



HAL
open science

**Comment caractériser la couverture des besoins alimentaires au cours de la période de début lactation à partir de la composition du lait des brebis laitières ?
Valorisation des bases de données des projets SMARTER et IRMA**

Anthony Privat

► **To cite this version:**

Anthony Privat. Comment caractériser la couverture des besoins alimentaires au cours de la période de début lactation à partir de la composition du lait des brebis laitières ? Valorisation des bases de données des projets SMARTER et IRMA. Zootechnie. 2023. dumas-04577849

HAL Id: dumas-04577849

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04577849v1>

Submitted on 16 May 2024

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.

VetAgro Sup
Mémoire de fin d'études d'ingénieur

**Comment caractériser la couverture des besoins
alimentaires au cours de la période de début
lactation à partir de la composition du lait des
brebis laitières ?**

*Valorisation des bases de données des projets SMARTER et
IRMA*

PRIVAT Anthony

Option Adapter l'élevage aux nouveaux enjeux (A2E)

Année 2022-2023



Comment caractériser la couverture des besoins alimentaires au cours de la période de début lactation à partir de la composition du lait des brebis laitières ?

Valorisation des bases de données des projets SMARTER et IRMA



Tuteur entreprise

Laurent BATUT

Tuteurs stage



Fabien CORBIERE
Barbara FANCA
Gilles LAGRIFFOUL



Tuteur enseignant

Anaïs BEDUE

« L'alternant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup. »

Table des matières

Tables des figures.....	
Tables des tableaux	
Tables des abréviations	
Remerciements.....	
Résumé.....	
Abstract	
Introduction.....	1
1. Contexte de l'étude	2
1.1. La filière ovin lait en France	2
1.1.1. Une filière peu représentée, concentrée dans 3 bassins de production	2
1.1.2. Des conduites d'élevage différentes suivant le territoire	3
1.1.3. Le lait de brebis : de petites quantités mais de grandes qualités.....	4
1.2. De nombreux acteurs mobilisés pour répondre aux enjeux de la filière ovin lait.....	6
1.2.1. L'évolution des enjeux auxquels la filière est confrontée.....	6
1.2.2. Les différents acteurs en lien avec la filière.....	7
1.3. Des projets de recherche et de développement pour des systèmes ovin lait plus performants	8
1.4. Le projet F2E Carnot IRMA : « Etude des relations entre la composition du lait et la	
couverture des besoins alimentaires sur la période de début de lactation ».....	9
1.4.1. Le début de lactation : une période critique en ovin lait nécessitant un pilotage précis.	9
1.4.2. Le projet F2E Carnot IRMA	19
1.5. Les indicateurs d'un bilan énergétique négatif lors de la période de début de lactation.....	11
1.5.1. Les métabolites sanguins comme indicateurs d'un déficit énergétique.....	11
1.5.2. Les composants du lait comme indicateurs d'une balance énergétique négative.....	12
a. La quantité de lait.....	12
b. Le taux protéique (TP) et l'urée	13
c. Le taux butyreux (TB).....	13
1.6. Estimation des composants du lait par les technologies à spectres MIR	15
Problématique	17
2. Matériels et méthodes	18
2.1. Choix des élevages pour l'étude IRMA	18
2.2. Suivi et collecte des données dans les élevages	18
2.2.1. Premiers tests dans des exploitations à statut expérimental.....	18
2.2.2. L'évaluation des notes d'état corporel (NEC)	19
2.2.3. La collecte des performances laitières	20
2.2.4. La collecte des données alimentation.....	20

