



**HAL**  
open science

## **Approche multifactorielle des conditions d'élevage bovin associées à l'instabilité à l'éthanol des laits de troupeaux**

Fanny Albert, Alice Fouquet, Catherine Hurtaud, Anne Boudon, Marine Gelé,  
Alisson Stocchetti, Cécile Laithier, Frédéric Gaucheron

### ► **To cite this version:**

Fanny Albert, Alice Fouquet, Catherine Hurtaud, Anne Boudon, Marine Gelé, et al.. Approche multifactorielle des conditions d'élevage bovin associées à l'instabilité à l'éthanol des laits de troupeaux. 3R2024: 27èmes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Institut de l'élevage [IDELE], INRAE, Dec 2024, Paris, France. <hal-05109037>

**HAL Id: hal-05109037**

**<https://hal.science/hal-05109037v1>**

Submitted on 12 Jun 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

# Approche multifactorielle des conditions d'élevage bovin associées à l'instabilité à l'éthanol des laits de troupeaux

ALBERT F. (1), FOUQUET A. (1), HURTAUD C. (2), BOUDON A. (2), GELE M. (4), STOCCHETTI A. (5), LAITHIER C. (3), GAUCHERON F. (6)

(1) Institut de l'Élevage, service qualité du lait et des produits laitiers PRO315 – CS 52637 – 31321 Castanet Tolosan – [fanny.albert@idele.fr](mailto:fanny.albert@idele.fr)

(2) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles

(3) Institut de l'Élevage, service qualité du lait et des produits laitiers PRO315, Lyon

(4) Institut de l'Élevage, PRO315 Beaucauzé

(5) Institut de l'Élevage, data stats Paris MNE

(6) Centre National Interprofessionnel de l'Économie Laitière, Paris

## RESUME

Certains laits pour des raisons mal déterminées flocculent au cours des traitements thermiques. Afin de gérer ce problème, des tests de stabilité thermique des laits sont appliqués en routine. En France, en été, certains laits de troupeaux présentent une instabilité au test à l'éthanol à 76°GL récurrente, tandis que d'autres ne sont jamais instables. Cette étude exploratoire de terrain visait à caractériser la relation entre l'instabilité à l'éthanol à 76°GL et la composition physico-chimique des laits et les conditions d'élevages associées. Dix-huit élevages du Sud de la France ont été sélectionnés en binômes pour leur récurrente stabilité estivale vs. instabilité. Des enquêtes, des relevés météorologiques, des tests et analyses laitières ont été conduits dans ces élevages de juin 2022 à juin 2023. Les questionnaires traitaient de la conduite du troupeau, de l'alimentation, de l'abreuvement, du bâtiment, de la traite, de la santé du troupeau... Des analyses bivariées suivies de tests statistiques et d'analyses descriptives multivariées ont été appliquées sur la base de données. Les laits instables à l'éthanol à 76°GL avaient des teneurs en lactose significativement plus faibles tout au long de l'année. En été, ils avaient des niveaux de lipolyse 2 fois plus élevés, des teneurs en acides gras saturés et en sodium significativement plus élevées, et des teneurs en acides gras poly-insaturés, omégas 3, phosphore et potassium plus faibles. Ces résultats confirment l'hypothèse du lien entre instabilité des laits à l'éthanol à 76°GL et leur équilibre minéral, au travers des liaisons phospho-calciques des micelles de caséines. A l'inverse, aucune différence significative n'a été observée entre les laits stables et instables pour les fractions azotées, le taux butyreux, le point de congélation, les comptages de cellules somatiques, les germes totaux et les *Pseudomonas* spp. Les laits instables ont été associés à des stades de lactations avancés, quelle que soit la période de l'année, et en été à des restrictions alimentaires alors que l'indice de température et d'hygrométrie (THI) évalué au moment de la collecte des laits ne présentait pas de différence. Les hypothèses de stress thermique et alimentaires seront testées en phase expérimentale au regard de la stabilité du lait et de sa composition minérale et protéique notamment, en vue de comprendre les mécanismes en jeu.

## Cows rearing conditions associated to farm bulk tank milk ethanol stability, a multifactorial approach

ALBERT F. (1), FOUQUET A. (1), HURTAUD C. (2), BOUDON A. (2), GELE M. (4), STOCCHETTI A. (5), LAITHIER C. (3), GAUCHERON F. (6)

(1) Institut de l'Élevage, service qualité du lait et des produits laitiers PRO315 – CS 52637 – 31321 Castanet Tolosan

