d'impact (bien que très modéré) sur la production laitière.

3. DISCUSSION

Les résultats observés sont particulièrement faibles, ce qui va à l'encontre de certaines publications et des remontées du terrain. Utiliser des données de stations météorologiques est moins précis que d'évaluer le THI dans le bâtiment, d'autant plus que la conception de celui-ci a un impact très important. L'idéal aurait été d'utiliser un autre indicateur, tenant compte du rayonnement, qui est le HLI (Heat Load Index) (Wang *et al.*, 2018).
De plus, utiliser des THI moyens ne permet pas de tenir compte de l'effet cumulatif (nombre de jours consécutifs en stress thermique) et de l'intensité des pics de chaleur.

CONCLUSION

L'analyse des données météorologiques a permis de confirmer la présence du stress thermique sur l'ensemble de la zone d'étude, bien que plus marquée dans le sud du Morbihan.
L'analyse des données de production a permis de valider le seuil de stress thermique pour un THI=68, à partir duquel la production laitière commence à diminuer, bien que très peu dans cette étude. Prendre en compte une période de 7 jours semble également être le plus pertinent.

Climatlait, IDELE
Fagoo, B. 2020, Améliorer le confort thermique des vaches laitières en bâtiment en période chaude. CNIEL, France
NRC, 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. National Academy of Sciences, Washington, DC
Wang et al, 2018. Biosystems Engineering, 167,87-98

Evolution des corrélations animales entre méthane, ingestion, production laitière, poids et note d'état corporel au cours de la lactation chez la vache Holstein

Evolution of animal correlations between methane, feed intake, milk production, body weight and body condition score along lactation for Holstein cows

FRESCO S. (1, 2), BOICHARD D. (2), FRITZ S. (1), BABREY S. (3), GABORIT M. (3), MARTIN P. (2)
(1) Eliance, Maison Nationale de l'Elevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12
(2) Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350 Jouy-en-Josas
(3) INRAE UE326 Domaine Expérimental du Pin, 61310 Exmes

INTRODUCTION

Le méthane représente près de 45% des émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2021), et il est principalement issu de la fermentation entérique des ruminants et en particulier des bovins. Ces derniers contribuent ainsi de façon défavorable au changement climatique. La sélection des individus les moins émetteurs est un levier cumulatif et pérenne, rendu possible par une héritabilité de l'ordre de 15 à 25% (Lassen and Løvendahl, 2016 ; Pszczola et al., 2017). Cependant, pour intégrer le méthane dans un objectif de sélection, il est essentiel de connaître ses corrélations avec les autres caractères en sélection.

1. MATERIEL ET METHODES

Le dispositif expérimental a impliqué 107 vaches Holstein en lactation 1 (n=64) et 2 (n=43) entre décembre 2019 et novembre 2021 à la station expérimentale INRAE du Pin-Au-Haras. La production laitière journalière (L) des vaches au robot a été corrigée (LC) pour les taux protéique (TP) et butyreux (TB) selon la formule suivante : LC = L x (0,337 + 0,116 TB + 0,06 TP). La matière sèche ingérée (MSI) d'une ration complète complémentée par 3 kg de concentré était mesurée individuellement. Le poids vif (PV) des animaux était mesuré automatiquement à chaque traite. Une note d'état corporelle (NEC) était attribuée une fois par mois. Les émissions de méthane, en g/j, étaient mesurées grâce à deux GreenFeed (C-Lock Inc, Rapid City, SD, USA) en libre accès. Elles ont été corrigées pour l'heure de la journée et un effet unité GreenFeed x semaine. Toutes les variables, excepté la NEC, ont été moyennées par semaine de lactation. Les émissions de méthane ont été exprimées en g/j (CH4), en g/kg MSI (CH4y) et en g/kg LC (CH4i) en divisant CH4 par MSI et LC respectivement. Pour analyser les corrélations entre variables au cours de la lactation, un modèle de régression aléatoire a été utilisé, incluant un effet fixe pour les groupes de contemporains (mois de l'année) ; des splines avec 6 nœuds (semaines 1, 3, 6, 13, 30 et 43) pour modéliser l'effet de la covariable stade x rang de lactation ; et des polynômes de Legendre d'ordre 2 pour modéliser l'effet animal aléatoire.