2.2.5.	La collecte des données de reproduction	21
2.3.	Création des bases de données pour les traitements statistiques.....	21
2.3.1.	Base de données NEC	21
2.3.2.	Base de données alimentation	22
2.3.3.	Base de données des performances techniques.....	22
2.4.	Présentation de la méthodologie de traitement de données pour les bases de données SMARTER et IRMA	23
2.4.1.	Analyse de la couverture des besoins alimentaires sur la période de lactation.....	23
2.4.2.	Création de profil de brebis suivant leur variation de NEC sur le début de lactation..	25
2.4.3.	Traitements statistique des performances laitières.....	26
3.	Résultats de l'étude	27
3.1.	Description de la couverture des besoins alimentaires sur les trois premiers contrôles.....	27
3.1.1.	Présentation générale des élevages échantillonnés	27
3.1.2.	Apports UFL et PDI sur les trois premiers contrôles.....	27
3.1.3.	Couverture des besoins alimentaires sur les trois premiers contrôles.....	28
3.2.	Lien entre la variation d'état corporel et la couverture des besoins alimentaires sur le début de lactation	28
3.3.	Relation entre la composition du lait en AG et le profil de variation de NEC sur le début de lactation.....	30
3.3.1.	La composition du lait en acides gras courts (AGC) en lien avec le déficit énergétique	30
3.3.2.	La composition du lait en acides gras moyens (AGM) en relation avec la mobilisation des réserves corporelles.	31
3.3.3.	La composition du lait en acides gras longs (AGL) liée à une utilisation des tissus adipeux	31
4.	Discussion des résultats	32
4.1.	Mise en évidence de la relation entre la composition des AG du lait et un déficit énergétique.....	32
4.1.1.	Présentation de la couverture des besoins alimentaires suivant le bassin de production	32
4.1.2.	Cinétique de l'évolution de la NEC en fonction de la couverture des besoins alimentaires	32
4.1.3.	Mise en évidence de la relation entre la composition en AG dans le lait et la mobilisation des réserves corporelles en début de lactation	33
a.	Relation entre les AGC du lait et un déficit énergétique	33
b.	Relation entre les AGM du lait et la mobilisation des réserves corporelles	34
c.	Relation entre les AGL du lait et l'utilisation des tissus adipeux	34
4.2.	Les limites et perspectives d'évolution de l'étude	36
4.2.1.	Prise de recul sur la méthodologie utilisée pour les données alimentation.....	36
a.	Le pâturage.....	36
b.	Les rations de fin gestation et allaitement.....	36

c.	Les UEM et CI	36
4.2.2.	Prise de recul sur la méthodologie utilisée pour les résultats de performances	37
a.	Les modes de reproduction	37
b.	Les contrôles laitiers	37
c.	Les profils de NEC.....	38
4.2.3.	Prise de recul sur la méthodologie globale	38
a.	La sélection de l'échantillon	38
b.	Les traitements statistiques	38
4.2.4.	Les autres indicateurs non invasifs pour déterminer un déficit énergétique sur la période de début lactation en brebis laitières	38
4.3.	Poursuites de l'étude... ..	39
Conclusion		40
Références bibliographiques		
Tables des annexes.....		