## SUMMARY

Some non-acid cow's milks, referred to here as "unstable", flocculate during thermic treatments. Routine tests are carried out on milk cisterns and farm bulk tank milks to limit economic and technological issues. Some farm bulk tank milks are recurrently unstable in summer whereas others never are. This exploratory study aimed at characterizing cow's milk heat instability, through ethanol stability in concentration of 76% v/v (76% ES), by the milk physicochemical composition and the breeding conditions associated. An on-field approach was led: eighteen farms from Southern France were selected by pairs, respectively with "stable" and "unstable" milks in summer, through 76% ES. Technological tests, bulk tank milk analysis and on-farm surveys were carried out from June 2022 to June 2023. Broad themes were tackled: herd management, feeding, watering, milking, cow's health, meteorological conditions, sheltering... Bivariate analysis followed by statistical tests and multivariate descriptive analyses were applied to the resulting database. Unstable milks had significant lower lactose content all year long, twice higher lipolysis levels in summer, significant higher concentrations in saturated fatty acids and sodium, significant lower concentrations in poly-unsaturated fatty acids, omega-3, phosphorus, and potassium. These results lead us to hypothesize an existing link between unstable milks and their mineral balance, through the casein micelles' phospho-calcium bonds. No significant difference was observed for the nitrogenous fractions, fat content, freezing-point, somatic cell counts, total bacterial count, *Pseudomonas* spp. concentrations, Temperature-Humidity Index. Unstable milks were associated to late lactation stages. In summer, those milks were also associated to grazing and feeding conditions suggesting a feed restriction and or energy deficiency. These hypotheses will be tested in experimental conditions, to understand the underlying mechanisms.

1  
2 **INTRODUCTION**  
3  
4 L'instabilité thermique précoce, traduite par la floculation  
5 des laits en début de transformation laitière, a été peu  
6 étudiée.  
7 Afin de limiter l'impact économique et de maîtriser les  
8 accidents de transformation laitière, des tests sont  
9 conduits en routine sur les laits de citerne et de troupeaux.  
10 Quelques études portent sur la composition des laits, mais  
11 peu d'éléments portent sur les pratiques d'élevage,  
12 conditions météorologiques, sous nos latitudes,  
13 associées à l'instabilité thermique des laits de troupeaux.  
14 Plusieurs auteurs ont identifié un impact des modifications  
15 d'équilibres minéraux des laits, dont la teneur en calcium  
16 sur la stabilité au test à l'éthanol des laits de vaches  
17 individuels (Doran et al. (2021), Gabbi et al. (2016),  
18 Stumpf et al. (2013), Tsioulpas et al. (2007a)). Gaucher et  
19 al. (2008) ont démontré que les laits de printemps étaient  
20 moins stables que les laits d'automne. Cette baisse de  
21 stabilité serait associée à des augmentations de pH,  
22 lactose, phosphate soluble, hydratation micellaire, taille  
23 des micelles de caséines et à une diminution de la teneur  
24 en matières grasses. L'étude conduite en France sur des  
25 laits de tanks de laiteries a montré des résultats différents  
26 de stabilité des laits en fonction des tests appliqués, Heat  
27 Clotting Time HCT, à l'éthanol et Ramsdell, lors de la  
28 réception des laits crus de mélange, après pasteurisation  
29 et après stérilisation UHT (Gaucher et al., 2008).  
30 Néanmoins, les pratiques associées à l'instabilité  
31 thermique des laits et leur origine n'ont pas été  
32 recherchées. Hanuš et al. (2019), qui ont suivi 48  
33 élevages en conditions de terrain, pendant 3 ans ont mis  
34 en exergue des éléments plutôt structurels sur la stabilité  
35 thermique des laits de troupeaux par le test HCT, tels que  
36 des effets années, saison, mois, race, altitude, taille des  
37 troupeaux et niveau de production laitière. Enfin, des  
38 travaux non publiés dans le cadre du projet Truefood  
39 (2008), suggèrent que la dynamique saisonnière de  
40 l'indice de stabilité thermique mesurée par le test de  
41 Ramsdell serait différente dans des systèmes à l'herbe  
42 par rapport à des systèmes comprenant du maïs, dans  
43 lesquels elle diminue au printemps après la mise à l'herbe  
44 (Hurtaud C., 2023, communication personnelle).  
45 Par ailleurs, plusieurs études en conditions contrôlées,  
46 ont mis en évidence l'impact de restrictions alimentaires  
47 sur la stabilité des laits de vaches, à l'échelle de l'individu,  
48 selon des systèmes alimentaires très pâturant en Irlande  
49 (Doran et al., 2021) et en conditions tropicales au Brésil  
50 (Gabbi et al., 2016 ; Stumpf et al., 2013).  
51 L'objectif de cette étude de terrain est d'étudier la relation  
52 entre composition physico-chimique des laits, conditions  
53 météorologiques et l'ensemble des pratiques d'élevage  
54 associées à la floculation des laits de vache.

