

DigeR : un indicateur de l'efficacité alimentaire des vaches laitières calculé à partir du profil en acides gras du lait

BERODIER M. (1,2), GAUDILLIERE N. (3), WOLF V.(3), DUBIEF F.(4), BROCHARD M. (1), LECLERC H. (2,5)

(1) UMOTEST, 250 route des Soudanières, 01250 Ceyzériat

(2) ELIANCE, 149 rue de Bercy, 75012 Paris

(3) Conseil Elevage 25-90, 6 rue des épicéas 25640 Roulans

(4) GENIA'Test, 4 rue des épicéas, 25640 Roulans

(5) INRAE GABI, Domaine de Vilvert, 78350 Jouy-En-Josas

RESUME - Le profil en acides gras du lait est en partie lié au fonctionnement du rumen, composante essentielle de l'efficacité alimentaire en élevage laitier. DigeR est un indicateur phénotypique de l'efficacité alimentaire à l'échelle d'une lactation en race Montbéliarde. Il est le résultat d'un ratio entre groupes d'acides gras parmi les courts et moyens. Les animaux ayant les meilleures valeurs DigeR produisent également plus de lait et ont des meilleures performances de reproduction. L'analyse du déterminisme génétique de l'indicateur DigeR a montré qu'il s'agit d'un caractère d'une héritabilité modérée (31,4%) et faiblement corrélé génétiquement aux caractères de production actuellement en sélection (LAIT + 8%, TB +17% et TP -18%). Une évaluation génétique en modèle single-step a été mise au point et l'index DigeR est diffusé par l'OS UMOTEST depuis le mois de juin 2021. Le phénotype et l'index DigeR aident les éleveurs à piloter leur troupeau de vaches laitières Montbéliardes face aux enjeux sociétaux de durabilité et d'efficacité.

DigeR: A dairy cow feed efficiency proxy based on milk fatty acid profile

BERODIER M. (1,2), GAUDILLIERE N. (3), WOLF V.(3), DUBIEF F.(4), BROCHARD M. (1), LECLERC H. (2,5)

(1) UMOTEST, 250 route des Soudanières, 01250 Ceyzériat

SUMMARY - Milk fatty acid profile is partly linked to rumen function, an essential component of feed efficiency in dairy farming. DigeR program is a phenotypic indicator of feed efficiency at lactation level in Montbéliarde breed. It results from a ratio among short and medium milk fatty acid. Animals with better DigeR indicator, produce more milk and have better reproductive performances. Genetic determinism analysis of the DigeR trait showed a moderate heritability (31,4%) and a small genetic correlation with the production traits currently under selection (Milk Yield + 8%, Fat Content +17% and Protein Content -18%). A single-step genetic evaluation was built and UMOTEST delivers DigeR ebv since 2021. The DigeR phenotype and ebv help breeders to manage their herds of Montbéliard dairy cows addressing societal challenges of sustainability and efficiency.

INTRODUCTION

L'efficacité alimentaire répond à une attente sociétale forte pour accroître la durabilité et l'efficacité des filières d'élevage. Elle revêt également un intérêt économique pour les éleveurs en améliorant la rentabilité de leur cheptel. Cependant, l'efficacité alimentaire est très difficile à mesurer à grande échelle et particulièrement dans les systèmes herbagers en dehors des dispositifs expérimentaux qui permettent la mesure des consommations individuelles d'aliments (Cantalapiedra-Hijar *et al.*, 2020). Chez les ruminants, le rumen joue un rôle majeur dans l'efficacité digestive, composante essentielle de l'efficacité alimentaire, puisqu'il permet la conversion des aliments de la ration en Acides Gras Volatils (AGV) assimilables par l'animal. Les Acides Gras (AG) sont composés d'une chaîne carbonée qui permet de les qualifier (pairs, impairs, courts, moyens, longs). Cette qualification traduit la composition en atomes de carbone. Certains AGV sont les précurseurs de la matière grasse synthétisée par la glande mammaire. Ainsi, le profil en AG du lait de vaches traduit en partie le fonctionnement du rumen (Peyraud *et al.*, 2011). Les analyses par spectrométrie dans le moyen infrarouge (spectrométrie MIR), c'est-à-dire l'absorbance différentielle de la lumière par le lait dans les longueurs d'onde du moyen infrarouge, permettent aujourd'hui d'estimer en routine le profil en AG du lait de chaque animal à partir des échantillons collectés dans le cadre du contrôle de performances (Soyeurt *et al.*, 2006). Les entreprises de Conseil en Elevage, membres du consortium OptiMIR déploient en élevage des indicateurs qui valorisent ces estimations à l'échelle du troupeau (par exemple au travers du service Lait'AGe). L'un des indicateurs diffusés dans l'outil Lait'AGe (part des AG impairs parmi les AG courts et moyens) est un proxy pertinent de l'efficacité de la digestion ruminale