Tableau 1 Statistiques des variables étudiées

	Moyenne (Écart-type)	Minimum	Maximum
CH4 (g/kg)	441,2 (86,5)	156,9	847,6
CH4i (g/kg LC)	11,7 (2,6)	3,5	29,3
CH4y (g/kg MSI)	18,3 (4,1)	6,9	108,8
MSI (kg)	24,1 (3,6)	3,9	34,0
LC (kg)	38,1 (7,0)	12,1	60,0
PV (kg)	678,2 (74,2)	501,3	942,6
NEC	3,1 (0,7)	1,5	5

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les corrélations entre CH4 et MSI, LC et PV sont positives et élevées, confirmant que les émissions de méthane augmentent avec l'ingestion, elle-même positivement influencée par la production laitière et le poids de l'animal. La corrélation entre CH4 et MSI reste cependant modérée (<0.65), suggérant la possibilité d'une sélection contre le méthane à ingestion constante. Les corrélations entre CH4y et les 4 autres caractères sont faibles (entre -0.25 et 0.25), permettant une contre-sélection des émissions de méthane par kg de matière sèche ingérée avec un impact très modéré sur les autres caractères. CH4i présente une corrélation négative faible avec MSI (>-0.25) et une corrélation négative forte avec LC (<-0.5). Ce caractère traduit la dilution des émissions de méthane, à travers l'augmentation de LC, permise notamment par une augmentation de MSI et une mobilisation accrue des réserves corporelles (diminution PV et NEC).

CONCLUSION

Une contre-sélection des émissions de méthane entrainera une adaptation des objectifs de sélection actuels. Elle serait possible pour les trois unités de méthane, avec cependant une faible marge de manœuvre pour CH4 et une augmentation de MSI et LC pour CH4i. CH4y semble le plus facile à sélectionner car le plus décorrélé aux autres caractères, avec néanmoins la difficulté d'obtenir des phénotypes à grande échelle.

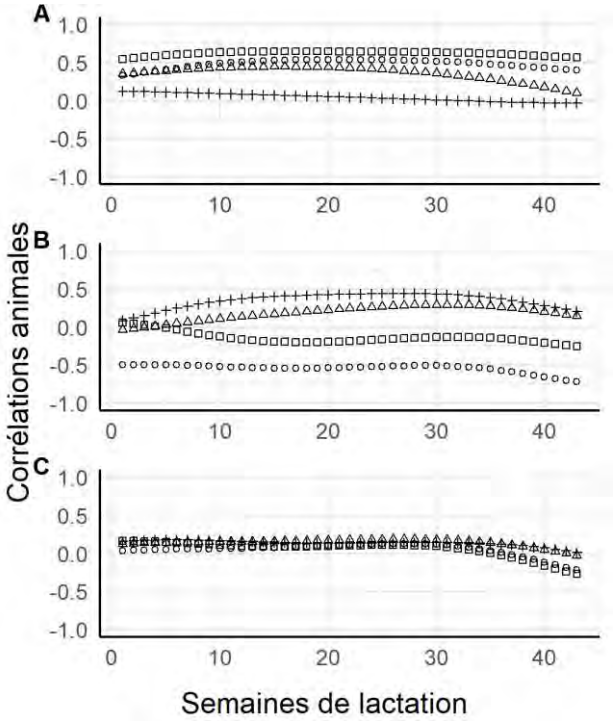


Figure 1 Corrélations animales entre méthane, ingestion (MSI, □), production laitière corrigée (LC, ○), poids (PV, ∆) et note d'état corporel (NEC, +). Le méthane est exprimé en g/j (CH4, A), en g/kg LC (CH4i, B) ou en g/kg MSI (CH4y, C).

Lassen J., Løvendahl P., 2016. J. Dai. Sci., 99, 1959-1957
Ministère de la transition écologique et solidaire Commissariat général au développement durable, 2021
Pszczola M., Rzewuska K., Mucha S., Strabel T., 2017. J. Ani. Sci, 95, 4813-4819

Le pastoralisme sur les grands parcours des régions arides du sud méditerranéen : typologie des systèmes d'élevage transhumant

Pastoralism on arid rangelands of the Southern Mediterranean: typological analysis of breeding systems of transhumant herds

A. ATOUI (1), A. LAROUSSI (1), M. ABDENNEBI (1), S. NAJARI (1).
(1) Laboratoire Elevage et Faune Sauvage, Institut des régions Arides, Médenine 4119. Université de Gabès, Tunisie.