Tables des figures

Figure 1 : Effectifs de brebis et agnelles saillies par régions en France en 2021 (IDELE et CNE, 2022).	1
Figure 2 : Part du lait de brebis dans la production laitière nationale française en 2017 (BARON et MORIN, 2019).	1
Figure 3 : Evolutions comparées du nombre de livreurs de lait de vache, chèvre et brebis de 2000 à 2016 en France (BARON et MORIN, 2019).	1
Figure 4 : Les principaux producteurs européens de lait de brebis en 2019 (BOUYSSIÈRE et MORIN, 2021).	1
Figure 5 : Carte des massifs en lien avec la localisation des bassins de production ovin lait (BARON et MORIN, 2019).	3
Figure 6 : Répartition du nombre de brebis en œstrus en fonction de la durée du jour en heures (GAYRARD V., 2023).	3
Figure 7 : Exemple d'une conduite d'un troupeau ovin lait saisonné classique (BARON et MORIN, 2019).	3
Figure 8 : Répartition des différents composants dans le lait de brebis (LAGRIFFOUL, 2020).	4
Figure 9 : Evolution de la collecte française de lait de brebis de 2007 à 2018 (BARON ET MORIN, 2019).	6
Figure 10 : Evolution des volumes de lait commercialisés en AOP de 1991 à 2017 (BARON et MORIN, 2019).	6
Figure 11 : Evolution des performances laitières suivant la race ovine en France de 2000 et 2020 (BOUYSSIÈRE et MORIN, 2021).	6
Figure 12 : Cinétique des concentrations sanguines en BHB (A) et AGNE (B) sur la journée sur des brebis Lacaune (CORBIÈRE et al., 2022).	11
Figure 13 : Influence de l'état corporel à la mise bas sur l'évolution du BHB sanguin chez les brebis Barbarine (ATTI, 1995).	11
Figure 14 : Répartition des valeurs d'AGNE plasmatiques mesurées sur la période allaitement-traité (A et B) ou au 1 ^{er} contrôle laitier (C et D) des brebis Lacaune, en fonction de leur NEC (A et C) et de la variation de leur NEC (B et D) (CORBIÈRE et al.2022)	11
Figure 15 : Schéma métabolisme du taux butyreux dans le lait chez les ruminants (DESANLIS, 2023).	13
Figure 16 : Schéma métabolisme de l'urée chez les ruminants (BERTRAND, 2023).	13
Figure 17 : Schéma métabolisme azoté et protéique chez la vache laitière (AJIMOTO, 2019).	13
Figure 18 : Localisation des 15 élevages qui ont participé au projet IRMA (MACHEFERT C., 2021)	13
Figure 19 : Protocole de collecte des données alimentation et NEC au cours de la campagne laitière (MACHEFERT C., 2021).	18
Figure 20 : Unités d'encombrement totaux journaliers par brebis en fonction de l'élevage suivant les jours de lactation (source personnelle).	23
Figure 21 : Répartition des modes de reproduction pour le bassin de Roquefort (source personnelle).	24
Figure 22 : Répartition des mises bas pour le bassin de Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).	24
Figure 23 : Répartition des modes de reproduction sur le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).	24
Figure 24 : Répartition des modes de reproduction pour le nouvel échantillon du bassin de Roquefort (source personnelle).	24
Figure 25 : Répartition des modes de reproduction pour le nouvel échantillon du bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).	24
Figure 26 : Répartition des bilans nutritionnel sur l'ensemble des élevages (source personnelle). ..	25

Figure 27 : Répartition des profils en fonction de la variation de la NEC pendant le début de lactation sur le bassin de Roquefort (source personnelle).....	25
Figure 28 : Répartition des classes de NEC suivant la variation NEC1-NEC3 pour le bassin de Roquefort (source personnelle).....	26
Figure 29 : Répartition des bilans nutritionnels sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (source personnelle).....	27
Figure 30 : Répartition des bilans nutritionnels sur les trois premiers contrôles pour le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).....	27
Figure 31 : Différence entre les apports et les besoins en UFL sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (RQ) et des Pyrénées-Atlantiques (PA) (source personnelle).....	28
Figure 32 : Différence entre les apports et les besoins en PDI sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (RQ) et des Pyrénées-Atlantiques (PA) (source personnelle).....	28
Figure 33 : Bilan nutritionnel sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (RQ) et des Pyrénées-Atlantiques (PA) (source personnelle).....	28
Figure 34 : Evolution de la NEC sur la campagne laitière en fonction des élevages et du bilan nutritionnel sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (source personnelle).....	29
Figure 35 : Evolution de la NEC sur la campagne laitière en fonction des élevages et du bilan nutritionnel sur les trois premiers contrôles pour le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).....	29