(Travaux antérieurs menés par les ECEL du consortium OptiMIR dans de nombreux régimes alimentaires (Eliance, communication personnelle)). Le projet DigeR, co-financé par UMOTEST, GENIA'Test et Conseil Elevage 25-90, a eu pour objectif d'étudier la variabilité phénotypique et génétique des vaches laitières de race Montbéliarde pour ce caractère.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Calcul de l'indicateur phénotypique DigeR

La base de données phénotypiques utilisée dans cette étude comporte 3 626 405 analyses de lait individuel. Elles ont été obtenues dans le cadre du contrôle de performances de vaches Montbéliardes réalisées de 2016 à 2020 sur les départements du Doubs et du Territoire de Belfort par Conseil Elevage 25-90 et de la Haute-Saône par GENIA'Test. Tous les échantillons de lait ont été analysés par spectrométrie MIR et les spectres résultants ont été standardisés par le service de standardisation spectrale OPTIMIR (Grelet *et al.*, 2012, Grelet *et al.*, 2015). Les équations d'estimation des AG (Soyeurt *et al.*, 2011) ont été appliquées sur les spectres standardisés et le ratio de la part des AG impairs parmi les AG courts et moyens a été calculé. Afin de le rendre plus lisible et exploitable par les éleveurs et leurs conseillers, le ratio précédent obtenu à chaque contrôle de performance a été synthétisé à l'échelle de la lactation par rapport aux contemporaines du troupeau sous la forme d'un indicateur phénotypique que l'on a dénommé DigeR. Cet indicateur correspond à un positionnement intra-troupeau des résultats obtenus à l'échelle de la lactation calculé uniquement pour les animaux disposant de suffisamment de contrôles.

1.2 Etude de la variabilité phénotypique de DigeR

L'étude de la distribution de l'indicateur phénotypique DigeR et de ses corrélations avec les performances de production laitière (production laitière moyenne en kg/VL, sur 305 jours) a

été réalisée sur 227 474 lactations de femelles multipares entre 2016 et 2020 disposants d'un indicateur DigeR calculé, en distinguant les lactations en système fourrager « foin » et les lactations en système fourrager « ensilage ». 240 924 lactations ayant un indicateur DigeR calculé et pour lesquelles un vêlage suivant était connu ont été considérées pour étudier le lien entre l'indicateur phénotypique DigeR et les performances de reproduction des animaux.

1.3. Etude du déterminisme génétique

Le déterminisme génétique de la part des AG impairs parmi les AG courts et moyens a été étudié au sein de l'Unité Mixte Technologique eBIS (pilotée par l'unité GABI d'INRAE, l'Institut de l'Elevage et ELIANCE). Cette étude s'appuie sur l'ensemble des données de généalogie et de génotypage de l'OS UMOEST ainsi que sur les 3 626 405 analyses de lait individuel des départements 25, 70 et 90 des années 2016 à 2020. Cette étude a permis d'estimer les paramètres génétiques de ce caractère et de construire un modèle d'évaluation génétique prenant en compte les effets environnementaux de l'élevage et de l'animal ainsi que l'effet génétique que nous avons également dénommé DigeR. Les corrélations génétiques avec les caractères LAIT, TP et TB ont également été estimées grâce à une étude en modèle multi-caractères.

2. RESULTATS

2.1. Analyse phénotypique

2.1.1. L'indicateur phénotypique à la lactation

Le tableau 1 présente la variabilité de l'indicateur phénotypique DigeR selon la parité de la lactation considérée dans l'étude (228 032 lactations de multipares et 101 960 lactations de primipares). Quel que soit le rang de lactation, l'indicateur varie entre -6,4 et 4,9. On observe que les primipares ont une valeur d'indicateur légèrement plus faible que les multipares. L'écart-type de l'indicateur phénotypique DigeR sur la base étudiée est de 1,1 pour les primipares et 1,0 pour les multipares.