INTRODUCTION

L'élevage pastoral, d'abord nomade et actuellement transhumant, représente une activité principale de valorisation des ressources pastorales des régions arides du Sud Méditerranéen, sous des conditions arides restrictives et irrégulières. L'évolution que ce secteur a lui attribué des caractéristiques structurelles et fonctionnelles qui permettent de tamponner les impacts des stress environnementaux et d'optimiser la valorisation des ressources disponibles qui sont en régression croissante sous les effets notables du changement climatique. L'usage de ressources génétiques adaptés, la mobilité des troupeaux, ainsi que le savoir-faire des bergers, représentent les principaux atouts du secteur. La consolidation de la résilience du pastoralisme doit se reposer sur une typologie qui identifie ses modes de gestion des facteurs de survie et de production.

1. MATERIELS ET METHODES

Les informations collectées à travers l'exécution de 187 questionnaires dans la zone pastorale du sud tunisien, a permis de collecter les informations relatives à 134 variables qualitatives et quantitatives qui décrivent les aspects sociaux professionnels des élevages, le mode de la conduite, la composition du troupeau, les mouvements des effectifs, et aussi, les relations des élevages avec leur environnement naturel et économique. La typologie a fait recours à l'applicationdes analyses factorielles des correspondances multiples AFCM afin d'identifier les principaux systèmes pastoraux et leurs caractéristiques structurelles et ensuite fonctionnelles. Les axesfactoriels sont définis par les distances Chideux des modalités, soit donc, des combinaisons linéaires des variables discriminant au mieux les individus d'après leur association. La valeur propre associée à un axe quelconque est l'inertie des coordonnés des points modalités projetées sur cet axe (Najari, 2005).
Pour réaliser l'AFCM et afin de contourner les covariancesentre elles, nous avons construire des proxys variables pour créer une nouvelle représentation des informations qualitatives enregistrées et qui illustrent des " réalités "corrélées, telle que le cas des performances de reproduction (nombre de chèvres mises à la lutte, nombre des chèvres mises bas, nombre de chevreaux nés, ...) Ensuite, toutes les variables qualitatives et les proxy variables ont été réparties en modalités ou classes en respectant leur dénombrement. Ainsi l'AFCM a concerné une matrice complètement formée de variables qualitatives.

2. RESULTATS

La qualité globale d'explication, obtenue par la somme des pourcentages de variance des axes considérés interprétables, parait suffisante pour dissocier les principaux systèmes pastoraux. La forte variabilité accordée au 1er axe témoigne de corrélations entre les variables. Le tableau 1 affecte à chaque axe factoriel, des trois premiers, les variables explicatives qui représentent les principales sources de sa valeur propre. Les résultats indiquent que le plan factoriel Axe1/Axe2 distingue quatre systèmes d'élevage, un premier système oasien, un deuxième périurbain et deux systèmes pastoraux transhumants. La distinction parait tributaire des conditions d'élevage de chaque zone, des ressources en eau et en parcours, des modes de conduite et des performances des troupeaux ovins caprins (Najari, 2005).

Axe	% Variance	Variables
1	Γ = 23,13	Fertilité, Fécondité, Avortement
2	Γ = 14,60	Sexe ratio, Transhumance
3	Γ =12,73	Eau, Raison de vente

Tableau 1 : Variables explicatives des trois premiers axes AFCM.

Les deux systèmes pastoraux continuent à pratiquer massivement la transhumance (dans plus de 80% des cas, et en moyenne pendant 7 mois de l'année) pour faire face à l'irrégularité des ressources pastorales. Le premier système tend à réduire ses déplacements et à installer un mode de conduite agropastoral qui reflète l'aisance relative de ses éleveurs, et qui se traduisent par les meilleures performances (taux de fertilité>85%) et la vente tardive des jeunes (5-6 mois d'âge). Les éleveurs de la plaine désertiques (système 2) parcourent les distances les plus longues pour subvenir aux besoins en eau et en parcours de leurs troupeaux de grandes tailles (une moyenne de 256 têtes/ troupeau). Pour ce que représente les systèmes transhumance au niveau de l'échantillon, ils regroupent environ 60% des élevages enquêtés mais plus pour le cheptel concerné. En effet, il s'agit de grands troupeaux ovins caprins et qui reçoivent les animaux de plusieurs propriétaires.

3. DISCUSSION

La typologie des systèmes pastoraux manifeste la capacitédu pastoralisme à adapter ses structures et ses modes de conduite pour contre carrer la rareté des ressources et leur irrégularité. La nature collective des parcours et des points d'eau, justifient le maintien de troupeau de grande taille parait l'objectif principal et une sorte de capitalisation puisque les charges sont indépendantes des effectifs. Les performances des troupeaux sont faibles et reflètent l'état des ressources disponibles. L'importance du savoir-faire pastoral reste le principal facteur de réussite de la conduite et de réduction des pertes en bétail et en produits.

