



**HAL**  
open science

## **Diminution du taux de lactose dans le lait lors d'une inflammation mammaire et d'un désordre métabolique chez les vaches laitières en début de lactation**

Auxane Hamon, Simon Dufour, Daryna Kurban, Sophie Lemosquet, Laurent Meriaux, Jocelyne Guinard-Flament

### ► To cite this version:

Auxane Hamon, Simon Dufour, Daryna Kurban, Sophie Lemosquet, Laurent Meriaux, et al.. Diminution du taux de lactose dans le lait lors d'une inflammation mammaire et d'un désordre métabolique chez les vaches laitières en début de lactation. 27. Rencontres autour des recherches sur les ruminants (3R 2024), Institut de l'élevage [IDELE], INRAE, Dec 2024, Paris, France. <hal-05137172>

**HAL Id: hal-05137172**

**<https://hal.science/hal-05137172v1>**

Submitted on 1 Jul 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## Diminution du taux de lactose dans le lait lors d'une inflammation mammaire et d'un désordre métabolique chez les vaches laitières en début de lactation

Hamon A. (1), Dufour S. (2), Kurban D. (2), Lemosquet S. (1), Mériaux L. (3), Guinard-Flament J. (1)  
(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint-Gilles, France  
(2) Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, St-Hyacinthe, QC, J2S 2M2, Canada  
(3) Eilyps, 17 boulevard Nominoë, 35740 Pacé, France

**RESUME** – Le taux de lactose du lait (TL) varie peu au cours de la lactation, comparé aux taux butyreux et protéique. Il varie selon la parité des vaches et pourrait diminuer lors d'une inflammation intra-mammaire (IIM) ou d'un désordre métabolique (DEM). L'objectif de ce travail était d'évaluer au travers de deux études réalisées dans des fermes commerciales, l'effet simultané d'une IIM et d'un DEM sur le TL du lait en début de lactation (5–100 jours) chez la vache laitière de race Prim'Holstein. La première étude a été réalisée au Canada sur 5 346 échantillons de lait citernal de quartiers de 380 vaches provenant de cinq fermes commerciales. La seconde a porté sur 1 034 065 échantillons de 272 525 vaches provenant de 2 379 fermes bretonnes. L'IIM a été caractérisée en utilisant quatre classes de concentration en cellules somatiques (CCS) (IIM- : CCS < 50 000 cellules/mL, IIM+ : CCS ≥ 50 000 et < 200 000 cellules/mL, IIM++ : CCS ≥ 200 000 et < 800 000 cellules/mL et IIM+++ : CCS ≥ 800 000 cellules/mL). Le DEM a été décrit par la concentration en β-hydroxybutyrate (BHB) du lait selon trois classes : DEM- : BHB < 0,15mM, DEM+ : BHB ≥ 0,15 et < 0,20mM, DEM++ : BHB ≥ 0,20mM. Les effets de l'IIM et du DEM sur la cinétique d'évolution du TL au cours des 100 premiers jours de lactation ont été analysés via un modèle de régression linéaire mixte (Canada : lait de quartier ; France : lait de mamelle entière). Lorsqu'une IIM et un DEM ont été observés simultanément, la diminution du TL, par rapport à un animal sans IIM ou ni DEM, était plus importante, allant jusqu'à - 4,3 ± 0,5 g/kg et jusqu'à - 2,2 ± 0,1 g/kg de lait pour, respectivement, les données canadiennes et bretonnes. Ce résultat a été observé bien que les mesures de TL aient été réalisées selon des protocoles différents (lait citernal de quartier vs. lait issu de la traite des quatre quartiers) et à des intervalles différents (14 jours au Canada vs. 2,2 mois en France). Ces résultats montrent qu'un DEM en début de lactation peut être associé à une diminution du TL dont l'amplitude dépend non seulement du DEM mais également du statut inflammatoire des quartiers/mamelles.