Tables des tableaux

Tableau 1 : Evolution du cheptel ovin lait en France entre 1998 et 2021 (IDELE et CNE, 2022). ...	1
Tableau 2 : Production laitière et autonomie alimentaire en fonction du bassin de production en 2019 (BOUYSSIÈRE et MORIN, 2021).	4
Tableau 3 : Les différentes répartitions moyennes des composants entre le lait de brebis et de vaches (CNIEL, 2023).	5
Tableau 4 : Proportion moyennes de vitamines et de minéraux dans le lait cru de vaches (NATUROSAPIENS, 2023).	5
Tableau 5 : Concentrations des métabolites mesurés sur des brebis Ouled-Djellal en fonction de leur stade physiologique (DEGHNOUCHE et al. 2011).	12
Tableau 6 : Evaluation de la précision des équations de prédictions pour l'estimation des composants du lait de bovins, caprins, et ovins à partir du projet Phenofinlait (GELE et al., 2014).	16
Tableau 7 : Répartition des élevages qui ont participé à l'étude selon les organismes de suivi (source personnelle).	18
Tableau 8 : Estimation de la quantité totale d'herbe en kg de matière sèche ingérée en fonction du temps de pâturage suivant le bassin de production (CNBL, 2019).....	22
Tableau 9 : Estimation des poids vif en kg suivant la race et le rang de lactation (source personnelle).	24
Tableau 10 : Répartition des profils de brebis suivant la variation de la NEC sur le début de lactation en fonction des élevages pour le bassin de Roquefort (source personnelle).	26
Tableau 11 : Répartition des classes en fonction de la variation de NEC entre le point 1 et 3 sur les élevages du bassin de Roquefort (source personnelle).	26
Tableau 12 : Présentation de l'échantillon utilisé pour le traitement des données alimentation (source personnelle).	27
Tableau 13 : Proportion des AGC (<C11) dans le lait en fonction de la différence entre NEC1 et 3 (source personnelle).	30
Tableau 14 : Proportion des AGM (C11 à C16) dans le lait en fonction de la différence entre NEC1 et 3 (source personnelle).	31
Tableau 15 : Proportion des AGL (>C16) dans le lait en fonction de la différence entre NEC1 et 3 (source personnelle).	32
Tableau 16 : Effet du régime acidogène sur le pH ruminal, l'équilibre acido-basique et urinaire chez le mouton (BROSSARD et al., 2004).....	39

Tables des abréviations

AG : Acide gras
AGMI : Acide gras monoinsaturé
AGNE : Acide gras non estérifié
AGPI : Acide gras poly-insaturé
AGS : Acide gras saturé
AGT : Acide gras totaux
AGV : Acide gras volatil
ANOVA : Analyse de variance
AOP : Appellation d'origine protégée

BB : Basco-béarnaise
BHB : Béta-hydroxy-butyrate

CCS : Comptage de cellules somatiques
CDEO : Centre départementale de l'élevage ovin
CGR : Confédération générale de roquefort
CL : Contrôle laitier
CNBL : Comité national brebis laitières
CNE : Confédération nationale de l'élevage
CNIEL : Centre national interprofessionnel de l'économie laitière
CPG : Chromatographie en phase gazeuse

DAC : Distributeur automatique de concentré

FBL : France brebis laitières

H⁺ : Ion hydronium (hydrogène)
HPLC : Chromatographie en phase liquide à haute performance

IA : Insémination animale
IDELE : Institut de l'élevage
IGP : Indication géographique protégée
INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
IRSTEA : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
ITEB : Institut technique de l'élevage bovin
ITOVIC : Institut technique de l'élevage ovins et caprins

LAC : Lacaune
LPA : Lycée professionnel agricole

MB : Matière brute
MIR : Infrarouge moyen
MJ : Mégajoule
MN : Monte naturelle
MS : Matière sèche
MTN : Manech Tête noire
MTR : Manech tête rousse

NA : Not available (données manquantes)
NEC : Note d'état corporel

ODG : Organisme de défense et de gestion

PA : Pyrénées-Atlantiques (département 64)
PDI : Protéines digestibles dans l'intestin
PDIE : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie
PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote
PLS : Production laitière standardisée

Sg : Taux de Substitution Global
SIEOL : Système d'Information en Elevage Ovin Lait
SIQO : Signe officiel de qualité et d'origine.
SMARTER : Small ruminants breeding for efficiency and resilience
SYSTALI : Système d'alimentation (projet ayant abouti à INRA 2018)

