

Améliorer l'efficacité alimentaire et réduire les émissions de méthane des vaches laitières les moins efficaces par une restriction alimentaire de précision

FISCHER A. (1), EDOUARD N. (1), FAVERDIN P. (1)

(1) INRAE, AGROCAMPUS OUEST, PEGASE, 35590 SAINT-GILLES, France

RESUME

La surconsommation alimentaire est un déterminant potentiel de l'efficacité alimentaire (EA) chez la vache laitière. L'objectif de l'étude était de tester une restriction alimentaire de précision (RAP) comme un levier d'amélioration de l'efficacité alimentaire de vaches laitières en lactation. Un troupeau initial de 68 vaches Prim'Holstein a été suivi du vêlage jusqu'au 196ème (+/- 16j) jour de lactation en alimentation à volonté, puis seules les 15 vaches les plus efficaces (effi+) et les 15 vaches les moins efficaces (effi-) ont été conservées et soumises à la restriction alimentaire de précision pendant 92 jours supplémentaires. Les 70 derniers jours des 2 périodes ont été retenus pour les analyses. Une ration unique et composée de 64,9 % d'ensilage de maïs et 35,1 % de concentrés (en % de MS) a été distribuée à toutes les vaches sur toute la lactation. La matière sèche ingérée (MSI) individuelle, le poids vif, la production laitière, la composition du lait et la note d'état corporel ont été mesurés, ainsi que les émissions de méthane (CH₄). L'EA a été estimée comme la déviation individuelle à l'ordonnée à l'origine moyenne du modèle à effet aléatoire expliquant la MSI à partir de l'énergie nette du lait, du besoin d'entretien, des pertes et gains de poids vif, un effet du temps, et des interactions simples des variations de poids vif avec la parité et la période expérimentale. Pour un même niveau de MSI attendue, la quantité offerte pendant la phase de restriction alimentaire a été égale à la quantité ingérée des 10% de vaches les plus efficaces du troupeau pour des performances similaires. La RAP a diminué en moyenne la MSI des vaches effi- de 1,8 kg/j (de 22,7 à 20,0 kg/j) de plus que les vaches effi+ (de 20,1 à 19,3 kg/j). Les émissions journalières de CH₄ des vaches effi- ont chuté de 49 g/j pour les vaches effi- et de 27 g/j pour les vaches effi+, avec une émission moyenne à 494 g/j en alimentation à volonté. La RAP n'a pas eu d'effet significatif sur la production laitière, le poids vif et les variations de poids vif. Cette RAP a resserré les différences entre vaches en termes d'EA, comme le démontre la baisse des écart-types de 0,87 à 0,69 kg MSI/j, jusqu'à ne plus avoir de différences significatives entre les effi+ et effi- à l'issue de la RAP. En conclusion, la restriction alimentaire de précision réduit les écarts d'EA entre les vaches et réduit leurs émissions de méthane sans dégrader leurs niveaux de productions.

Improving feed efficiency and reducing methane emissions of less efficient lactating Holstein cows thanks to precision feed restriction

FISCHER A. (1), EDOUARD N. (1), FAVERDIN P. (1)