## Reduction in milk lactose content due to intra-mammary inflammation and metabolic disorders in early lactation dairy cows

Hamon A. (1), Dufour S. (2), Kurban D. (2), Lemosquet S. (3), Mériaux L. (4), Guinard-Flament J. (1)  
(1) Institut Agro Rennes – Angers, 65 rue Saint Briec, 35042 Rennes, France

**SUMMARY** – The milk lactose content (LC) slightly changes during lactation compared to fat and protein contents. It varies according to cow parity and could decrease during a metabolic disorder (MED) or intramammary inflammation (IMI). The objective of this study was to evaluate, through two studies conducted in commercial farms, the simultaneous effect of IMI and MED on milk LC in early lactation (5-100 days) in Holstein dairy cows. The first study was conducted in Canada on 5,346 milk samples from the quarters of 380 cows from five commercial farms. The second study involved 1,034,065 milk tests from 272,525 cows from 2,379 French farms. The IMI was characterized using four somatic cells count (SCC) classes (IMI-: SCC < 50,000 cells/mL, IMI~: SCC ≥ 50,000 and < 200,000 cells/mL, IMI+: SCC ≥ 200,000 and < 800,000 cells/mL, and IMI++: SCC ≥ 800,000 cells/mL). The MED was described by the milk β-hydroxybutyrate (BHB) concentration according to three classes: MED-: BHB < 0.15 mM, MED+: BHB ≥ 0.15 and < 0.20 mM, MED++: BHB ≥ 0.20 mM. The effects of IMI and MED on the LC evolution kinetics during the first 100 days of lactation were analysed using a linear mixed regression model (Canada: quarter milk; France: whole udder milk). When IMI and MED were observed simultaneously, compared to an animal without IMI or MED, the LC decreased up to 4.3 ± 0.5 g/kg and up to 2.2 ± 0.1 g/kg for the Canadian and French data, respectively. This result was observed despite the LC measurements being performed according to different protocols (quarter cisternal milk vs. composite milk sample) and at different intervals (14 days in Canada vs. 1 month in France). These results show that a MED in early lactation can be associated with a decrease in LC, whose amplitude depends not only on the MED but also on the inflammatory status of the quarters/udders.

## INTRODUCTION

Prédire rapidement et à moindre coût l'état physiologique de la vache constitue un enjeu pour une gestion simplifiée des animaux et des élevages. Les biomarqueurs du lait sont intéressants car mesurables rapidement par spectroscopie infrarouge (MIR) et à grande échelle et pour certains déjà collectés de manière régulière. Le taux de lactose (TL) du lait, bien que longtemps considéré comme peu informatif en raison de sa faible variabilité, est d'après certaines études un indicateur de santé de la glande mammaire mais aussi du statut métabolique de la vache laitière.

Les mammites, souvent causées par une inflammation intra-mammaire (IIM), restent une maladie importante dans les

élevages de bovins laitiers avec une incidence cumulée sur la lactation pour les mammites subcliniques, estimée en France à 20 % (Coignard *et al.*, 2013) et à 32 % au Canada (Kurban *et al.*, 2022). Le risque de mammite est plus élevé en début de lactation et pour les vaches multipares forte productrice. Les désordres métaboliques (DEM), associés au déficit énergétique en début de lactation sont fréquents et peuvent se traduire par des cétoses. Les IIM entraînent une diminution du TL dans le lait qui est associé au niveau de comptage de cellules somatiques (CCS). Bruckmaier *et al.* (2004) ont constaté une diminution de 4,3 g/kg du TL dans le lait provenant de quartiers avec un CCS supérieur à 1 000 000 cellules/mL par rapport aux quartiers sains de la même mamelle. Il a aussi été observé une diminution du TL lors d'un

DEM identifié à partir de la concentration en bêta-hydroxybutyrate (BHB) du lait (Santschi *et al.*, 2016). Bien que suggéré comme indicateur d'IIM ou d'un DEM, aucune étude n'a considéré conjointement ces deux effets sur le TL. L'objectif de cette étude est d'analyser l'effet d'une IIM sur le TL et son interaction avec le DEM (via BHB lait) en début de lactation à partir de données issues de fermes commerciales.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. JEUX DE DONNEES

Ce travail porte sur deux bases de données – canadienne et bretonne. Le jeu de données canadien contient des résultats de 5 346 échantillons de lait citernal de quartiers de 380 vaches laitières provenant de 5 fermes commerciales canadiennes (Hamon *et al.*, 2024). Les fermes canadiennes sont localisées dans les 20 km autour de la faculté de médecine vétérinaire de Montréal (Saint-Hyacinthe, QC, Canada) et étaient toutes équipées de systèmes de traite robotisés. La base de données bretonne inclut des résultats de 1 034 065 échantillons de contrôles laitiers de 272 525 vaches provenant de 2 379 élevages bretons, représentant au total 490 139 lactations. L'ensemble des fermes bretonnes étaient pour 2 197 d'entre elles en production conventionnelle et 182 en élevages bio avec 375 fermes équipées de robots de traite. Les échantillons de lait ont été prélevés de janvier 2019 à mars 2020 et de janvier 2019 à décembre 2022 pour les données canadienne et bretonne, respectivement. Seuls les échantillons prélevés entre 5 et 100 jours de lactation ont été sélectionnés dans les deux bases de données.