TB : Taux butyreux
TP : Taux protéique

UFL : Unité fourragère Lait
UEM : Unité d'encombrement mouton
UNOTEC : Union ovine technique

VEc : Valeur d'encombrement du concentré
VEf : Valeur d'encombrement du fourrage

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier Fabien CORBIERE, Barbara FANCA, Gilles LAGRIFFOUL pour tout le temps qu'ils m'ont consacré. Ces personnes ont su m'accompagner tout au long de ce sujet, m'ont apporté les connaissances et compétences nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

J'adresse mes remerciements à Anaïs BEDUE, ma tutrice au sein de l'école VetAgro Sup, pour son soutien et son suivi qu'elle m'a accordé depuis le début de mon cursus.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à Laurent BATUT, mon maître d'apprentissage au sein d'UNOTEC, pour le temps qu'il m'a consacré et son suivi tout au long de ma formation.

J'adresse toute ma gratitude aux différents enseignants, personnes que j'ai pu croiser et suivi au sein de mon école, m'apportant leurs conseils et leurs points de vue, ce qui m'a permis de prendre du recul et d'évoluer.

Je réserve aussi mes remerciements aux différents techniciens et personnes travaillant au sein de la structure UNOTEC, qui m'ont aussi apporté leurs conseils, leurs connaissances, leurs expériences, et qui m'ont consacré du temps afin de me former.

Enfin, je termine par remercier ma famille ainsi que mes amis, qui m'ont soutenu, encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Dans le cadre du projet IRMA, 15 élevages commerciaux ont été mobilisés, dont 7 dans les Pyrénées-Atlantiques (races Basco-Béarnaise, Manech tête noire et rousse) et 8 dans le rayon de Roquefort (en race Lacaune), afin de collecter des données liées à l'alimentation, les notes d'état corporel et les performances laitières. L'objectif était de mettre à en avant le lien entre les composants du lait au premier contrôle laitier et un déficit énergétique sur la période critique de début de lactation en brebis laitières. De nombreux effets du bilan énergétique sur les composants du lait ont pu être mis en évidence dans la littérature, notamment en vaches laitières sur les acides gras du lait.

A partir des variations de l'état corporel entre la fin gestation et le premier contrôle laitier, des groupes de brebis ont été définis. Faute de temps le bassin des Pyrénées-Atlantiques ainsi que l'ensemble des composants du lait non pas pu être étudiés, néanmoins il est apparu des différences au niveau des acides gras : certains à chaînes courtes et moyennes (<C17) comme le C7 :0, C9 :0 et le C10 :0 sont présents en quantités plus importantes pour les brebis avec un bilan énergétique positif.

A contrario, la proportion de certains acides gras longs (>C16), et particulièrement le C18 :1cis (acide oléique), augmentent en cas de mobilisation des réserves corporelles car ils sont issus des tissus adipeux.

Mots clés :

Ovin lait – Début lactation – Déficit énergétique – Note d'Etat Corporel (NEC) – Technologies MIR – Acides gras du lait

Abstract

As part of the IRMA project, 15 commercial farms were mobilized, including 7 breeders in Pyrénées-Atlantiques (Basco-Béarnaise and Manech black and red head) and 8 herds in the Roquefort area (Lacaune breed), to collect data related feed, body condition scores and dairy performances. The objective was to highlight the link between the components of milk at first milk recording and a negative energy balance during the critical period of the beginning of the lactation in dairy ewes.

Numerous effects of the energy balance on the components of milk have been put forward in the literature, particularly in dairy cows on the milk fatty acids.

From the variations in body condition between the end of gestation and the first milk recording, groups of ewes were created. Due to lack of time, the breeders in Pyrénées-Atlantiques as well as the whole milk components could not be studied, nevertheless there are differences between the groups for fatty acids : some short and medium fatty acids (<C17) such as C7:0, C9:0 and C10:0 are present in bigger quantities for ewes with a positive energy balance.