(1) INRAE, AGROCAMPUS OUEST, PEGASE, 35590 SAINT-GILLES, France

SUMMARY

A possible driver of feed inefficiency in dairy cows is overconsumption. The objective was therefore to test precision feed restriction (PFR) as a lever to improve feed efficiency (FE) of the least efficient lactating dairy cows. An initial cohort of 68 Holstein lactating cows was monitored from calving to end of ad libitum feeding at 196 ± 16 d in milk, then only the 15 most (effi+) and 15 least (effi-) efficient cows were kept 92 more days for PFR. For both periods, only the last 70 d were used to estimate FE. For a given expected dry matter intake (DMI) during ad libitum feeding, offered DMI during restriction was set to observed DMI of the 10% most efficient cows during ad libitum feeding for similar performance. A single diet was fed during ad libitum and restriction periods, and was based on 64.9% of corn silage and 35.1% of concentrates on a DM basis. Individual DMI, body weight, milk production, milk composition, and body condition score were recorded, as well as methane emissions. Feed efficiency was defined as the repeatable part of the random effect of cow on the intercept in a mixed model predicting DMI with net energy in milk, maintenance and body weight gain and loss within parity, feeding level, and time. PFR decreased DMI by 2.6 kg/d for the effi- cows (from 22.7 to 20.0 kg/d), which was 1.8 kg/d more than the effi+ cows (from 20.1 to 19.3 kg/d). PFR decreased daily methane emissions by 49 g/d for the effi- cows, which was 22 g/d more than the effi+ cows, with an average emission of 494 g/d during ad libitum feeding. Feed restriction had no significant effect on milk, body weight, or body weight change. PFR reduced the variability of FE, as shown by a decrease of the standard deviation from 0.87 to 0.69 g DM/d, in such an extent that effi+ and effi- are no longer different in FE. Overall, precision feed restriction seemed to bring the efficiency of the least efficient cows closer to the efficiency of the most efficient cows and to reduce their methane emissions without impairing their performance.

INTRODUCTION

L'amélioration de l'efficacité d'utilisation des ressources et de l'empreinte environnementale seront essentielles demain pour la contribution des élevages à la durabilité.

L'alimentation représente autour de 50% du coût total de l'atelier lait en Europe (Commission Européenne, 2018), ce qui en fait le poste de dépense le plus important. L'efficacité alimentaire (EA) a été améliorée indirectement grâce à la

sélection sur la production laitière, notamment en diluant les besoins d'entretien, se traduisant en une plus forte allocation d'énergie nette à la production laitière et moins à l'entretien (Vandehaar, 1998). Différents leviers peuvent être actionnés pour améliorer l'EA à différentes échelles. A l'échelle du troupeau, ces leviers concernent par exemple la diminution de l'âge au 1^{er} vêlage ou encore l'allongement de la longévité des vaches pour réduire la durée des périodes « non productives » (Vandehaar, 1998). A l'échelle de l'animal, les stratégies sont moins nombreuses et concernent pour la

plupart l'introduction de l'EA comme caractère supplémentaire dans les indices de sélection génomique. La faible héritabilité de l'EA ($h^2 = [0,05 ; 0,23]$; Hardie et al., 2017; Li et al., 2017) nécessite d'avoir accès à une grosse population de référence pour aboutir à un index robuste (Gonzalez-Recio et al., 2014). Cet objectif est difficile à atteindre compte-tenu de l'accès limité à des données individuelles d'ingestion alimentaire. Par conséquent, d'autres leviers d'amélioration de l'EA sont à envisager.

Les vaches les plus efficaces consomment moins de ration que la moyenne du troupeau, à mêmes productions (lait, gestation, entretien et variations de réserves corporelles). Comment expliquer alors que les vaches moins efficaces qui consomment plus de la même ration n'arrivent pas à valoriser leur ration aussi bien que les vaches plus efficaces ? Compte-tenu d'une baisse de digestibilité observée pour une augmentation du niveau d'ingestion (Sauvant et al., 2018), cette surconsommation de ration des vaches moins efficaces se traduit sans doute en une digestibilité plus faible. La restriction alimentaire est connue pour améliorer l'EA des vaches laitières en lactation, mais souvent au détriment de la production laitière et des matières utiles (Herve et al., 2019; Santana et al., 2019). Néanmoins, ces travaux appliquaient un niveau de restriction similaire pour tous les individus. Compte-tenu des différences d'EA, Pino et al. (2018) préconise et ont observé chez des génisses qu'il faudrait plutôt appliquer une restriction alimentaire de précision pour améliorer l'EA sans pour autant détériorer leur performances : plus l'animal est inefficace, plus son niveau de restriction serait élevé.