### 1.2. COLLECTE DES ECHANTILLONS DE LAIT ET ANALYSES

Pour les fermes canadiennes, le lait de chaque quartier des 380 vaches a été prélevé aseptiquement après élimination des premiers jets tous les 14 jours après nettoyage et désinfection des trayons. En moyenne 14,6 échantillons par quartier par vache ont été prélevés, avec un minimum de 2 et un maximum de 28 échantillons par vache par lactation. L'heure de prélèvement des échantillons était enregistrée pour connaître le délai entre l'échantillonnage et la traite précédente. Ce délai était de  $4,5 \pm 2,9$  heures (moyenne  $\pm$  écart type).

La fréquence des contrôles laitiers sur les fermes bretonnes était en moyenne de 2,2 contrôles/lactation avec un minimum de 1 et un maximum de 6 échantillons par lactation. Dans les deux études, le taux butyreux (TB), le taux protéique (TP), le taux de lactose (TL) et le bêta-hydroxybutyrate (BHB) ont été analysés par MIR et le CCS a été déterminé par cytométrie de flux avec le Fossomatic 7 DC.

### 1.3. IDENTIFICATION D'UNE INFLAMMATION INTRA-MAMMAIRE ET D'UN DESORDRE METABOLIQUE

Les IIM ont été caractérisées en utilisant quatre classes de CCS : IIM- : CCS < 50 000 cellules/mL, IIM+ : CCS  $\geq$  50 000 et < 200 000 cellules/mL, IIM++ : CCS  $\geq$  200 000 et < 800 000 cellules/mL et IIM+++ : CCS  $\geq$  800 000 cellules/mL (Hamman *et al.*, 2003). Seul le BHB du lait était disponible dans les deux études pour décrire le DEM des vaches. La concentration en BHB du lait a été décrite en trois classes : DEM- : BHB < 0,15 mM, DEM+ : BHB  $\geq$  0,15 et < 0,20 mM, DEM++ : BHB  $\geq$  0,20 mM (Santschi *et al.*, 2016). Pour l'étude canadienne, le BHB a été mesuré à l'échelle du quartier – ces valeurs ont été transformé pour décrire l'état métabolique de la vache : une valeur de BHB au niveau de la vache a été estimée en calculant la moyenne pondérée de BHB des quartiers par la production laitière du quartier.

## 1.4 STATISTIQUES

### 1.4.1 Correction des données

Pour les données canadiennes, les échantillons de lait de quartier dont les valeurs de TB, TP, TL et BHB étaient en dehors de la plage de calibration du MIR ont été considérées comme informations manquantes (TB : 1 280 ; TP : 300 ; TL : 867 et BHB : 1 146 échantillons éliminés). Les valeurs de calibration obtenues du manufacturier (FOSS, Hilleroed, Denmark) étaient les suivantes : 14,4–103,8 g/kg pour le TB, 25,9–46,0 g/kg pour le TP, 37,6–55,3 g/kg pour le TL, et 0,04–0,60 mM pour le BHB. Concernant les données provenant des élevages bretons, les valeurs des composants ayant des concentrations en dehors de  $\pm 5$  écarts types de la moyenne calculée sur des intervalles de 20 jours sont considérées comme manquantes (PL : 26 ; TB : 1 247 ; TP : 479 ; TL : 866 ; BHB : 0 échantillons éliminés). Les échantillons qui ont 2 ou plus de composants en dehors de  $\pm 5$  écarts types de la moyenne sont retirés de la base de données ( $n = 348$ ) et pour le reste la valeur est considérée comme absente ( $n = 2 270$ ). Les échantillons pour lesquels aucune valeur de TL ( $n = 771$ ), CCS ( $n = 6$ ) ou BHB ( $n = 94 610$ ) n'étaient renseignées ont été retirés de l'analyse.