Parité	min	q25	méd	q75	max
L+	-5,9	-0,5	0,15	0,8	4,9
L1	-6,4	-0,9	-0,22	0,5	4,4

Tableau 1. Distribution de l'indicateur phénotypique DigeR selon la parité de la lactation
L1 : première lactation ; L+ : lactation 2 et suivantes ;
min : minimum, q25 : 1^{er} quartile, méd : médiane, q75 : 3^{ème} quartile, max : maximum

2.1.2. Liens phénotypiques entre caractères

	Foin	Ensilage
DigeR +	7 438	8 104
DigeR -	6 987	7 743

Tableau 2. Production laitière moyenne (en kg/VL en 305j) des multipares selon la classe de l'indicateur DigeR associé à la lactation et selon le système fourrager

DigeR + : 25 % Meilleures lactation DigeR
DigeR - : 25% Moins bonnes lactations DigeR

Les 25% meilleures lactations de multipares sur le critère DigeR ont eu de meilleurs résultats de production laitière (jusqu'à +450kg/VL/lactation) et une meilleure fertilité (-5 jours d'intervalle vêlage-vêlage (IVV)) que les 25% moins bonnes lactations sur ce critère (Tableau 2 et Tableau 3). L'étude de cet indicateur dans 10 élevages disposant d'un suivi régulier de la note d'état corporel a également permis de démontrer

que les animaux les mieux classés selon l'indicateur phénotypique DigeR subissent une perte d'état significativement plus faible en début de lactation, ce qui pourrait expliquer la meilleure fertilité.

	Nombre de lactations	IVV (jours)
DigeR +	61 426	391,0
DigeR -	59 986	395,9

Tableau 3. Intervalle vêlage-vêlage selon la classe de l'indicateur DigeR associé à la lactation

DigeR + : 25 % meilleures lactation DigeR
DigeR - : 25% moins bonnes lactations DigeR

2.2. Du déterminisme génétique à l'index DigeR

L'héritabilité estimée de la part des AG impairs parmi les AG courts et moyens est modérée avec 31,4%. Les corrélations génétiques avec les caractères LAIT, TB et TP sont faibles : elles sont respectivement, positives avec le caractère LAIT (8%), et TB (17%) et négative avec le caractère TP (-18%). L'analyse des niveaux génétiques par année de naissance confirme que le caractère n'a pas été sélectionné indirectement par le jeu des corrélations avec les caractères en sélection historiquement. Une évaluation génomique utilisant la méthodologie dite single-step a été déployée avec le concours de GenEval. L'index DigeR est exprimé dans une base 0 et avec un écart-type standardisé de 1. La variabilité des index est bonne puisque 50% des 425 275 animaux évalués en novembre 2021 ont un index inférieur à -0,6 ou supérieur à +0,5, le meilleur index étant +3,4 et le plus faible de -3,8.

2.3. Liens entre phénotypes et index DigeR

Les animaux ayant les meilleurs index DigeR sont également les animaux ayant des lactations avec les meilleurs indicateurs phénotypiques pour ce caractère (Figure 1).

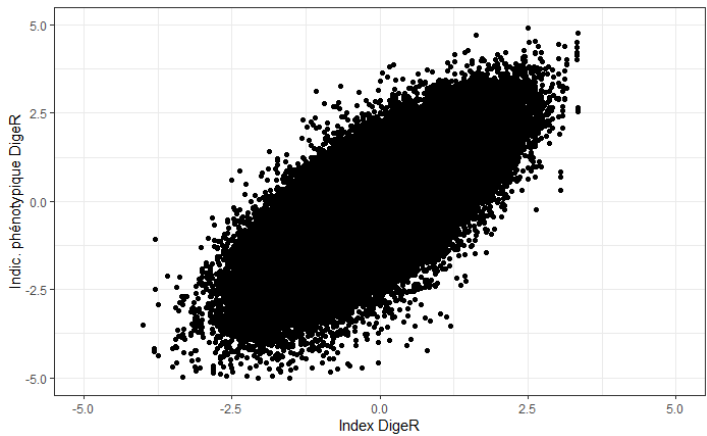


Figure 1. Indicateur phénotypique DigeR à la lactation en fonction de l'index DigeR