Partant de ces différents constats, cette étude vise à tester la restriction alimentaire de précision (RAP) appliquée à des vaches laitières en lactation. Si la surconsommation alimentaire contribue aux différences d'EA et par conséquent à une réduction de la digestibilité, la RAP améliorera l'EA des vaches moins efficaces sans détériorer leurs performances, tout en augmentant le méthane émis par kg de matière sèche ingérée.

1. MATERIEL ET METHODES

Les essais ont été conduits à l'installation expérimentale INRAE-Agrocampus-Ouest UMR PEGASE de Méjusseume (Le Rheu, France). Le protocole a été approuvé par le comité d'éthique et le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (autorisation APAFIS 3122-2015112718172611).

1.1. Schéma expérimental

L'essai a mobilisé un troupeau de 68 vaches laitières Prim'Holstein en lactation, géré en vêlages groupés sur 69 j à l'automne 2016. Ces vaches ont été suivies pour l'efficacité alimentaire du vêlage jusqu'à fin juin 2017 (fin de lactation). Toutes les vaches étaient alimentées avec la même ration, soit à volonté du vêlage jusqu'au 26 mars 2017, soit en restriction du 26 mars 2017 au 25 juin 2017.

L'essai visait à appliquer une RAP à toutes les vaches moins efficaces pour les alimenter au niveau des vaches les plus efficaces du troupeau, et d'en analyser l'effet sur l'EA. Les quantités offertes en RAP ont été calculées comme les quantités ingérées attendues si les vaches avaient été aussi efficaces que les 10% de vaches les plus efficaces ($n = 6$ vaches) à mêmes niveaux de productions (Figure 1). Parmi les 68 vaches du troupeau, 30 vaches incluant les 15 vaches les plus efficaces (11 primipares) et les 15 les moins efficaces (8 primipares) d'après l'ingéré résiduel (IR) ont pu être maintenues pour la phase RAP. Cet IR a été calculé comme le résidu de la régression linéaire estimant la matière sèche ingérée (MSI) à partir de l'énergie nette du lait (EnLait), du poids métabolique, de la variation de poids vif (PV) et de l'interaction de ces variables avec la parité. Durant la phase d'alimentation à volonté, les 10% de vaches les plus efficaces ont consommé 1,7 kg MS/j en moins par rapport

au reste du troupeau pour des productions équivalentes. Les 30 vaches maintenues pour la RAP ont donc été alimentées avec les quantités ingérées attendues des vaches les plus efficaces vis-à-vis de leurs productions (Figure 1). Par conséquent, la restriction alimentaire a été d'autant plus importante que la vache était inefficace en alimentation à volonté, d'où l'appellation restriction alimentaire de précision. Seules les 10% de vaches les plus efficaces, utilisées pour estimer les quantités ingérées des autres vaches, n'étaient pas restreintes par rapport à la période de référence. La RAP a été appliquée durant 92 jours pour avoir deux périodes expérimentales comparables en durée. Les 22 premiers jours d'adaptation au niveau d'alimentation ont été retirés de l'analyse pour ne retenir que les 70 derniers jours.

1.2. MESURES REALISEES

Les vaches ont été alimentées à volonté pour n'avoir au maximum que 10% de refus. La ration était offerte deux fois par jour après chaque traite (7 :00 et 16 :00). Chaque vache disposait de sa propre auge, dont l'accès était contrôlé par un portillon électronique. L'ingestion individuelle était estimée comme la différence entre les quantités offertes et les refus du lendemain matin. La ration d'une valeur énergétique de 0,92 UFL/kg MS et protéique de 99 g PDIE/kg MS (INRA, 2010) était constituée à 64,9 % d'ensilage de maïs, 17,8 % de tourteau de soja, 8,0 % de luzerne déshydratée et d'un mélange de concentré énergétique, minéraux et vitamines. La production laitière a été mesurée à chaque traite, et les taux butyreux et protéiques étaient analysés deux jours par semaine, les échantillons des deux traites d'un même jour sont poolés pour représenter les volumes produits par traite. Chaque vache a été pesée à chaque sortie de la traite du matin avec un dispositif de pesée automatique et notée pour son état d'engraissement une fois par mois entre 0 pour une vache maigre et 5 pour une vache grasse d'après la grille de Bazin et al. (1984), par 3 notateurs entraînés. Les émissions de méthane (CH_4) ont été mesurées pour chaque vache avec 2 unités Greenfeed (C-Lock Inc., Rapid City). Toutes les vaches avaient accès aux 2 unités de façon permanente pendant la RAP.