### 1.4.2 Analyse des données

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé sur R (version 4.0.4). Un modèle de régression linéaire multiple a été utilisé pour étudier l'effet simultané du désordre métabolique et de l'inflammation intra-mammaire sur le TL au cours des 100 premiers jours de lactation :

$$\text{Taux de lactose}_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 \text{IIM}_{ijk} + \beta_2 \text{Poly JEL}_{ijk} + \beta_3 \text{DEM}_{ijk} + \beta_z \text{IIM}_{ijk} * \text{DEM}_{ijk} * \text{Poly JEL}_{ijk} + \beta_{\text{cov}} \text{Covariates}_{ijk} + \varepsilon_{ijk} + u_{jk} + v_k$$

Avec,  $v_k \sim N(0, \sigma_k^2)$ ,  $u_{jk} \sim N(0, \sigma_{jk}^2)$ ,  $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma_{ijk}^2)$ . Ce modèle vise à prédire, pour les données canadiennes, le TL du  $i$ -ème échantillon ( $i = 5 346$ ) provenant du  $j$ -ème quartier ( $j = 1 477$ ) de la  $k$ -ème vache ( $k = 380$ ) et, pour les données bretonnes, le TL du  $i$ -ème échantillon ( $i = 1 034 065$ ) provenant de la  $j$ -ème vache/lactation ( $j = 490 139$ ) du  $k$ -ème élevage ( $k = 2 379$ ). Adapté selon la spécificité de chaque étude, ce modèle incluait obligatoirement les effets fixes suivants :  $\beta_0$  est le TL moyen lorsque toutes les valeurs des prédicteurs sont fixées à zéro ou à la valeur de référence (pour les variables catégorielles) ;  $\beta_1$  est l'effet de l'IIM sur le TL du lait ;  $\beta_2$  est un vecteur de coefficients associés à un ensemble de termes polynomiaux du troisième degré utilisés pour représenter l'association entre les jours en lactation (JEL) lors de la collecte de l'échantillon et le TL du lait ;  $\beta_3$  est l'effet du DEM sur le TL du lait ;  $\beta_z$  est un vecteur de coefficients pour les termes d'interaction entre l'effet de l'IIM, du DEM et les termes polynomiaux JEL (ce qui permet de décrire l'effet sur la concentration du composant du lait du prédicteur principal en fonction des jours de lactation de manière curvilinéaire) ; et  $\beta_{\text{cov}}$  est un vecteur de coefficients pour les autres covariables incluses dans le modèle. Ces covariables sont, pour les données canadiennes : l'intervalle de temps entre le prélèvement de lait par quartier et la traite précédente au robot ( $4,5 \pm 2,9$  h), l'élevage ( $n = 5$ ), la parité de la vache (primipares = 77 vaches ; multipares = 303 vaches). Pour les données bretonnes, les covariables sont les suivantes : l'année ( $n = 4$ ), la parité de la vache (primipares = 162 207 vaches ; multipares = 327 932 vaches), le protocole appliqué lors du contrôle laitier ( $n = 4$ ).

Enfin, un effet aléatoire de vache ( $v_k$ ) a été utilisé pour les deux études, avec en plus un effet aléatoire de quartier ( $u_{jk}$ ) pour les données canadiennes et un effet aléatoire de l'élevage pour les données bretonnes. L'homoscédasticité et la

**Tableau 1** : Description du nombre d'IIM et de MED pour les données provenant de l'étude Canadienne (n= 5 346) et de l'étude Bretonne (n= 1 034 065)

Données Canada <sup>1</sup>	DEM -	DEM ~	DEM +	TOTAL
IIM -	2 774	170	111	<b>3 055</b>
IIM ~	1 030	139	104	<b>1 273</b>
IIM +	441	79	54	<b>574</b>
IIM ++	279	80	85	<b>444</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4524</b>	<b>468</b>	<b>354</b>	<b>5 346</b>
Données bretonnes <sup>2</sup>	DEM -	DEM ~	DEM +	TOTAL
IIM -	527 151	50 902	34 103	<b>612 156</b>
IIM ~	222 790	24 934	17 571	<b>265 295</b>
IIM +	82 582	10 512	7 980	<b>101 074</b>
IIM ++	43 483	6824	5 233	<b>55 540</b>
<b>TOTAL</b>	<b>876 006</b>	<b>93 172</b>	<b>64 887</b>	<b>1 034 065</b>

<sup>1</sup> Les effectifs correspondent au nombre de quartiers dans chaque classe d'IIM ou de DEM

<sup>2</sup> Les effectifs correspondent au nombre de vaches dans chaque classe d'IIM ou de DEM

Abréviations : IIM : inflammation intra-mammaire ; DEM : désordre métabolique

normalité des résidus ont été vérifiées à l'aide de graphiques des résidus. Des ajustements pour les comparaisons multiples ont été effectués en utilisant l'ajustement de Tukey-Kramer. Le niveau de signification a été défini comme une valeur de probabilité (P) égale ou inférieure à 0,05 pour les données canadiennes et égale ou inférieure à 0,01 pour les données bretonnes. Pour simplifier l'interprétation des résultats, l'effet de la parité sera décrit pour les vaches primipares (parité 1) et pour les vaches multipares (parité ≥ 2).