## 55 1. MATERIEL ET METHODES

### 56 1.1. SUIVIS EN ELEVAGE

57  
58 Dix-huit élevages en agriculture biologique ont été  
59 sélectionnés, selon un historique de plus de 3 ans de tests  
60 de stabilité à l'éthanol. Des binômes de fermes ont été  
61 constitués en fonction de la récurrence de résultats des  
62 laits stables vs. instables en été, la similitude des  
63 systèmes alimentaires, taille des troupeaux, moyenne de  
64 production laitière par vache ( $6\ 633 \pm 926$  litres),  
65 logements, proximité géographique (distance moyenne  
66 de 22,7 km entre chaque ferme d'un binôme) et d'altitude.  
67 Trois zones se distinguaient :

- 68 • Montagne : Massif central, Lozère (903 m d'altitude),
- 69 • Plaine du Sud-Ouest (432 m d'altitude moyenne),
- 70 • Intermédiaire Rhône et Loire (633 m d'altitude).

72 Les fermes ont fait l'objet de 8 enquêtes, avec une  
73 enquête initiale, et 7 de suivi dont 4 en période estivale à  
74 risque (juillet – août 2022), 1 en hiver, 1 à la mise à l'herbe  
75 et 1 en juin 2023. Chaque enquête durait environ 2 h. La  
76 première enquête, avait pour but d'identifier les éléments  
77 structurels des exploitations (conduites d'élevages,  
78 bâtiment, etc.). Les 7 enquêtes suivantes relatives à la  
79 conduite d'élevage, à l'alimentation, au pâturage en été et  
80 au printemps, à l'eau et l'abreuvement, à la santé du  
81 troupeau et à la traite et au stockage du lait, ont cherché  
82 à identifier les changements de pratiques.

83  
84 Deux capteurs ont mesuré la température et l'hygrométrie  
85 toutes les heures pendant 1 an, à l'extérieur et à l'intérieur  
86 des bâtiments, afin d'évaluer la durée et l'intensité du  
87 stress thermique subi par les vaches laitières. Quatre  
88 jours précédant le prélèvement, les indices de  
89 températures et d'hygrométrie (THI) minimum, moyen et  
90 maximum, la température minimale, moyenne et  
91 maximale, le nombre de jours successifs où le THI était  
92 supérieur à 68 ont été calculés.

### 93 1.2. ANALYSES LAITIÈRES

94 Au total, 262 prélèvements de laits ont été réalisés, soit  
95 15 prélèvements par élevage. 70 laits ont été collectés en  
96 période estivale, pour renforcer le suivi sur la période à  
97 risque. Neuf prélèvements par élevage ont été réalisés sur  
98 le reste de l'année dont 3 en automne, 3 en hiver et 3 au  
99 printemps. En période estivale à risque, les fractions  
100 protéiques, les profils d'acides gras, ainsi que les  
101 minéraux totaux ont été analysés spécifiquement (cf.  
102 tableau 1). Nous utiliserons le terme « lait instable » pour  
103 désigner un résultat non conforme au test à l'éthanol à  
104 76°GL, par la suite.

105 **Tableau 1 : Analyses laitières et tests technologiques**

106 Famille d'analyse	107 Analyse	Méthode d'analyse
<b>Tests</b>	Test à l'éthanol à 76°GL	Méthode interne
<b>Physico-Chimie de base</b>	Taux butyreux, taux protéique, caséines, urée, lipolyse, lactose Cellules somatiques Cryoscopie pH Acidité Dornic	Infrarouge Epifluorescence Cryoscope thermistance FD V04-035 NF V 04-206
<b>Microbiologie</b>	Flore totale Pseudomonas spp.	Bactoscan Milieu GSP
<b>Fractions azotées</b>	Matières azotées totales Matières azotées non protéiques Matières azotées solubles	ISO 8968-1 ISO 8968-4 modifiée Précipitation des caséines
<b>Acides gras</b>	C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:3 n-3, Acides Gras Insaturés totaux, Acides Gras Mono-Insaturés, Acides Gras Poly-Insaturés, Acides Gras Saturés totaux	Infrarouge
<b>Minéraux totaux</b>	Calcium, Phosphore, Magnésium, Potassium, Sodium, Chlorures	ICP

### 108 1.3. TRAITEMENT DES DONNEES

109 Les traitements statistiques ont été réalisés sur le logiciel  
110 R. Suite au tri à plat des données, des analyses bivariées  
111 et des tests de significativité au seuil de 5 % (Wilcoxon  
112 pour les variables quantitatives et Fisher pour les  
113 variables qualitatives) ont été réalisées, en fonction de la  
114 stabilité à l'éthanol à 76°GL (été + année complète), et en  
115 fonction du groupe de fermes (été). Des Analyses  
116 descriptives multivariées telles que les Analyses des  
117 Correspondances Multiples (ACM), Analyses Factorielles  
118 des Données Mixtes (AFDM) ont été conduites, suivies de  
119 Classifications Ascendantes Hiérarchiques (CAH). Pour  
120 réaliser les analyses multivariées, les pratiques et  
121 conditions d'élevage ont été rassemblées en groupes de  
122 même nature. Les classes présentées dans les résultats  
123 sont celles qui caractérisent l'instabilité des laits.  
124