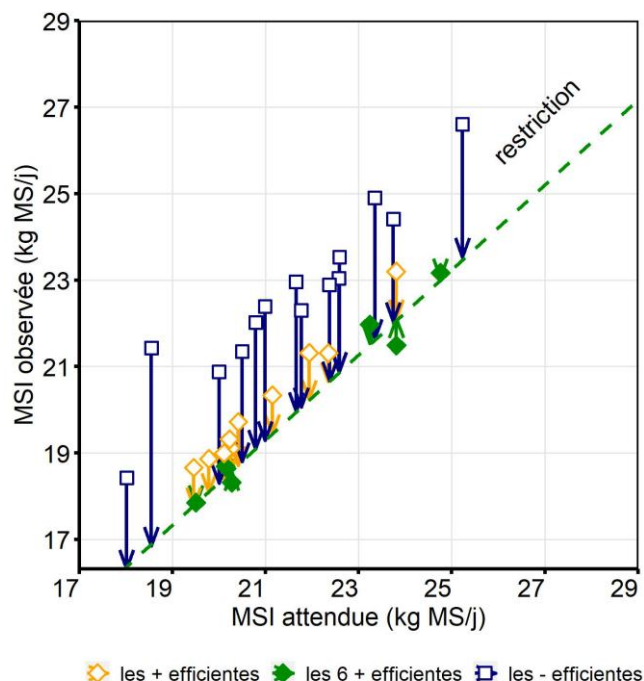


Figure 1 Estimation de la quantité d'aliment offerte en restriction alimentaire à partir de la MSI attendue et observée en alimentation à volonté. La droite en pointillés verts représente la droite d'ingestion attendue au niveau d'EA des 6 vaches les plus efficaces. Les flèches représentent la restriction alimentaire appliquée à chaque vache.

1.3. ESTIMATION DE L'EFFICIENCE ALIMENTAIRE

L'estimation de l'EA a nécessité d'estimer à la fois les données d'ingestion et les données de production (énergie du lait, entretien, pertes et gains de réserves corporelles et gestation). L'énergie nette du lait a été estimée à partir de la production de lait (PL, kg) et des taux butyreux (TB, g/kg) et protéiques (TP, g/kg) (INRA, 2010) :

$$\text{EnLait (UFL/j)} = \text{PL} \times [0,44 + 0,0055 \times (\text{TB} - 40) + 0,0033 \times (\text{TP} - 31)]$$

Les besoins de gestation ont été estimés d'après l'équation suivante (INRA, 2010) :

$$\text{gestation (UFL/j)} = 0,00072 \times \text{PV}_{\text{naïf}} \times \exp^{0,116 \times \text{SemG}}$$

avec $\text{PV}_{\text{naïf}}$ le poids vif (PV) du veau à la naissance égale à 40 kg et SemG la semaine de gestation. Les données de poids vif ont été lissées avec un LOESS basé sur les 15 % plus proches voisins pour mieux refléter les variations d'entretien et moins les variations quotidiennes de contenu digestif. Le poids métabolique a été estimé à partir de ces données lissées comme $\text{PV}^{0,75}$. Les données de note d'état corporel (NEC) ont été interpolées pour avoir des données quotidiennes avec un lissage Spline utilisant chaque jour de notation comme nœud. L'énergie déposée et mobilisée a été estimée avec la variation inter-jour de PV lissé : une variation positive est attribuée à de l'accrétion de réserves et sans mobilisation, et inversement pour une variation négative. La perte (PV-) et le gain (PV+) de PV ont été construits pour être des variables positives. Ces 2 variables ont été multipliées par la NEC de la journée pour corriger des différences d'état corporel à même PV, aboutissant aux variables PV-_NEC et PV+_NEC. Pour chaque vache, chacune de ces deux variables a été moyennée par période expérimentale, aboutissant à la fois à une perte moyenne et à un gain moyen de PV sur chaque période.