## 2. RESULTATS

### 2.1. EFFET DE LA PARITE SUR LE TAUX DE LACTOSE DU LAIT

Dans les deux études, le lait des vaches primipares présentait un TL supérieur à celui des vaches multipares (Canada : 45,0 ± 0,2 vs. 43,6 ± 0,1 g/kg de lait citernal ; France : 50,0 ± 0,01 vs. 48,9 ± 0,01 g/kg). Comme attendu, le TL était plus faible lorsqu'il était mesuré dans le lait citernal de quartier (Canada) par rapport au lait issu d'une traite complète (France).

### 2.2. EFFET DE L'INFLAMMATION INTRA-INTRAMMAIRE SUR LE TAUX DE LACTOSE DU LAIT

La prévalence de l'IIM chez les vaches canadiennes était de 88%, elles ont eu au minimum 1 quartier au cours de l'étude classé IIM+, 58% un quartier classé IIM++ et 42% un quartier classé IIM+++ (tableau 1). Concernant l'étude bretonne, 40%, 40%, 16% et 9% des mamelles ont été classées au minimum 1 fois dans les catégories respectives : IIM+, IIM++, et IIM+++.

Dans les deux études, le TL était plus faible dès la classe IIM+ de -1,0 ± 0,2 g/kg et -0,2 ± 0,01 g/kg pour respectivement les données canadiennes et bretonnes (P < 0,01). Cette diminution était d'autant plus forte pour les classes IIM++ et IIM+++ de -1,8 ± 0,2 g/kg et -3,7 ± 0,2 g/kg pour l'étude canadienne et -0,6 ± 0,01 g/kg et -1,4 ± 0,01 g/kg pour l'étude bretonne par rapport à la classe IIM- (P < 0,01).

### 2.3. EFFET DU DESORDRE METABOLIQUE SUR LE TAUX DE LACTOSE DU LAIT

Les vaches de l'étude canadienne présentaient une prévalence plus élevée de DEM, avec 27% et 19% des vaches classées respectivement en DEM+ et DEM++, contre 17% et 12% des vaches de l'étude bretonne.

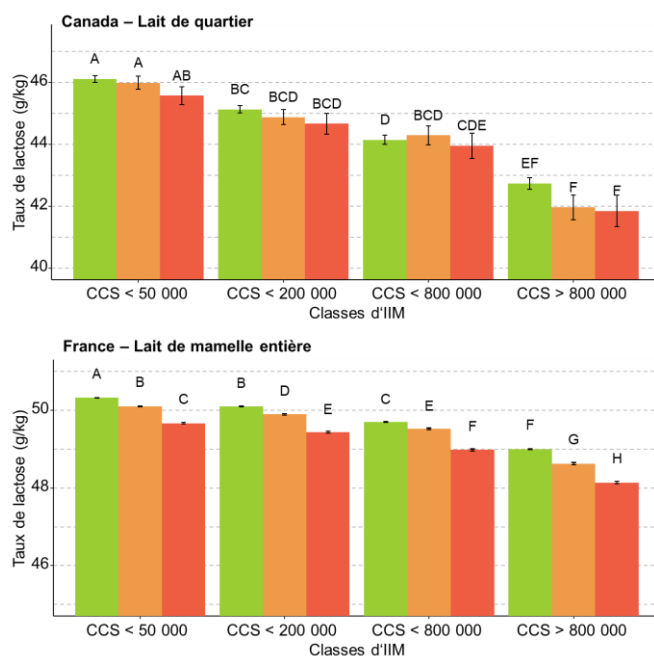
Les vaches avec un DEM présentaient dans l'étude canadienne une diminution du TL de -0,5 ± 0,2 g/kg pour les vaches classées DEM++ par rapport à celles DEM-. Pour les données bretonnes, une diminution du TL a été observée dès la classe DEM+ avec une diminution de -0,2 ± 0,01g/kg et de -0,7 ± 0,01g/kg par rapport aux vaches DEM- (P < 0,01).