CONCLUSION

En dépit de ses crises approfondies par les changements climatiques, le pastoralisme manifeste des capacités notables pour optimiser la gestion des ressources pastorales et génétiques locales des régions arides du sud Méditerrané. Il demeure la solution propice pour valoriser les ressources et soutenir l'économie et l'emploi des sociétés pastorales. Toutefois, la disparition du savoir-faire et la privatisation des parcours collectifs risquent de compromettre l'avenir du secteur et ses capacités de résilience.

Najari, S. 2005. Thesis (Ph D. in Agronomy) : Caractérisation zootechnique et génétique d'une population caprine locale. Institut National Agronomique de Tunis.

Sélection des modèles statistiques d'estimation du poids à la naissance en fonction des mesures morphométriques chez les chevreaux locaux.

Selection statistical models for estimating local kids' birth weight using morphometric measurements.

A. ATOUI (1), A. LAROUSSI (1), M. LASOUED (1), M. ABDENNEBI (1), S. NAJARI (1).

(1) Laboratoire Elevage et Faune Sauvage, Institut des régions Arides, route El jorf km 22.5 Médenine 4119. Université de Gabès, Tunisie.

INTRODUCTION

Le poids à la naissance est l'un des caractères le plus considéré dans les schémas d'amélioration génétique du caprins, surtout au sein des modes d'élevage allaitant. L'information sur le poids à la naissance n'est pas toujours disponible au niveau des troupeaux ambulants sur les vastes parcours. En effet, l'élaboration d'un ensemble des équations mathématiques d'estimation du poids par un nombre réduit de mensurations morphométriques, rend possible d'estimer le poids individuel des animaux sans nécessiter le pesage à jeun qui n'est pas toujours réalisable eu regards le mode de la conduite et l'infrastructure disponible. L'objectif de ce travail est de concevoir des modèles statistiques pour estimer le poids à la naissance des chevreaux locaux sur la base de mesures corporelles définies afin de fournir une méthode rapide, facile et précise pour déterminer le poids à la naissance dans les systèmes d'élevage lorsque l'utilisation des balances est limitée.

1. MATERIELS ET METHODES

Un total de 128 chevreaux issus de 89 chèvres et 9 boucs ont été suivi. Les chevreaux sont pesés à la naissance et identifiés. Un ruban métrique a été utilisé pour mesurer les paramètres morphométriques qui sont **L1** : tour de ventre ; **L2** : périmètre thoracique et **L3** : tour de cou. Les formules barymétriques ont été déterminées grâce aux logiciels SPSS.20 en utilisant la méthode de régression multiple. Le poids à la naissance **(PN)** est considéré comme la variable dépendante. Les différentes équations ont été comparées sur la base de leur coefficient de détermination (R^2). Les techniques de la régression linéaire pas à pas (stepwise) permettent de guider ce choix. En effet, ces analyses donnent des classifications des variables explicatives (par des R^2 ajustées) selon leur importance dans l'estimation de la variable expliquée, qui est le PN dans notre cas.

2. RESULTATS

Les moyennes arithmétiques du PN et des paramètres morphométriques à la naissance sont présentées dans le tableau1.

Variables	N	Min	Max	ET	Moy
PN (Kg)	80	1,50	3,70	0,49	2,45
L1	80	21	42	3,61	31,74
L2	80	24	40	2,86	32,16
L3	80	8	14	2,55	10,67

Tableau 1. Paramètres statistiques du PN et des caractères morphométriques à la naissance chez les chevreaux locaux.

Le chevreau local nait avec un poids moyen de2,45kg. Les paramètres morphométriques moyenne sont 31,74cm ; 32,16cm et 10,67cm respectivement pour L1, L2 et L3. Tous les modèles utilisés pour estimer le PN étaient significatifs (Tableau2). Pour les modèles avec une seule covariable (1…3), le modèle utilisant le « L2 » comme covariable (modèle 2) est le plus adéquat pour prédire le PN. Ce modèle expliquait 78,1% de la variabilité du PN. Le modèle 3 utilisant le tour de cou (L3) comme covariable expliquait 71% de la variabilité du PN. La valeur de R^2 pour L3 est intéressante mais elle est plus faible en comparaison avec le modèle 2. Le modèle contenant les trois covariables avait le R^2 le plus élevé.