3. DISCUSSION

Le lien entre l'indicateur phénotypique DigeR, calculé à l'échelle de la lactation, et les performances zootechniques confirme qu'il est un bon proxy de l'efficacité de la digestion ruminale : il permet d'identifier les animaux qui, au sein d'un troupeau, produisent plus de lait tout en ayant de meilleures performances de reproduction. Cela confirme l'intérêt par ailleurs bien documenté de la valorisation des estimations en routine du profil en AG ou autres signatures spectrales d'échantillons de lait individuels, en tant qu'indicateurs zootechniques pour le pilotage plus fin du troupeau (Gengler *et al.*, 2016). En effet, plusieurs indicateurs zootechniques d'intérêt sont coûteux et/ou complexes à obtenir mais

disposent de proxys obtenus à partir d'identification de signatures spectrales du lait (ex. diagnostique acétonémie à partir de dosages sanguins ; efficacité alimentaire particulièrement pour des animaux consommant des fourrages grossiers et plus encore au pâturage, conditions dans lesquelles les mesures des quantités ingérées individuellement sont très complexes). Disposer de proxys à partir des circuits d'échantillons du contrôle laitier permet de couvrir l'exhaustivité des animaux en lactation et suivis dans ce cadre avec une fréquence généralement de l'ordre du mois et à un coût additionnel très modeste. En conséquence, même avec une précision moindre que les mesures de référence, ces proxys ouvrent les voies d'un conseil en élevage et d'une indexation à des coûts abordables pour le plus grand nombre. Depuis le mois de juin 2021, l'index DigerR est disponible en routine pour tous les taureaux de l'entreprise UMOTEST et pour toutes les femelles génotypées par UMOTEST. L'indicateur phénotypique est quant à lui valorisé auprès des éleveurs adhérents aux services de contrôle de performances de Conseil Elevage 25-90 ou de GEN'IAtest. Ce type d'approche permettant de valoriser un indicateur indirect de l'efficacité digestive collectable à grande échelle à des fins de conseil en management de troupeau et en conduite génétique est transposable à d'autres races bovines laitières.

CONCLUSION

La valorisation des analyses du MIR produites par le contrôle de performances et l'analyse des données génétiques a permis la construction d'indicateurs de l'efficacité digestive fiables dans des contextes d'élevage (notamment le recours important au pâturage et aux fourrages grossiers) où l'accès à des phénotypes d'efficacité alimentaire est aujourd'hui très complexe. Ces indicateurs indirects phénotypiques et génétiques sont une vraie opportunité pour aider les éleveurs à piloter leur troupeau de vaches laitières Montbéliardes face aux enjeux sociétaux de durabilité et d'efficacité.

Cantalapiedra-Hijar G., Faverdin P., Friggens N. C. Martin P., 2020. INRAE Prod. Anim., 33(4),235-248.

Gengler, N., Soyeurt H., Dehareng F., Bastin C., Colinet F., Hammami H., Vanrobays M.-L., Lainé A., Vanderick S., Grelet C., Vanlierde A., Froidmont F., Dardenne P., 2016. J. Dairy Sci. 99 : 4071-4079.

Grelet C., Fernández Pierna J. A., Dardenne P., Massart X., Brunschwig P., Dehareng F., 2012. 3R.

Grelet C., Fernández Pierna J. A., Dardenne P., Baeten V., Dehareng F., 2015. J. Dairy Sci. 98 : 2150-2160.
Peyraud J.L., Rouillé B., Hurtaud C., Brunschwig P., 2011. Les acides gras du lait de vache : Composition et maîtrise par l'alimentation. Institut de l'élevage (Ed), Paris, France. 36

Soyeurt H., Dardenne P., Dehareng F., Lognay G., Veselko D., Marlier M., Bertozzi C., Mayeres P., Gengler N., 2006. J. Dairy Sci. 89:3690-3695.

Soyeurt H., Dehareng F., Gengler N. , McParland S., Wall E., Berry D. P., Coffey M., Dardenne P., 2011. J. Dairy Sci. 94 :1657–1667