On the other hand, the proportion of certain long fatty acids (>C16), and specially C18:1cis (oleic acid) increases in the case of body reserves mobilizations because it provides by fat tissue.

Key words:

Dairy ewes – beginning of lactation – negative energy balance – Body Condition Scoring (BCS) – Mid infra-red spectra technologies – Milk fatty acids

Introduction

Avec ces 8 000 éleveuses et éleveurs répartis dans un peu plus de 4 000 exploitations professionnelles en France, la filière ovin lait reste peu connue et répandue sur son territoire. Elle se concentre dans trois bassins de productions historiques : les Pyrénées-Atlantiques, la Corse, et le Nord de l'Occitanie qui comprend le rayon de l'AOP Roquefort (appellation d'origine protégée) (*Cf figure 2 et 7, p. 2 et 3*) (FBL, 2022).

Cette production minoritaire à l'échelle nationale, a la particularité de valoriser des espaces difficiles caractérisés par des handicaps naturels, comme l'altitude, le climat, ou encore des terrains péniblement mécanisables : 91% du cheptel était situé en zone de montagne ou de haute montagne (FBL, 2022).

En dépit de ces points faibles, elle a su défendre sa production en se protégeant avec des signes officiels de qualité (SIQO) comme les AOP/IGP (indication géographique protégée), ou bien via une commercialisation basée sur des circuits courts. Elle a su mettre en avant qu'elle était liée à des traditions et des savoir-faire, ancrés dans le patrimoine et la culture de ces régions.

Aujourd'hui, afin de maintenir cette dynamique, de nombreux instituts techniques sont accessibles tout au long du circuit de la filière apportant des conseils et des outils d'aide à la décision sur des points techniques et économiques.

Depuis longtemps, la recherche et le conseil se sont tournés vers l'amélioration de la production laitière par sa quantité et sa qualité, et donc sur la période de traite dite « commerciale ». En contrepartie la période de début lactation, qui correspond à une durée d'un mois d'allaitement avant le démarrage de la traite, reste peu étudiée. Cette période critique chez les ruminants laitier, nécessite une forte mobilisation des réserves corporelles pour combler le déficit énergétique auquel elles doivent faire face (COULON, 1985).

En effet, le début de lactation se caractérise par de forts besoins pour une production laitière accrue, mais la capacité d'ingestion limitée ne permet pas de couvrir l'ensemble des besoins d'entretien et de production (COULON, 1985). On peut alors observer des troubles de santé chez les adultes (métaboliques, mammites...), mais également chez les agneaux (diarrhées...). Cette période a donc toute son importance dans la gestion de la lactation, car elle influence toute la campagne laitière qui la suit, ainsi que le revenu de l'éleveur par la vente du lait et des agneaux.

En parallèle, c'est une période de travail intense pour les éleveurs qui doivent surveiller les agnelages, la croissance des agneaux, l'alimentation des adultes qui garantit un bon début de traite, en quantité comme en qualité.

C'est pourquoi, IDELE (institut de l'élevage) en lien avec INRAE (institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement), se sont unis autour d'un projet nommé IRMA, avec l'objectif de fournir aux éleveurs de brebis laitières un outil d'aide à la décision pour améliorer la gestion de leurs troupeaux lors de cette période critique. Ces outils seront basés sur des indicateurs non invasifs, afin qu'ils puissent être utilisés aussi bien par des techniciens que par des éleveurs, de manière facile, rapide et peu onéreuse.

Les indicateurs non invasifs disponibles pour cette étude sont les composants du lait estimés à partir des prédictions des spectres MIR (moyen infra-rouge) ou encore les notes d'état corporel. Le but est d'obtenir un diagnostic rapide sur la couverture des besoins par la ration à partir des composants du lait.

Dans un premier temps, ce mémoire débutera par le contexte de l'étude ainsi que l'état de l'art qui nous a permis d'aboutir à la problématique étudiée. Ensuite, nous poursuivrons par une partie méthodologique qui reprendra les procédés qui nous ont permis d'obtenir les résultats, et nous terminerons par une phase de discussion afin de prendre du recul sur le travail effectué.