DISCUSSION

Le chevreau local est caractérisé par une petite taille corporelle et un poids léger. Les résultats contribuent à une meilleure connaissance des paramètres corporels appropriés aux chevreaux locaux ; ce qui offre au développeur des indicateurs d'une importance considérable au niveau de la gestion des ressources génétiques animales. La petite taille à la naissance est une caractéristique de la plupart des races élevées dans des conditions arides (Najari,2005). Le modèle à deux variables (le périmètre thoracique (L2) et le tour de cou (L3) parait le modèle le plus propice pour prédire le PN puisque l'incorporation davantage de mensurations n'a pas abouti à des R^2 supérieurs à 0,80. Des résultats similaires ont été obtenus par Shirzeyli et al. (2013). En effet, même dans les conditions où le pesage des chevreaux est difficile, il serait possible d'estimer son PN à travers des simples mesures. Ce qui permet de gérer la conduite par la prédiction des productions et des besoins des animaux et des troupeaux. Egalement, l'estimation du PN offre aux sélectionneurs une idée précieuse sur un phénotype généralement utilisé dans les indices de sélection, surtout pour cet élevage allaitant ayant la viande du chevreau comme produit principal (Najari,2005).

CONCLUSION

Pour les modèles avec une seule variable, la valeur de R^2 était plus élevée lorsque le périmètre thoracique était la covariable. Cette mesure doit être utilisée comme une référence pour déterminer le PN dans des conditions de terrain lorsque plusieurs mesures ne sont pas possibles. Cependant, la prédiction du PN est améliorée en utilisant plusieurs mesures morphométriques. Le modèle à deux covariables (le périmètre thoracique (L2) et le tour de cou (L3)) parait le modèle le plus adéquat

Shirzeyli FH., Lavvaf A., Asadi A., 2013. Estimation of body weight
Najari, S. 2005. Thesis (Ph D. in Agronomy) – Institut National Agronomique de Tunis

Equations de prédiction	A0	A1	A 2	A3	R^2	Ecart-type d'erreur
(1) Yi= A0 + A1*x1	-2,669	0,162	------	-------	0,641	0,44
(2) Yi= A0 + A2 *x2	-1,563	---------	0,125	---------	0,781	0,56
(3) Yi= A0 + A3 *x3	0,624	---------	---------	0,171	0,710	0,34
(4) Yi = A0+A1*x1+A2* x2	-7,718	0,140	0,178	---------	0,801	0,54
(5) Yi = A0+A1*x1+ A3 *x3	-6,220	0,170	-------	0,299	0,812	0,64
(6) Yi = A0 + A2 *x2+ A3 *x3	-3,941	-------	0,144	0,165	0,820	1,08
(7) Yi = A0+A1*x1+A2* x2+ A3 *x3	-8,431	0,144	0,150	0,140	0,827	0,88

Tableau 2. Modèle d'estimation du poids à la naissance en utilisant l'analyse de la régression multiple.

Yi = Poids à la naissance en kg, A0 = Intercept de la droite de meilleur ajustement, x1 = L1, x2 = L2, x3 = L3 ; A1, A2, A3 =Coefficient de régression partielle du PN sur les paramètres L1, L2, L3 respectivement. R^2= coefficient de détermination.

Stratégie alimentaire d'adaptation de l'élevage ovin à la pénurie de fourrage et de sécheresse imprévue pour la finition des agneaux

Feeding strategy for adapting sheep farming to shortage of fodder and unexpected drought for finishing lambs

ALEGRE J. (1), KOUAME Y.A. (2) et BRUNET S. (1)
(1) SICA SA ALICOOP – 46 route de la Gasse aux Loups – 79 800 PAMPROUX
(2) LEGTPA de Magnac-Laval – 87 190 MAGNAC LAVAL

INTRODUCTION

Depuis 50 ans, les systèmes fourragers pour l'élevage des ruminants se sont adaptés aux aléas climatiques (Lemaire et Pflimlin, 2007). Les pratiques de conduite alimentaire doivent également s'adapter aux sécheresses imprévues en mettant en œuvre des stratégies de résilience en sortant du cadre du système fourrager habituel (Amigue *et al.,* 2006).
En élevage ovin, la paille de céréales est préconisée comme fourrage grossier à la place du foin, notamment pour les agneaux finis en bergerie disposant de concentré (Sagot *et al.,* 2017). Les précédentes années ont connu des pénuries de paille de qualité alimentaire à cause notamment des faibles rendements et des fortes demandes. Les éleveurs doivent donc trouver de nouvelles alternatives pour nourrir leur troupeau. Depuis plusieurs années, la SICA ALICOOP (Deux-Sèvres) étudie des rations sans apports de fourrages à l'auge pour les petits ruminants, avec un aliment unique complet, qui peuvent pallier au manque ponctuel de foin et de paille. C'est la conduite TOTAL. L'objectif de notre étude est de comparer l'effet d'une conduite alimentaire TOTAL à une conduite conventionnelle à base de concentré et de paille sur les performances des agneaux lors de la période de finition en bergerie.