## 2. RESULTATS

### 2.1. CARACTERISATION DE L'INSTABILITE THERMIQUE ET COMPOSITION DES LAITS

#### 2.1.1 Tests technologiques

L'instabilité s'observe toute l'année, sur près de 15 % des laits. Néanmoins, les proportions varient entre près de 30 % d'instabilité thermique en février et décembre, tandis que 100 % des laits sont stables durant les mois d'octobre et novembre. La fréquence la plus élevée d'instabilité des laits est observée en décembre et février. Par ailleurs, les fermes dont proviennent les laits instables diffèrent selon la période. En été, 92 % des laits instables provenaient du groupe de fermes 'Instable'. Le reste de l'année, 50 % des laits aux résultats instables à l'alcool à 76°GL provenaient du groupe de fermes 'Stable'. Ainsi le groupe de fermes et les laits instables concordent en été mais pas le reste de l'année.

#### 2.1.2 Composition physico-chimique

Aucune différence significative des moyennes annuelles n'a été observée pour le TB, TP, acidité Dornic, pH, caséines, urée, cryoscopie et cellules entre laits stables et instables. A l'inverse, les laits instables se caractérisaient par des teneurs en lactose significativement plus faibles de près d'1 g/L sur les moyennes annuelles, ces différences étant non significatives sur la période estivale seule. Par ailleurs, les laits instables avaient des niveaux de lipolyse significativement plus élevés que les laits stables sauf en décembre 2022 et février 2023 (cf. tableau 2).

Les moyennes de dénombrement en *Pseudomonas* et germes totaux des laits stables et instables n'étaient pas significativement différentes. Les fractions azotées, des laits d'été, n'ont pas présenté de différence significative.

Les teneurs en minéraux des laits en période estivale étaient significativement différentes entre les laits stables et instables (cf. tableau 2). Notamment, les laits instables présentaient un ratio calcium total / phosphore total significativement plus élevé ( $p < 0,05$ ), du fait d'une teneur en phosphore réduite. Les laits instables se caractérisaient également par des ratios sodium / potassium plus élevés que les laits stables, du fait de teneurs en potassium plus faibles, ainsi que des teneurs en sodium plus élevées.

En été, des différences significativement plus faibles des acides gras saturés à courte chaîne C6:0, C8:0, C10:0 et d'acides gras poly-insaturés dont oméga 3 sont observées pour les laits instables (tableau 2).

**Tableau 2** : Composition physico-chimique et technologique des laits en période estivale, en fonction de la stabilité (n=70), \*pourcentage des acides gras totaux

Critères	Laits stables	Laits instables	Significativité ( $\alpha = 5\%$ )
TB (g/L)	38,8 ± 2,9	39,5 ± 3,1	NS
TP (g/L)	31,5 ± 1,8	31,3 ± 1,2	NS
Caséines (g/L)	26,5 ± 1,5	26,2 ± 1,0	NS
Lactose (g/L)	49,4 ± 0,9	48,8 ± 1,1	NS
Lipolyse (mEq/100 g MG)	0,63 ± 0,26	1,07 ± 0,30	0,0001
Urée (mg/L)	220 ± 63	199 ± 68	NS
Cellules somatiques (x 1 000 /mL)	262 ± 184	199 ± 68	NS
Minéraux totaux (g/L)	0,71 ± 0,05	0,71 ± 0,02	NS
Calcium total (mg/L)	1198 ± 55	1216 ± 46	NS
Phosphore total (g/L)	0,885 ± 0,047	0,839 ± 0,26	0,0002
Potassium total (mg/L)	1566 ± 59	1526 ± 71	0,0386
Magnésium total (mg/L)	101 ± 6	102 ± 7	NS
Sodium (mg/L)	395 ± 30	400 ± 28	0,0234
Chlorures (g/L)	1,19 ± 0,07	1,26 ± 0,08	0,0006
Ratio Calcium total / Phosphore total	1,35 ± 0,05	1,45 ± 0,03	1,41E-06

Ratio Sodium / Potassium	0,255 ± 0,02	0,277 ± 0,04	0,0234
Acides Gras Saturés*	68,8 ± 3,0	70,1 ± 2,7	NS
C4:0*	3,7 ± 0,4	3,5 ± 0,5	NS
C6:0*	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,2	0,0052
C8:0*	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,2	0,009
C10:0*	2,9 ± 0,4	2,6 ± 0,4	0,0297
C12:0*	3,3 ± 0,5	3,2 ± 0,4	NS
C14:0*	11,8 ± 1,3	12,6 ± 1,0	NS
C16:0*	29,0 ± 2,8	31,1 ± 3,4	NS
C18:0*	9,7 ± 1,0	9,2 ± 0,9	NS
Acides Gras Insaturés*	31,2 ± 3,0	29,9 ± 2,6	NS
Acides Gras Mono-Insaturés*	27,3 ± 2,9	26,7 ± 2,2	NS
C18:1*	23,2 ± 2,7	22,2 ± 2,2	NS
Acides Gras Poly-Insaturés*	4,2 ± 0,6	3,6 ± 0,7	0,0031
C18:3 n3*	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,2	0,0368
TP / C18:1	3,8 ± 0,5	3,8 ± 0,5	NS