1.4. ANALYSES STATISTIQUES

L'ensemble des variables EnLait, gestation, $\text{PV}^{0,75}$, PV+_NEC et PV-_NEC ont été moyennées par période expérimentale. L'EA a été estimée par la méthode de l'IR développée par Fischer et al. (2018). L'IR a été estimé comme la partie individuelle de l'ordonnée à l'origine (μ_{vache}) du modèle mixte ci-dessous pour ne se focaliser que sur la part répétable de l'IR et non sur l'erreur :

$$\text{MSI (kg/j)} = (\mu + \mu_{\text{vache}}) \text{EnLait} + \text{PV}^{0,75} + \text{PV}_-\text{NEC} + \text{PV}_+\text{NEC} + \text{parité} + \text{période} + \text{parité} \times \text{PV}_-\text{NEC} + \text{parité} \times \text{PV}_+\text{NEC} + \text{période} \times \text{PV}_-\text{NEC} + \text{segment|période} + \varepsilon$$

avec période l'effet fixe de la période expérimentale et segment|période l'effet fixe du segment de période intra période. Toutes les variables du modèle ont été moyennées par segment de 14 j pour avoir des mesures répétées par période : à raison de 70 j par période expérimentale, il y avait donc 5 segments par période. Ce modèle mixte a été ajusté avec un effet répété du segment et un effet aléatoire de la vache avec une matrice de variance-covariance autoregressive hétérogène d'ordre 1 avec la procédure Mixed de SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC).

Une analyse de covariance a été ajustée pour tester si à même niveau de restriction, les variations d'EA, de MSI et de productions liées à la RAP étaient significativement différentes entre les plus et les moins efficaces. Cet effet, l'EA a été standardisée intra-période expérimentale pour la rendre comparable entre périodes. La variation d'EA entre les 2 périodes a été calculée comme la différence entre l'EA standardisée durant la RAP et l'EA standardisée de l'alimentation à volonté. Les variations de MSI, PL, NEC, PV, PV^+ , PV^- et CH_4 ont été calculées comme la différence entre la RAP et la période à volonté. Par ailleurs, une analyse de variance a été réalisée intra-période expérimentale pour comparer effi+ et effi- sur l'EA, la MSI, le CH_4 et les performances.

2. RESULTATS

2.1. DIFFERENCES DE PERFORMANCES EN ALIMENTATION A VOLONTE

Les vaches les plus efficaces (effi+) ont en moyenne ingéré 20,1 kg MS/j, représentant en moyenne 2,6 kg MS/j en moins que les moins efficaces (effi- ; $P < 0,01$). Les différences d'IR montrent qu'aux mêmes niveaux de productions, les effi+ ont ingéré 1,37 kg MS/j en moins que les effi- ($P < 0,01$). La différence d'IR entre les 24 vaches restrictées et les 10 % de vaches les plus efficaces ($n = 6$ vaches) était de 1,4 kg MS/j, ce qui veut dire que 1,4 kg MS/j/vache (= 6,5 % de la MSI) aurait pu être économisé en appliquant une RAP. La PL était similaire pour les 2 groupes ($P = 0,76$) avec une moyenne à 30,2 kg/j. Malgré une tendance à avoir un TB plus fort pour les effi- (42,2 vs 40 g/kg), l'EnLait était similaire pour les 2 groupes avec une moyenne à 13,6 UFL/j. Les vaches effi+ ont perdu en moyenne 0,1 kg/j de PV et ont gagné en moyenne 0,31 kg/j de PV, ce qui était respectivement 0,07 kg/j en plus et 0,12 kg/j en moins que les effi-. Les variables d'entretien étaient similaires pour les 2 groupes avec un PV métabolique de 648,5 kg ($P = 0,41$) et une NEC de 1,98 ($P = 0,11$). Les émissions de CH_4 étaient similaires entre les 2 groupes avec une moyenne de 494 g/j. Par contre, les effi+ émettaient plus de CH_4 par kg de MSI que les effi- avec une moyenne à 24,2 g/kg MSI pour les effi+ et 22,2 g/kg MSI pour les effi- ($P = 0,04$).