### 2.3. EFFET DE L'INFLAMMATION INTRA-INTRAMMAIRE ET DU DESORDRE METABOLIQUE SUR LE TAUX DE LACTOSE DU LAIT

L'effet simultané d'une IIM et d'un DEM sur le TL était supérieur à leurs effets propres. Le lait provenant des vaches DEM+ et IIM+ présentait des TL plus faibles de -1,2 ± 0,2 g/kg pour les données du Canada et de -0,4 ± 0,01 g/kg pour les données bretonnes comparé à une vache DEM- et IIM- (Figure 1 ; P < 0,01). Plus la vache était classée dans des catégories hautes d'IIM ou de DEM, plus la diminution du TL était forte (Figure 1). Pour l'étude canadienne, une diminution du TL de -4,3 ± 0,5g/kg a été observée lorsque le quartier était IIM+++ et la vache était DEM++. Pour l'étude bretonne, le TL des vaches IIM+++ et DEM++ était plus faible de -2,2 ± 0,03 g/kg comparé aux vaches IIM- et DEM-.

L'interaction IIM x DEM x JEL était statistiquement significative (P < 0,01). Elle suggère un effet simultané d'une IIM et d'un DEM sur le TL variable au cours des 100 premiers jours de lactation.

Classes de DEM ■ BHB < 0,15mM ■ 0,15 ≤ BHB < 0,20mM ■ BHB ≥ 0,20mM



**Figure 1** : Moyennes estimées du taux de lactose selon la classe d'inflammation intra-mammaire (IIM) au niveau du quartier pour l'étude Canadienne et au niveau de la vache pour l'étude Bretonne ainsi que les classes de désordres métaboliques (DEM) de la vache pour les deux études.

### 3. DISCUSSION

L'objectif de cette étude était de décrire l'effet simultané d'une IIM du quartier ou de la mamelle entière et d'un DEM de la vache (en utilisant la concentration de BHB dans le lait) sur le TL du lait durant le début de lactation (5-100 jours). Pour cela, deux bases de données issues de fermes commerciales ont été utilisées, possédant toutes les deux les mesures des composants nécessaires à l'identification d'une IIM (CCS) ou d'un DEM (BHB). Des différences de protocoles existent entre les deux bases de données, avec des prélèvements par quartier effectués tous les 14 jours pour les données canadiennes et des prélèvements mensuels sur mamelle entière (contrôles laitiers) pour les données bretonnes. La variabilité du TL entre les quartiers d'une même mamelle est faible, sauf lorsque l'un ou plusieurs quartiers sont atteints d'une IIM (Forsback *et al.*, 2010). Il est alors possible de comparer les TL provenant de quartiers à ceux provenant de mamelle entière. En moyenne, le TL provenant de l'étude canadienne était plus faible de 2,9 à 6.0 g/kg par rapport au TL de l'étude bretonne. Cela s'explique par le fait que pour l'étude canadienne, le lait de quartier prélevé correspondait à du lait citernal (fraction de lait retirée au début de la traite avant la stimulation hormonale), caractérisé par des TL plus faibles comparé à du lait de traite entière (Nielsen *et al.*, 2005). Des différences génétiques entre les troupeaux canadiens et bretons peuvent également expliquer cette variation de TL, qui présente une héritabilité comprise entre 0,25 et 0,37 (Haile-Mariam et Pryce, 2017). Malgré cette différence de taux entre les deux études, nous avons observé, des différences de TL similaires entre les vaches primipares et multipares pour les deux jeux de données (Canada :  $1,4 \pm 0,1$  g/kg; France :  $1,2 \pm 0,01$ g/kg), comme cela est décrit dans la littérature.

Dans les deux études, canadienne et bretonne, le TL est diminué lors d'une IIM, dès un CCS > 50 000 cellules/mL et lors d'un DEM, identifié à partir d'une concentration en BHB du lait supérieur à 0,19 mM pour les données canadiennes et supérieure à 0,15 mM pour les données bretonnes. La diminution du TL lors d'une IIM est plus importante pour les données canadiennes par rapport aux données bretonnes. La prévalence d'IIM est également plus élevée dans l'étude canadienne par rapport à l'étude bretonne. Cette prévalence supérieure et la réduction plus importante du TL au niveau de ces quartiers étaient attendus. En effet, le lait des quartiers sains dilue les cellules somatiques provenant du quartier inflammé, rendant possible la non-détection d'une IIM à l'échelle de la mamelle entière. La diminution du TL observée dans les quartiers ou mamelles atteints d'une IIM peut s'expliquer par deux mécanismes principaux. Premièrement, la production de molécules inflammatoires peut provoquer des dommages mammaires altérant la sécrétion de lactose. Deuxièmement, l'inflammation peut compromettre la perméabilité de l'épithélium mammaire, entraînant une fuite de lactose vers le sang. Ces phénomènes, décrit par Nguyen et Neville (1998) contribue à la réduction du TL dans le lait lors d'une IIM. De plus, la diminution du TL dans les mamelles ou quartiers inflammés peut être liée à une réduction de la disponibilité en glucose, principal précurseur de la synthèse du lactose. Ce glucose peut être utilisé comme substrat par les micro-organismes et pour activer et soutenir les réactions immunitaires locales (Enger, 2019).