### 2.2. INSTABILITE ET CONDITIONS D'ELEVAGE

#### 2.2.1 Conditions météorologiques

Aucune relation significative n'a pu être établie entre l'instabilité des laits et conditions de température et hygrométrie. Pour les fermes basculant en instabilité estivale, aucun seuil de température, hygrométrie ou THI n'a pu être identifié en conditions de terrain.

#### 2.2.1 Conduite d'élevage

Les laits instables sont associés significativement à des stades de lactation plus avancés que les laits stables (cf. tableau 3), quelle que soit la période de l'année. Ceci peut s'expliquer par des répartitions de vêlages significativement différentes entre groupes de fermes 'stables' et 'instable', respectivement plus étalé tout au long de l'année et plus groupés à l'automne.

**Tableau 3** : Stade de lactation moyen, en fonction de la stabilité au test à l'éthanol à 76°GL (n=70),

Stade de lactation (mois)	Laits stables	Laits instables	Significativité ( $\alpha = 5\%$ )
Moyenne sur l'année	6,5 ± 1,4	9,7 ± 1,5	***
Moyenne sur l'été	6,8 ± 1,5	8,5 ± 1,7	***

#### 2.2.2 Zoom sur le pâturage estival

L'analyse multivariée par ACM suivie de la CAH, a permis d'établir une typologie sur les pratiques au pâturage et l'instabilité des laits. Deux de ces classes sont associées à l'instabilité des laits. Ainsi, la classe « majoritairement instable » regroupe 66 % des laits instables, tandis que la classe « plutôt stable » regroupe 40 % des laits stables à l'alcool à 76°GL.

La classe « majoritairement instable » est associée à l'absence ou rareté de l'ombre offerte (83 % des cas), des abreuvoirs avec une fréquence de nettoyage mensuelle voire annuelle (83 % des cas), des abreuvoirs sales à corrects (59 % des cas), l'accès au bâtiment la nuit (52 % des cas) ainsi que l'usage de prairies temporaires (53 % des cas).

Par opposition, la classe « plutôt stable » est caractérisée par l'utilisation du pâturage (54 %), avec de l'herbe en quantité suffisante selon le déclaratif des éleveurs (70 %), des abreuvoirs propres (63 %) avec un nettoyage toutes les semaines (80 % des cas), l'absence d'accès au bâtiment (89 % des cas) et l'usage de prairies naturelles.

#### 2.2.3 Alimentation

Les principales différences de pratiques alimentaires associées à l'instabilité thermique des laits, étaient observées en été. L'absence de fourrages fermentés en été, l'absence ou la faible part de concentrés distribués venant compléter le pâturage, et la déclaration de survenue de stress alimentaires plus fréquente par les

1 éleveurs indiquent que les laits instables seraient  
 2 associés, en partie, à des conditions de déficit alimentaire  
 3 (tableau 4). Les quantités d'aliments distribués opposant  
 4 les classes de laits stables et instables, confortent cette  
 5 hypothèse :

- 6 • Concentrés distribués, notamment de production :  
 7 quantité 2 fois moins élevée pour élevages aux laits  
 8 instables (2,1 vs. 4,0 kg MS/VL/j),
- 9 • Quantité d'herbe fermentée distribuée : 6 fois plus  
 10 faible pour les élevages aux laits instables (1,0 vs. 6,4  
 11 kg MS/VL/j),
- 12 • Quantité de luzerne distribuée : 5 fois plus élevée pour  
 13 les élevages aux laits instables (3,8 vs. 0,7 kg  
 14 MS/VL/j).

15 En hiver, l'absence de refus à l'auge pourrait conforter  
 16 cette hypothèse.

17 L'AFDM suivie de la classification ascendante  
 18 hiérarchique ont opposé 2 classes de laits, selon leur  
 19 stabilité et les conditions de production associées (cf.  
 20 tableau 4) :

- 21 • « **Laits majoritairement instables** » regroupe 100  
 22 % des laits instables et 58 % de laits stables,  
 23 représentant 65 % des fermes instables,
- 24 • « **Laits stables** » ne comprend aucun lait instable et  
 25 58 % des laits stables, représentant 61 % des fermes  
 26 stables.