Variable	Effi-	Effi+	Erreur standard	P
Ingestion (kg MS/j)	-2,6	-0,8	0,2	<0,01
Lait (kg/j)	-4,5	-3,5	0,4	0,21
Matières grasses (g/j)	-205	-160	18	0,16
Matières protéiques (g/j)	-163	-121	13	0,06
Taux butyreux (g/kg)	-0,68	-0,77	0,24	0,85
Taux protéique (g/kg)	-0,59	-0,26	0,14	0,28
Energie du lait (UFL/j)	-2,2	-1,7	0,2	0,13
Poids vif (kg)	23,3	20,8	2,8	0,67
Note d'état corporel	0,12	0,06	0,03	0,21
Perte de poids vif (kg/j)	0,06	0,04	0,02	0,75
Gain de poids vif (kg/j)	0,03	0,09	0,05	0,53
Emission CH_4 (g/j)	-49,2	-26,8	5,7	0,05
Rendement CH_4 (g/kgMSI)	0,43	-0,42	0,29	0,12
IR* (kg MS/j)	-0,51	0,45	0,19	<0,01

Tableau 1 Variations en MSI, performances, émissions de méthane et efficacité alimentaire (IR) entre la période de restriction alimentaire et la période d'alimentation à volonté pour les 15 vaches les plus (effi+) et les 15 vaches les moins efficaces (effi-). Les variables sont calculées comme la différence entre leur valeur en période de restriction moins leur valeur en période d'alimentation à volonté. *l'IR a été standardisé intra-période avant de calculer la variation inter-périodes.

2.2. EFFET DE LA RESTRICTION SUR LES PERFORMANCES ET L'INGESTION

Comme prévu, la MSI était similaire entre les effi+ et effi- durant la RAP ($P = 0,22$), avec une baisse de consommation de 2,6 kg MS/j pour les effi- par rapport à l'alimentation à volonté, soit 1,8 kg MS/j de plus que la baisse observée pour les effi+ ($P < 0,01$; Tableau 1). Les 2 groupes effi+ et effi- qui avaient des IR significativement différents en alimentation à volonté ($P < 0,01$) ne diffèrent plus à l'issue de la RAP ($P = 0,09$). Toutes les autres variables (PL, PV, TB, TP, EnLait, NEC, PV- et PV+) n'étaient pas significativement différentes ($P < 0,05$) entre les 2 groupes durant la RAP. Malgré un niveau de restriction alimentaire plus élevé pour les effi-, les baisses de performances laitières n'ont pas été significativement différentes entre les effi- et les effi+ durant la RAP (Tableau 1), avec une baisse moyenne de 1,95 UFL/j. Seule la chute en matière protéique du lait tendait à être plus

importante ($P = 0,06$) pour les effi- avec une chute de 163 g/j que pour les effi+ avec une chute de 121 g/j (Tableau 1). Les variations de PV, NEC, PV- et PV+ associées à la RAP ne sont pas différentes entre les effi+ et effi- ($P > 0,05$, Tableau 1). Par contre, la RAP a provoqué une réduction des émissions de CH_4 plus importante pour les effi- que pour les effi+ avec une chute de 49,2 g/j pour les effi- et 26,8 g/j pour les effi+ (Tableau 1). Une corrélation de -0,44 ($P = 0,02$) a été observée entre le niveau de restriction et la variation de méthane par kg de MSI, et indique que plus une vache a été restreinte, plus elle a augmenté son émission de méthane par kg de MSI.