1. MATERIEL ET METHODE

L'essai a été réalisé avec des agneaux mâles croisés (Texel X Romane) nés en janvier 2020. Avant sevrage, les agneaux étaient conduits en bergerie sous la mère. La mise en lot a été réalisé lors du sevrage selon la taille de la portée de naissance, l'âge et le poids âge type à 30 jours (PAT30). Le dispositif expérimental comprenait 2 lots de 42 agneaux différant selon la conduite alimentaire. Le lot TEMOIN a été alimenté selon la conduite habituelle de l'exploitation à base de concentré en granulés (4mm ; 16% MAT, 41% Amidon+Sucre, 7% cellulose brute) distribué à volonté et de paille de céréales en râtelier. Le lot ESSAI était alimenté avec un aliment complet unique en granulés (8mm ; 14,5% MAT, 34% Amidon+Sucre, 11% cellulose brute) distribué à volonté, sans apport de paille comme fourrage, selon la conduite TOTAL. Pour les 2 conduites alimentaires, les apports nutritionnels étaient similaires (CMV, chlorures). Les 2 lots ont été conduits en contemporains dans une même bergerie. Les quantités des aliments distribués et les refus (concentrés, paille) ont été pesées respectivement tous les jours et une fois par semaine. Les agneaux ont été pesés au sevrage et avant abattage. Les poids et les classements des carcasses ont été collectés (EDE 87). Un traitement statistique a été réalisé sur les résultats individuels de performance par une comparaison des moyennes (ANOVA) avec le logiciel SPPS Statistics (IBM).

2. RESULTATS

2 .1. Consommation de paille et concentrés

Pour toute la période de finition, la conduite du lot TEMOIN a nécessité une distribution totale de 22,4 kg de paille par agneaux en moyenne (litière et râtelier), alors que le besoin du lot ESSAI a été estimé à 10,2 kg par agneaux, uniquement pour la litière.
La consommation totale en concentrés a été de 54,86 kg par agneaux en moyenne pour le lot TEMOIN contre 56,57 kg pour le lot ESSAI. Dans les 2 lots, les agneaux ont consommé en moyenne 1,6 kg de concentrés par jour. Avec des agneaux de plus de 40 kg à l'abattage, cette consommation correspond aux recommandations dans le cas de distribution de concentrés à volonté (Sagot *et al.,* 2017).

2 .2. Performances zootechniques

Pour les 2 lots, les agneaux ont été sevrés entre 60 et 90 jours d'âge et tous les agneaux ont été abattus avant 150 jours, comme recommandé par Sagot *et al*. (2017).
La conduite TOTAL du lot ESSAI a permis des performances zootechniques (poids vifs, GMQ et poids de carcasse) similaires à ceux mesurés pour le lot TEMOIN (Table 1). Les GMQ sevrage-abattage pour les 2 lots sont de l'ordre de 430 gr/jour.

2 .3. Qualité des carcasses

Les carcasses obtenues avec les 2 conduites alimentaires étaient semblables en conformation et en état d'engraissement (Table 2).

CONCLUSION

Avec la conduite TOTAL, les performances des agneaux finis en bergerie étaient similaires à ceux obtenus avec une conduite conventionnelle avec un apport de paille comme fourrage. Notre étude a montré la possibilité d'alimenter et de commercialiser des agneaux en période de pénurie de fourrage, notamment lors de pénurie imprévue de paille alimentaire. La conduite TOTAL peut aider à la résilience des élevages ovins.

Lot	EMOIN	ESSAI	Effet Conduite
PAT30 (hg)	118,07 ± 25,26	115,76 ± 29,84	NS
Age sevrage (jours)	5,17 ± 7,67	75,81 ± 7,69	NS
Poids sevrage (kg)	9,34 ± 4,36	28,27 ± 5,12	NS
Durée finition (jours)	4,79 ± 14,49	33,71 ± 13,43	NS
Poids vif à la fin finition (kg)	2,48 ± 2,02	42,66 ± 2,49	NS
GMQ finition (gr/jour)	30,23 ± 84,61	434,34 ± 67,86	NS
Poids carcasse (kg	0,27 ± 1,22	20,48 ± 1,41	NS
Rendement carcasse (%)	7,5 ± 2,2	48,0 ± 2,1	NS

*(NS: non-significatif ; * :pvalue<0.05 ; ** : pvalue<0.01 ; *** :pvalue<0.001)*

Tableau 1 : Performances zootechniques selon la conduite alimentaire (moy. ± écart-type)

Lot		Témoin	Essai
Nb carcasse selon conformation	Classe R : Classe U :	2 40	1 41
Nb carcasse selon état engraissement	Classe 2 : Classe 3 :	30 12	30 12

Tableau 2 : Classement des carcasses des agneaux selon la conduite alimentaire

Nous remercions les collaborateurs de l'exploitation agricole du Lycée de MAGNAC LAVAL et la coopérative OCEALIA.