27 **Tableau 4** : Pratiques d'alimentation estivales associées  
 28 à l'instabilité des laits à l'éthanol (% de cas)  
 29

Classe « INSTABLES »	Classe « STABLES »
Absence de distribution d'ensilage d'herbe (75 %)	Distribution d'ensilage d'herbe (85 %)
Bonne qualité des fourrages déclarée par l'éleveur (66 %)	Qualité des fourrages moyenne, déclaration éleveur (71 %)
Pâturage vrai (66 %)	Parcours (82 %)
Absence de distribution de concentrés de production (70 %)	Distribution de concentrés de production (71 %)
Logement exclusif des vaches laitières en extérieur (100 %)	-
Survenue de stress alimentaires exceptionnels plus fréquente (92 %)	Pas ou peu de stress alimentaires exceptionnels (8 %)
Absence de distribution de bicarbonate (57 %)	Distribution de bicarbonate (88 %)
Distribution de gros sel (100 %) ou sel en poudre (81 %)	Distribution de sel en bloc + en poudre dans la ration (95 %)
-	CMV distribué sous forme de semoulette (61 %)

### 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55

## 3. DISCUSSION

### 3.1 INSTABILITE A L'ETHANOL ET MODIFICATION DES EQUILIBRES MINERAUX

L'une des principales hypothèses relatives à l'instabilité du lait était une modification des équilibres minéraux. La diminution du potassium ( $p < 0,05$ ) et du phosphore ( $p < 0,05$ ) observée dans cette étude est en accord avec les travaux de Pinheiro et al. (2022) au Brésil, qui observent une corrélation négative entre l'instabilité thermique du lait et les concentrations de ces deux éléments. En revanche, Chavez et al. (2004) ont observé des laits instables à l'alcool à 72°GL qui présentaient des concentrations accrues de potassium, contrairement à ce que nous avons trouvé.

L'absence de lien entre les teneurs en calcium total et la stabilité des laits dans cette étude exploratoire est en opposition avec les résultats de Pinheiro et al. (2022) et Tsioulpas et al. (2007b) qui avaient montré une corrélation positive entre l'instabilité thermique et la teneur en calcium des laits. Le calcium et le phosphore jouent un rôle complexe dans la stabilité thermique du lait (Tsioulpas et al., 2007a, Doran et al., 2021). Hernández et Ponce (2005) soulignent que si la disponibilité physiologique du phosphore est faible, elle le sera également dans la

56 glande mammaire, ce qui affecte la disponibilité du  
 57 calcium, et du phosphate de calcium micellaire. Par  
 58 ailleurs, les concentrations dans le lait de minéraux tels  
 59 que le calcium (Ca) et le phosphore (P) peuvent être liées  
 60 au stade de lactation (Doran et al., 2021 ; Williams, 2002).  
 61 Dans cette étude, les laits instables sont caractérisés par  
 62 des niveaux de phosphore plus faibles et des stades de  
 63 lactations plus avancés. Ces résultats iraient dans le  
 64 même sens que ceux de Doran et al., (2021), notamment,  
 65 dans les cas de vaches laitières aux génotypes laitiers  
 66 plus faibles à près de 7 mois de lactation, et nourries avec  
 67 de faibles niveaux de concentrés.

Selon Doran et al. (2021), un pH élevé du lait, une diminution du nombre de caséines et la réduction de la stabilité sont des caractéristiques du lait de fin de lactation. Néanmoins, la présente étude n'a pas mis en évidence ces éléments.

L'élévation de la teneur en chlorure ( $p < 0,05$ ) observée dans cette étude est conforme aux résultats de Pinheiro et al. (2022), qui observent une corrélation négative entre la teneur en chlorures et l'instabilité thermique à l'alcool à 72°GL. Par ailleurs, les teneurs plus élevées en sodium obtenues dans cette étude pour les laits instables confirment les résultats de Chavez et al. (2004), Tsioulpas et al. (2007b), Stumpf et al. (2013). Cette modification des équilibres salins et minéraux pourrait être liée à l'augmentation de la perméabilité des jonctions serrées, structures entourant les cellules endothéliales et épithéliales de la mamelle et jouant une fonction de barrière, et pouvant être altérées par des facteurs de stress (Stelwagen, 1998 ; Stelwagen et al., 2000). Tsioulpas et al. (2007b) démontrent que l'évolution de la stabilité thermique au cours de la lactation s'expliquerait par l'ouverture des jonctions serrées induisant une fuite de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  du sang vers le lait, ce qui déstabiliserait les micelles de caséine.

### 3.1 INSTABILITE A L'ETHANOL ET CONDITIONS D'ELEVAGE

Peu d'études ont porté sur les conditions de pâturage estival sous nos latitudes, en relation avec l'instabilité thermique. L'absence ou la rareté d'ombre au pâturage, combinée à l'accès au bâtiment la nuit uniquement associés aux laits instables à l'alcool à 76° GL est en accord avec Abreu et al. (2020) qui ont mis en évidence que pendant l'été, l'ombre naturelle des arbres contribue à améliorer les caractéristiques fonctionnelles du lait, telles que la stabilité et l'acidité.