2.3. EFFET DE LA RESTRICTION SUR L'EFFICACITÉ ALIMENTAIRE

L'IR avait un écart-type de 0,87 kg MS/j (4,1 % de la MSI moyenne) en alimentation à volonté, et a diminué de 21% avec la RAP, soit un écart-type de 0,69 kg MS/j (3,5 % de la MSI moyenne). Le coefficient de corrélation de Pearson entre l'IR durant l'alimentation à volonté et l'IR en RAP était de 0,46 ($P = 0,01$), indiquant donc qu'en moyenne le classement des vaches effi+ et effi- en alimentation à volonté était maintenu en RAP. Cependant, les 2 groupes d'efficacités, qui étaient significativement différents en EA ($P < 0,01$) durant l'alimentation à volonté, ne le sont plus à l'issue de la RAP ($P = 0,09$). Par ailleurs, les effi- ont gagné plus en EA que les effi+ en ont perdu ($P < 0,01$) avec un gain d'IR standardisé égal à 0,51 kg MS/j pour les effi- (Tableau 1).

3. DISCUSSION

3.1. ALIMENTER LES VACHES MOINS EFFICIENTES AU NIVEAU DES PLUS EFFICIENTES AMÉLIORE LEUR EFFICACITÉ ALIMENTAIRE

La RAP a amélioré l'EA des vaches laitières en réduisant les différences d'EA entre vaches, comme en témoigne la réduction de 21% de l'écart-type de l'IR. Cette réduction des différences entre vaches peut s'expliquer par une amélioration de la digestibilité ou par changement d'allocation d'énergie entre les fonctions biologiques non prises en compte dans l'estimation de l'EA ou encore par une augmentation de l'efficacité des fonctions déjà prises en compte dans le calcul de l'EA. La restriction alimentaire est connue pour augmenter la digestibilité des fibres dans le rumen (Santana et al., 2019). Cette augmentation de digestibilité peut s'expliquer par une augmentation du temps de séjour dans le rumen du fait d'un niveau d'ingestion plus faible en restriction alimentaire, conduisant à une digestion plus aboutie dans le rumen. Un temps de séjour accru dans le tractus digestif impliquerait l'augmentation de la quantité de produits finaux de digestion par kg de MSI, c'est-à-dire une augmentation de l'efficacité partielle de production laitière ou d'entretien (Sauvant et al., 2018). Chaque accroissement d'1 unité de niveau d'ingestion (MSI/PV) diminue la digestibilité de 2,74 % (Sauvant et al., 2018). Appliquée à la baisse de niveau d'ingestion de 0,52 % pour les effi- et 0,22 % pour les effi+ liée à la RAP dans notre essai, les effi- auraient gagné 0,82 point de digestibilité de plus que les effi+ grâce à la RAP. Pour une ration avec une digestibilité moyenne de 70 %, cette différence de gain de 0,82 point entre les effi+ et effi- représenterait un gain en aliments digérés de 1,17 % (0,82/70). Compte-tenu d'une MSI initiale de 22,7 kg MS/j pour les effi- en alimentation à volonté, les effi- ont dû digérer 0,27 kg MS/j en plus durant la RAP par rapport à l'alimentation à volonté. Si cette estimation est correcte, ce gain ne représenterait qu'une partie de la réduction de différence d'IR entre les 2 groupes d'efficacité suite à la RAP ; le reste pourrait être associé à des mécanismes différents ou une sous-estimation de l'effet du niveau d'ingestion sur la digestibilité. Ce lien positif entre EA et digestibilité est connu dans la bibliographie (Potts et al., 2017 ; Oliveira et al., 2018) et est indirectement confirmé

dans notre étude au travers de la relation négative entre niveau de restriction et variation en émission de méthane par kg de MSI : plus une vache a été restreinte, plus ses émissions de méthane par kg de MSI ont augmenté.