Tableau 1 : Evolution du cheptel ovin lait en France entre 1998 et 2021 (IDELE et CNE, 2022).

LE CHEPTEL OVIN EN FRANCE

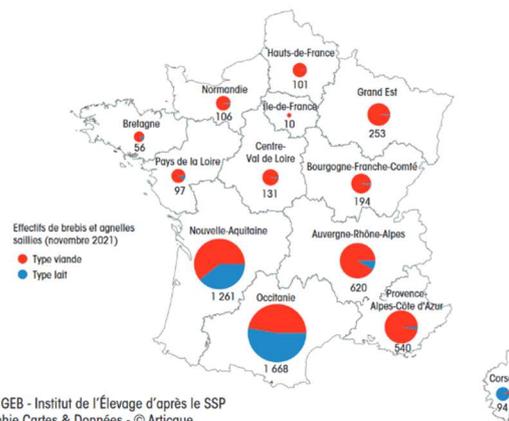
ÉVOLUTION DU CHEPTEL (1 000 TÊTES)

Source : SSP et Eurostat

Enquêtes cheptel de novembre	1998	2008	2019*	2020*	2021*
Total ovins	9 553	7 715	7 705	6 999	6 995
Brebis et agnelles saillies	7 502	5 888	5 329	5 516	5 564
• Brebis allaitantes	5 866	4 300	3 668	3 603	3 577
• Brebis laitières	1 636	1 588	1 661	1 522	1 560

* Suite à la modification de l'échantillon d'exploitations de l'enquête cheptel du SSP en 2020, les évolutions constatées entre les années 2020, 2021 et les précédentes sont à considérer avec précaution.

CHEPTELS RÉGIONAUX DE BREBIS ET AGNELLES SAILLIES EN 2021 (1 000 TÊTES)



Sources : GEB - Institut de l'Élevage d'après le SSP
Cartographie Cartes & Données - © Artique

Figure 1 : Effectifs de brebis et agnelles saillies par régions en France en 2021 (IDELE et CNE, 2022).

Source : GEB - Institut de l'Élevage d'après SSP

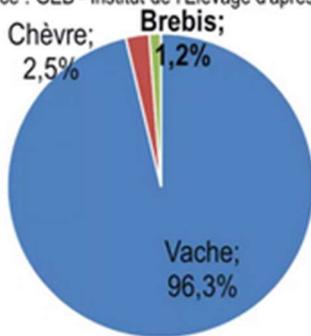


Figure 2 : Part du lait de brebis dans la production laitière nationale française en 2017 (BARON et MORIN, 2019).

Evolutions comparées du nombre de livreurs de lait de vache, chèvre et brebis

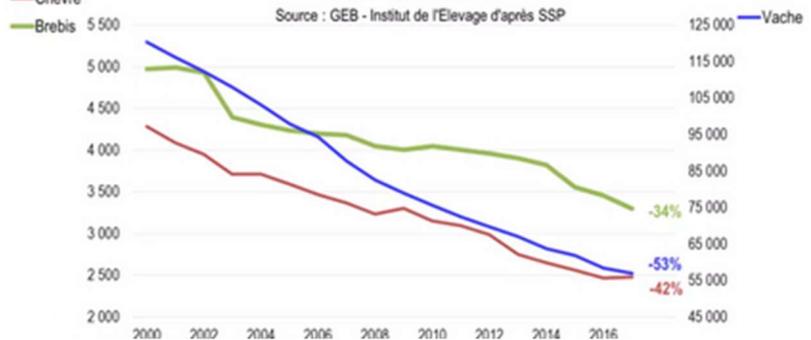


Figure 3 : Evolutions comparées du nombre de livreurs de lait de vache, chèvre et brebis de 2000 à 2016 en France (BARON et MORIN, 2019).