L'étude canadienne présente une prévalence de DEM 0,6 fois supérieure à celle de l'étude bretonne, et une prévalence comparable à celle décrite par Santschi *et al.* (2016) : 22,6% des vaches entre 5-35 jours de lactation sont diagnostiquées en DEM avec le BHB du lait. Malgré cela, l'effet de la classe DEM+ sur le TL n'était pas significatif pour les données canadiennes, contrairement aux données bretonnes, probablement en raison d'un nombre de données moins important. La diminution du TL pour les vaches DEM++ est

similaire pour les deux études et a déjà été décrite par Santschi *et al.* (2016). Ces auteurs avaient observé une diminution de - 1,4 g/kg du TL dans le lait issu de mamelle entière lorsque le BHB du lait dépassait 0,19 mM. Cette diminution du TL lors d'un DEM s'expliquerait par une diminution de la disponibilité en glucose dans le sang, principal précurseur du lactose, limitant ainsi sa synthèse (Larsen et Moyes, 2015).

Ces résultats soulèvent la question de l'impact simultané d'une IIM du quartier ou de la mamelle et d'un DEM sur le TL du lait. Dans les deux études, canadienne et bretonne, les vaches ayant conjointement une IIM et un DEM présentent une diminution du TL supérieure à celle induite par leurs effets propres. Les mécanismes physiologiques liés à cet effet synergique sur le TL sont complexes et nécessitent des recherches supplémentaires pour identifier s'il s'agit uniquement de mécanismes spécifiques à chaque effet ou si d'autres mécanismes communs entre l'effet de l'IIM et d'un DEM sur le TL sont impliqués.

La présence d'une interaction significative entre l'IIM et le DEM et les jours de lactation sur le TL suggère des variations différentes des courbes de TL au cours des premiers 100 JEL, entre les vaches saines et celles atteintes d'IIM et/ou de DEM. Kowalski *et al.* (2022) ont observé des courbes de TL différentes entre les vaches saines et les vaches ayant des concentrations élevées en acétone et BHB du lait, durant les 60 premiers jours de lactation. L'ensemble de ces observations mettent en avant la nécessité de recherches supplémentaires sur la dynamique de l'évolution du TL au cours de la lactation en relation avec la santé sanitaire du quartier ou de la mamelle, et du statut nutritionnel de la vache.

### CONCLUSION

Cette étude met en évidence une diminution significative du TL dans le lait lors d'une IIM du quartier ou de la mamelle entière, et lors d'un déficit énergétique marqué (DEM) en début de lactation. La réduction la plus importante du TL a été observée dans les quartiers ou mamelles présentant à la fois une IIM et un DEM chez les vaches atteintes. L'effet combiné d'une IIM et d'un DEM sur la baisse du TL n'avait jamais été décrit auparavant. Ces résultats sont d'autant plus solides qu'ils sont cohérents dans les fermes canadiennes et bretonnes, malgré les différences potentielles de niveau génétique pour la production laitière et le TL, ainsi que les variations de régime alimentaire, de systèmes d'élevage et de protocoles (lait citernal de quartier vs. lait issu de la traite complète). Ils mettent en évidence la nécessité d'analyser conjointement les biomarqueurs du lait et non de manière séparée. Le TL du lait pourrait faire partie des bioindicateurs de la santé de l'animal, notamment pour la détection de DEM, pour lesquels il manque encore des indicateurs non invasifs et précis, particulièrement pour l'identification des déficits énergétiques précocement. L'intérêt de développer le TL en tant qu'indicateur est qu'il est facilement mesurable à bas coût par spectroscopie infrarouge moyen. Ces résultats consolident l'intérêt de poursuivre les investigations sur l'analyse des cinétiques d'évolution du TL en début de lactation, dans l'objectif de développer un indicateur de santé de l'animal prenant en compte à la fois le statut inflammatoire mammaire et le bilan énergétique.