Plusieurs études expérimentales mettent en évidence l'impact de l'alimentation et la complémentation des vaches laitières sur la stabilité des laits à l'éthanol. Doran et al. (2021) montrent que des vaches laitières, à 17 kg d'ingestion, au pâturage avec une complémentation de 2,7 kg présentent des laits plus stables au test à l'éthanol que des vaches laitières nourries au pâturage sans concentré, quel que soit le génotype laitier des vaches. Ces résultats corroborent les résultats de O'Brien et al. (1999), en ce qui concerne la stabilité à l'éthanol. Stumpf et al. (2013) ont montré qu'une restriction alimentaire sévère réduit la stabilité des laits à l'éthanol.

Dans cette étude, les laits instables sont caractérisés par des fourrages de bonne qualité (à dire d'éleveurs) par opposition aux laits stables. Ce résultat est opposé à ceux de Pinheiro et al., (2022) et Marques et al. (2007), indiquant que la détérioration de la qualité des fourrages semble augmenter l'incidence de l'instabilité thermique des laits de vache. Dans l'étude de Marques et al. (2007), au Brésil, l'augmentation de l'instabilité thermique à l'éthanol à 76 % des laits en automne et hiver pourrait être associée à la diminution de la croissance des prairies naturelles, tandis que la diminution de cette instabilité thermique au printemps et en début d'été serait probablement due au pâturage permis par l'augmentation

1 des températures et une plus grande disponibilité en  
2 fourrages conservés comme l'ensilage.  
3 Une des hypothèses les plus avancées du projet en lien  
4 avec l'instabilité thermique du lait était l'impact de la  
5 restriction alimentaire des vaches laitières. La survenue  
6 plus fréquente de stress alimentaire à dire d'éleveur  
7 significativement associée aux laits instables confirme  
8 cette hypothèse de départ. Ce stress alimentaire pourrait  
9 être lié à des quantités moyennes de concentrés et de  
10 fourrages plus faibles. Plusieurs auteurs ont également  
11 observé une diminution de la stabilité du lait en lien avec  
12 un stress alimentaire (Zanela et al., 2006 ; Barbosa et al.,  
13 2012 ; Schütz et al., 2013, Pinheiro et al., 2022). La  
14 restriction alimentaire déclenche une mobilisation rapide  
15 des tissus corporels pour l'entretien ainsi que pour les  
16 activités productives et reproductives de l'animal (Schütz  
17 et al., 2013), provoquant des changements métaboliques  
18 et adaptatifs du corps. Il est fréquemment observé une  
19 réduction de la production laitière après la restriction  
20 alimentaire. En revanche, nous n'avons pas pu quantifier  
21 précisément la variation de la production de lait, ni même  
22 identifier d'augmentation du C18:1, reflétant des  
23 mobilisations de réserves corporelles accrues. Ces  
24 informations à l'échelle individuelle seront obtenues lors  
25 de la phase expérimentale conduite par INRAE.

## 27 CONCLUSION

29 Cette étude exploratoire a montré qu'environ 15 % des  
30 laits sont instables à l'alcool à 76°GL toute l'année.  
31 Néanmoins, les laits instables ne proviennent pas des  
32 mêmes élevages en été et le reste de l'année. Aussi, cette  
33 dynamique annuelle questionne la survenue d'accidents  
34 en transformation laitière uniquement en période estivale :  
35 y a-t-il un effet dilution le reste de l'année, d'autres  
36 facteurs en jeu ?

37 Les principales hypothèses ont été confirmées : une  
38 instabilité à l'éthanol à 76°GL en lien avec la modification  
39 de la composition minérale des laits, suggérant une  
40 modification de la stabilité des micelles de caséines au  
41 travers des ponts phospho-calciques.

42 En élevage, les pratiques caractérisant les classes de laits  
43 majoritairement instables confirmeraient l'hypothèse du  
44 lien avec une restriction alimentaire et / ou un déficit  
45 énergétique. Si le dispositif exploratoire n'a pas permis  
46 d'établir de lien entre conditions de température et  
47 d'hygrométrie et instabilité des laits, cela reste  
48 probablement un facteur aggravant. L'étude  
49 expérimentale permettra de mieux comprendre les  
50 mécanismes en jeu, à l'échelle de l'animal.

51 En outre, cette étude, en élevages de terrain, pourrait être  
52 approfondie par des analyses de fourrages afin de mieux  
53 évaluer la qualité de l'ingéré. De plus, l'instabilité des laits  
54 pourrait être analysée à l'échelle de l'animal, afin  
55 d'identifier si l'instabilité du lait de tank est causée par

56 l'ensemble du troupeau ou quelques animaux. Enfin, cette  
57 phase exploratoire pourrait être élargie à d'autres  
58 secteurs géographiques en France, afin de couvrir la  
59 diversité des systèmes alimentaires, en vue d'identifier  
60 des leviers d'actions dans différentes zones.