3.2 PAS DE CHUTE DE PERFORMANCES PLUS FORTE POUR LES VACHES LES PLUS RESTREINTES

L'amélioration de l'EA n'a pas affecté significativement les productions. En effet, la plus forte restriction alimentaire des effi- n'a pas fait significativement plus chuter leurs performances que celles des vaches effi+ qui étaient moins restreintes, même si les petits écarts observés peuvent expliquer une partie de la réponse en énergie. Combiné à l'amélioration de l'EA, ceci suggère que les vaches sont moins efficaces parce qu'elles surconsommement compte-tenu de leurs besoins. A même niveau de restriction alimentaire, les différences de PL, PV, NEC et variations de PV n'étaient pas significatives entre les effi+ et effi-. Les effi- n'ont pas non plus compensé la RAP en mobilisant plus, vu que le niveau de mobilisation était similaire pour les effi+ et effi-.

3.3 EFFICACITÉ ALIMENTAIRE ET ÉMISSIONS DE MÉTHANE

L'amélioration de l'EA des vaches laitières ne sera pas forcément conjointe à une réduction des émissions de méthane. En effet, les résultats de l'étude ont montré que les vaches les plus efficaces émettaient en moyenne plus de méthane par kg de MSI mais pas forcément plus de méthane par jour, comme l'ont aussi observé Flay et al. (2019) et McDonnell et al. (2016) en bovins viande. Ce lien plus systématique entre EA et CH_4 /kg MSI par rapport à EA et CH_4 /j appuie aussi l'hypothèse d'une meilleure digestibilité dans le rumen, évoquée précédemment.

CONCLUSION

L'EA des vaches les moins efficaces a été améliorée en les restreignant au même niveau d'alimentation que les plus efficaces, à performances équivalentes. Cette restriction alimentaire de précision a notamment considérablement réduit les différences d'EA entre les vaches, sans pour autant détériorer les performances des vaches moins efficaces qui étaient plus restreintes. Les moins efficaces ont émis moins de CH_4 par kg de MSI et ont augmenté ce rendement durant la restriction alimentaire. Cette augmentation du rendement de CH_4 et l'amélioration de l'EA sans détériorer les performances suggèrent qu'une partie de l'inefficacité serait due à la surconsommation alimentaire, qui induirait un temps de séjour ruminal plus faible, donc une digestibilité plus faible.

Nos remerciements vont au personnel de l'installation expérimentale INRAE de Méjusseau pour la qualité du suivi expérimental et à l'ANR Deffilait (ANR-15-CE20-0014) et APIS-GENE pour leur confiance et leur soutien financier.

Bazin S., et al., 1984. ITEB, Paris, France
Fischer A., et al., 2018. *Animal*, 12, 1396-1404
Flay H E., et al., 2019. *J. Dairy Sci.*, 102, 2708-2713
Gonzalez-Recio O., et al., 2014. *J. Dairy Sci.*, 97, 7905-7915
Hardie L C., et al., 2017. *J. Dairy Sci.*, 100, 9061-9075
Hervé L., et al., 2019. *J. Dairy Sci.*, 102, 2670-2685
INRA, 2010. INRA, ed. Quae, Versailles, France
Li B., et al., 2017. *J. Dairy Sci.*, 100, 9076-9084
McDonnell R P., et al., 2019. *J. Anim. Sci.*, 94, 1179-1193
Oliveira L F., et al., 2018. *Anim. Prod. Sci.*, 58, 886-893
Pino F., et al., 2018. *J. Appl. Anim. Res.*, 46, 1296-1306
Potts S B., et al., 2017. *J. Dairy Sci.*, 100, 265-278
Sauvant D., et al., 2018. INRA, ed. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Pays-Bas
Santana P F., et al., 2019. *Rev. Brasileira de Zoot.*, 48, e20180130
Vandehaar M J., 1998. *J. Dairy Sci.*, 81, 272-282