*Les auteurs souhaitent remercier la participation d'Ariane France (Université de Guelph), Caroline Forest, Mélissa Desautels et Caroline Chénard (Université de Montréal) pour leur aide dans la collecte des données, l'échantillonnage du lait et les analyses de cultures bactériologiques. Enfin, nous exprimons notre gratitude aux salariés de l'entreprise Eilyps (Pacé, France) pour avoir réalisé la collecte des données.*

- Bruckmaier, R. M., C. E. Ontsouka, and J. W. Blum. 2004.** Fractionized milk composition in dairy cows with subclinical mastitis. *Vet. Med. (Praha)* 49:283–290. <https://doi.org/10.17221/5706-VETMED>
- Coignard, M., R. Guatteo, I. Veissier, A. de Boyer des Roches, L. Mounier, A. Lehébel, and N. Bareille. 2013.** Description and factors of variation of the overall health score in French dairy cattle herds using the Welfare Quality assessment protocol. *Prev. Vet. Med.* 112:296–308. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.07.018>.
- Enger, B. D. 2019.** Invited review: Reevaluating how mastitis reduces milk yield: Discussion of competitive substrate utilization. *Appl. Anim. Sci.* 35:408–415. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01876>.
- Forsbäck, L., H. Lindmark-Månsson, A. Andrén, M. Åkerstedt, L. Andrée, and K. Svennersten-Sjaunja. 2010.** Day-to-day variation in milk yield and milk composition at the udder-quarter level. *J. Dairy Sci.* 93:3569–3577. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-3015>.
- Haile-Mariam, M., and J.E. Pryce. 2017.** Genetic parameters for lactose and its correlation with other milk production traits and fitness traits in pasture-based production systems. *J. Dairy Sci.* 100:3754–3766. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11952>
- Hamon A., Dufour S., Kurban D., Lemosquet S., Gervais R., and Guinard-Flament J. 2024.** Decreased lactose percentage in milk associated with quarter health disorder and hyperketolactia, a proxy of negative energy balance, in dairy cows. *J. Dairy Sci.* TBC. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24134>
- Kowalski, Z. M., Sabatowicz M., Van Saun R.J, W. Jagusiak, W. Młoczek, R., Spanghero M, and Dechow C.D. 2023.** Association between hyperketolactia and production in early-lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 106:9532-9551. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23081>.
- Kurban, D., J.-P. Roy, F. Kabera, A. Fréchette, M. M. Um, A. Albaaj, S. Rowe, S. Godden, P. R. F. Adkins, J. R. Middleton, M.-L. Gauthier, G. P. Keefe, T. J. DeVries, D. F. Kelton, P. Moroni, M. Veiga dos Santos, H. W. Barkema, and S. Dufour. 2022.** Diagnosing Intramammary Infection: Meta-Analysis and Mapping Review on Frequency and Udder Health Relevance of Microorganism Species Isolated from Bovine Milk Samples. *Animals (Basel)* 12:3288. <https://doi.org/10.3390/ani12233288>.
- Larsen, T., and K. M. Moyes. 2015.** Are free glucose and glucose-6-phosphate in milk indicators of specific physiological states in the cow? *Animal* 9:86–93. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002043>.
- Nguyen, D.-A. D., and M. C. Neville. 1998.** Tight Junction Regulation in the Mammary Gland. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 3:233–246. <https://doi.org/10.1023/A:1018707309361>.
- Nielsen, N. I., T. Larsen, M. Bjerring, and K. L. Ingvarsten. 2005.** Quarter Health, Milking Interval, and Sampling Time During Milking Affect the Concentration of Milk Constituents. *J. Dairy Sci.* 88:3186–3200. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73002-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73002-2).
- McArt, J.A.A., D. V. Nydam, G. R. Oetzel, T. R. Overton, and P. A. Ospina. 2013.** Elevated non-esterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *Vet. J.* 198:560–570. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.08.011>.
- Santschi, D. E., R. Lacroix, J. Durocher, M. Duplessis, R. K. Moore, and D. M. Lefebvre. 2016.** Prevalence of elevated milk  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations in Holstein cows measured by Fourier-transform infrared analysis in Dairy Herd Improvement milk samples and association with milk yield and components. *J. Dairy Sci.* 99:9263–9270. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11128>