Amigues, J.P. *et al.,* 2006. In Rapport INRA ESCo sécheresse et agriculture.
Lemaire, G., Pflimlin, A., 2007. Fourrages, 190, 163-180.
Sagot, L. *et al.,* 2017. In Inn'Ovin (Editor), L'élevage et la finition des agneaux. France, 9-11.

Evaluation de l'effet des macroalgues et de leurs extraits sur la réduction du méthane lors des fermentations ruminale *in vitro*

In vitro screening of seaweeds and seaweeds extract against methane production of ruminant

POINT S. (1), LAZA-KNOERR A-L. (1), ROUILLE B. (2), EDOUARD N. (3), MARFAING H. (4)

(1) Agro Innovation International (CMI – TIMAC Agro), 18 av. Franklin Roosevelt, 35400 Saint-Malo, France
(2) Institut de l'Elevage, Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France
(3) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France
(4) Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, 83 Rue de Pen Lan, 22610 Pleubian

INTRODUCTION

Les algues marines sont utilisées en nutrition animale pour leurs propriétés nutritionnelles variées telles que la réduction des émissions de méthane ou la stimulation de la croissance (Kinley, 2011). La région Bretagne est un bassin particulièrement riche en algues diversifiées pouvant avoir de multiples applications (Robuchon et al., 2017). Cette étude a pour but d'évaluer la capacité anti-méthanogène des algues disponibles sur les côtes bretonnes lors des fermentations *in vitro* sur du jus de rumen. Elle s'inscrit dans le projet collaboratif METH'ALGUES, qui vise à valoriser des ressources locales pour limiter l'impact environnemental des ruminants.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude *in vitro* est basée sur la technique de production de gaz développée par le laboratoire de Nutrition Animale du CMI (Lessire et al, 2021). Le principe repose sur l'incubation de jus de rumen dans des conditions d'anaérobiose à 39°C selon le protocole de Menke et Steingass (1988). Un inoculum composé de jus de rumen frais filtré et de salive artificielle tamponnée (60ml proportion 1 :2) reproduit les fermentations du rumen en présence d'une ration type hivernale (ensilage de maïs + foin + concentré énergétique) à raison de 0,5g de MS. Le screening permet d'étudier 10 algues, disponibles sous 3 formes (sec, frais ou extrait) selon un plan d'expérience incomplet basé sur une étude bibliographique préalable identifiant les candidats d'intérêt pour la réduction du CH_4. Toutes les modalités sont testées à 0.5% de la MS de la ration. Quatre à huit flacons sont placés en étuve pour chaque modalité. Les paramètres étudiés après 24h de fermentation sont :

- Le volume et la composition du gaz
- La concentration en acides gras volatiles (AGV)
- La digestibilité de la ration (dMS, dNDF et dADF)

Une étude statistique par analyse de la variance multifactorielle a été réalisée pour évaluer les effets « algue », « nature », « dose de molécule active » (logiciel R-4.0.5).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Le screening montre un effet significatif des algues, de leur nature et des doses en molécules actives sur la majorité des paramètres suivis. L'extrait de *Fucus vesiculosus* réduit l'ensemble des paramètres de fermentation. Il diminue ainsi de près de 100% la production de méthane (CH_4) mais il dégrade les fermentations pouvant se traduire par une perte de performance pour l'animal en conditions réelles. Ce résultat semble cohérent avec les effets antimicrobiens connus pour les extraits de Fucus (Chouikhi, 2013).

Les algues rouges source de bromoforme ($CHBr_3$) sont particulièrement efficaces pour limiter le CH_4 avec des réductions de -20 à -85% selon les niveaux de molécules actives, en accord avec la littérature (de -11 à -100% ; Machado et al., 2016 ; Brooke et al., 2020). En effet, la dose de $CHBr_3$ impacte la diminution du CH_4 avec une dose maximum d'efficacité dès 0.13% de la MS.