61  
62 *Nous remercions le CNIEL, porteur et financeur de ce*  
63 *projet, les éleveurs et l'entreprise partenaire et Agrolab's.*

- 64  
65 **Abreu, A., Fischer, V., Stumpf, M.T., McManus, C.M.,**  
66 **Gonzalez, F.H.D., Da Silva, J.B.S., et Heisler, G., 2020.** J.  
67 *Dairy Res.*, 87, 444-447  
68 **Barbosa, R.S., Fischer, V., Ribeiro, M.E.R., Zanela, M.B.,**  
69 **Stumpf, M.T., Kolling, G.J., Schafhäuser Júnior, J., Barros,**  
70 **L.E., et Egito, A.S.D., 2012.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*,  
71 47, 4. 621-628  
72 **Chavez, M., Negri, L., Taverna, M., et CUATRIN, A., 2004.** J.  
73 *Dairy Res.*, 71, 2., 2001-2006  
74 **Doran, M.J., Mulligan, F.J., Lynch, M.B., O'Sullivan, M.,**  
75 **Fahey, A.G., McKay, Z.C., Brady, E.L., Grace, C., O'Rourke,**  
76 **M., et Pierce, K.M., 2021.** *Int. Dairy J.*, 114, 104942, 1-9  
77 **Gabbi, A.M., McManus, C.M., Zanela, M.B., Stumpf, M.T.,**  
78 **Barbosa, R.S., Fruscalso, V., Thaler Neto, A., Schmidt, F.A.,**  
79 **et Fischer, V., 2016.** *Tropical Anim. Health Prod.*, 48, 1., 37-43  
80 **Gaucher, I., Boubellouta, T., Beaucher, E., Piot, M.,**  
81 **Gaucheron, F., Dufour, E., 2008.** *Dairy Sci.Tech.*, 88, 291-312  
82 **Hanuš, O., Čítek, J., Říha, J., Samková, E., Kučera, J.,**  
83 **Chládek, G., Němečková, I., Hasoňová, L., Klimešová, M.,**  
84 **Roubal, P., et Jedelská, R., 2019.** *Acta Universitatis*  
85 *Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67, 2, 395-  
86 406  
87 **Hernández, R., Ponce P., 2005.** *Zootecnia Trop.* 23, 3, 295-310  
88 **Marques L., Zanela M., Ribeiro M., Stumpf Junior. W.,**  
89 **Fischer V., 2007.** *Revista Brasileira de Agrociencia*, 13, 91-97  
90 **O'Brien, B., Dillon, P., Murphy, J., Mehra, R., Guinee, T.P.,**  
91 **Connolly, J., Kelly, A., et Joyce, P., 1999.** *J. Dairy Res.*, 66,  
92 165-176  
93 **Pinheiro, J.S., Rocha, L.G., De Andrade, D.R., Rotta, P.P.,**  
94 **Rezende, J.P., Pires, A.C.S., et Marcondes, M.I., 2022.** J.  
95 *Dairy Sci.*, 105, 11, 9226-9239  
96 **Schütz, K.E., Cox, N.R., Macdonald, K.A., Roche, J.R.,**  
97 **Verkerk, G.A., Rogers, A.R., Tucker, C.B., Matthews, L.R.,**  
98 **Meier, S., et Webster, J.R., 2013.** *J. Dairy Sci.*, 96, 7, 4465-  
99 4476  
100 **Stelwagen, K., Hopster, H., Van Der Werf, J.T.N., et**  
101 **Blokhuis, H.J., 2000.** *J. Dairy Sci.*, 83, 1, 48-51  
102 **Stelwagen, K., Van Espen, D., Verkerk, G., McFadden, H., et**  
103 **Farr, V., 1998.** *J. Endocrinology*, 159, 1, 173-178  
104 **Stumpf MT, Fischer V, Mac Manus CM, Kolling GJ, Zanela**  
105 **MB, Santos CS, Abreu AS, Montagner P, 2013.** *Animal*. 7, 7,  
106 1137-1142  
107 **Tsioulpas, A., Grandison, A.S., et Lewis, M.J., 2007a.** J.  
108 *Dairy Sci.*, 90, 11, 5012-5017  
109 **Tsioulpas, A., Lewis, M.J., et Grandison, A.S., 2007b.** J.  
110 *Dairy Res.*, 74, 167-173  
111 **Williams, R. P.W., 2002.** *Austr. J. Dairy Tech.*, 57, 30-44.  
112 **Zanela, M.B., Fischer, V., Ribeiro, M.E.R., Barbosa, R.S.,**  
113 **Marques, L.T., Stumpf Junior, W., et Zanela, C., 2006.**  
114 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 5, 835-840