CONCLUSION

Cette étude a mis en évidence les effets significatifs des algues sur la réduction de la production de CH_4 *in vitro*. Les algues rouges et le composé bromé qu'elles contiennent, sont très efficaces avec des effets variables en fonction de la concentration en molécule active. Compte tenu de ces résultats, la suite des travaux s'oriente vers des algues rouges et vertes abondantes en Bretagne respectivement *Chondrus* et *Enteromorpha* ainsi que sur les algues brunes *Fucus* et *Ascophyllum*, afin de mieux appréhender l'effet dose sur la réduction du CH_4 et les fermentations *in vitro* et *in vivo*.

Cette étude a été co-financée par les régions Bretagne et Pays de la Loire et par Lannion Trégor Communauté, avec le soutien de Valorial.

Kinley R.D. 2011. Thèse Dalhousie University, 183 pages
Robuchon M., Valero M., Thiébaut É., Le Gall L. 2017. J. Ecol., 105, 1791-1805.
Lessire F., Point S., Knoerr A., Dufrasne I. 2021. Dairy, 2(4), 542-555
Menke K.H. et Steingass H. 1988. Anim. Res. Dev. 28(1), 7-55
Chouikhi, A. 2013. CIPCA4" TAGHIT (Bechar)–Algeria.
Machado L., Magnusson M., Paul NA., Kinley R., Nys R. de, Tomkins N. 2016. J Appl Phycol 28:1443–1452.
Brooke CG., Roque BM., Shaw C., Najafi N., Gonzalez M., Pfefferlen A., Anda V. de, Ginsburg DW., Harden MC., Nuzhdin SV., Salwen JK., Kebreab E., Hess M., 2020. Front. Mar. Sci. 7:20539.

Algue	*Nature*	*Dose en $CHBr_3$*	*Dose en polyphénol*	*n*	*Gaz total en 24h (ml/g MS)*	*% CH_4*	*Volume de CH4 (ml/g MS)*	*AGV (mmol/L)*	*dMS (%)*	*dNDF (%)*	*dADF (%)*
Témoin	-	-	-	8	147.3	2.35	3.49	107.6	56.3%	53.0%	52.8%
Asparagopsis armata	Sec	d3	-	8	134.9	0.25	0.35	84.9	50.4%	43.6%	47.2%
A. armata	Extrait	d2	-	8	127.4	0.50	0.63	90.2	57.7%	51.8%	51.3%
A. armata	Frais	d5	-	8	137.2	0.25	0.36	81.2	42.3%	34.3%	37.1%
A. armata + Ascophyllum nodosum + Tanins	Sec	d4	-	4	154.2	0.55	0.85	89.4	55.2%	53.0%	53.8%
Asparagopsis taxiformis + A. nodosum + Tanins	Sec	d5	-	4	144.3	0.60	0.88	108.9	54.6%	50.3%	52.3%
Enteromorpha (*Ulva* sp.)	Sec	d1	-	8	145.0	1.73	2.72	103.5	55.5%	46.8%	44.2%
Fucus vesiculosus	Extrait	-	60g/j	8	13.8	0.55	0.06	64.5	16.0%	19.6%	12.1%
Oligoalginate (laminaire)	Extrait	-	-	8	156.8	2.40	3.79	106.9	61.5%	52.1%	49.1%
Chondrus crispus	Sec	d1	-	8	117.5	1.93	2.10	103.1	51.1%	36.5%	51.1%
A. nodosum	Extrait	-	25g/j	8	110.8	1.88	1.96	88.5	44.3%	34.7%	31.8%
Osmundea	Frais	d1	-	4	141.6	1.95	2.81	93.3	50.2%	37.1%	34.4%
Polysiphonia	Sec	d1	-	4	132.1	1.50	1.98	88.6	56.9%	46.1%	43.6%
Sargassum muticum	Extrait	-	3g/j	4	163.5	2.95	4.86	117.3	52.8%	41.3%	42.8%
A. nodosum + Polysiphonia	Sec	d1	-	4	178.4	3.85	6.88	119.5	46.5%	36.8%	41.6%
Algue					***	***	***	***	***	***	***
Nature					*	*	*NS*	*	**	***	***
Dose en $CHBr_3$					+	***	***	*	***	***	***
Dose en polyphénol					***	***	***	***	***	***	***

Légende : d1 <1mg/j ; d2 = 5-50mg/j ; d3 = 50-100mg/j ; d4 =100-200mg/j ; d5 >200mg/j / NS : non significatif ; + : p<0.1 ; * :p<0.05 ; ** : p<0.01 ; *** : p<0.001

Tableau 1. Effet des algues et des doses en molécules actives sur les paramètres de fermentation