Les principaux producteurs européens de lait de brebis en 2019

Source: FBL d'après Eurostat

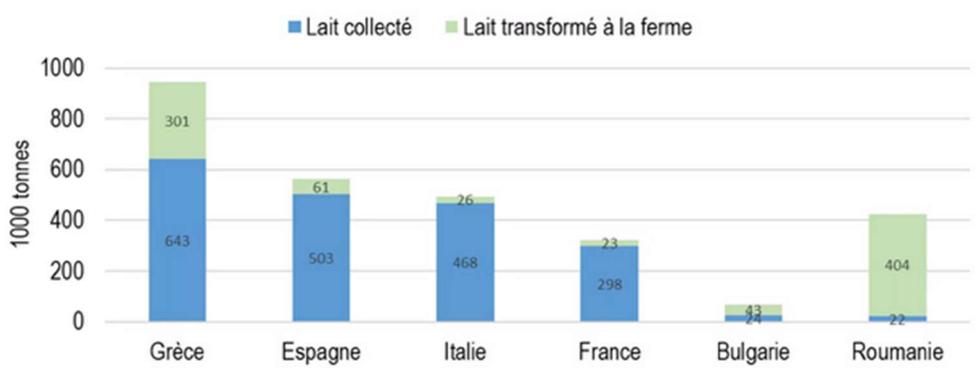


Figure 4 : Les principaux producteurs européens de lait de brebis en 2019 (BOUYSSIÈRE et MORIN, 2021).

1. Contexte de l'étude

1.1. La filière ovin lait en France

1.1.1. Une filière peu représentée, concentrée dans 3 bassins de production

La domestication de la brebis, remonte aux environ de -10 000 ans avant JC. D'abord élevée pour sa laine jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, la filière s'est ensuite restructurée vers une production spécialisée viande et lait de manière secondaire, pour compenser l'arrivée du textile synthétique (*Inn'Ovin, 2023*).

Malgré une prédominance de la production ovin viande en France (*Cf. tableau 1 et figure 1*), on compte une filière ovin lait qui a su, et qui continue à se développer au cours du temps.

La filière brebis laitière est peu connue et représentée à l'échelle nationale par rapport aux bovins ou caprins lait. En effet elle ne constitue que 1,2 % du lait produit et collecté en France (*Cf. figure 2*). Cependant, après les nombreuses crises que traversent les filières laitières (fin des quotas laitier, crises énergétiques, changement climatique, flambées des matières premières, manque d'attractivité...), elle reste celle qui a perdu le moins d'exploitants entre 2000 et 2016 (*Cf. figure 3*).

Aujourd'hui, après de nombreuses années de sélection et de structuration de cette production, la France a pu atteindre un niveau de production de 316 millions de litres de lait/an (chiffres 2020), qui lui permet d'être compétitive autant sur le plan national qu'international.

En 2019, la France est le 5^{ème} producteur et le 4^{ème} collecteur de lait de brebis, à l'échelle européenne. Les pays leaders hiérarchiquement sont : Grèce, Espagne, Italie, et Roumanie (4^{ème} producteur, mais 6^{ème} collecteur) (*Cf. figure 4*) (*BOUYSSIERE et MORIN, 2021*).

Au niveau mondial, elle se place 12^{ème} producteur, derrière la Chine, la Turquie et la Grèce qui viennent en tête (*COOPER, 2023 ; et FBL, 2022*).

Pour atteindre des telles performances, l'hexagone compte en 2022 plus de 8 000 éleveurs en ovin lait, répartis sur environ 4 080 élevages professionnels (comptant plus de 25 brebis), représentant un peu plus de 1 500 000 brebis de 5 races principales : Lacaune, Manech tête rousse, Basco-béarnaise, Manech tête noire, et Corse (*FRANCE BREBIS LAITIÈRE, 2022*).

Le cheptel ovin lait est concentré sur trois zones :

- L'Occitanie : constituée d'une seule race majoritaire, la Lacaune (LAC), représentant 44 % des élevages français, 56 % des brebis laitières, avec comme débouché principal l'AOP Roquefort et prochainement l'IGP Pérail.
- Les Pyrénées-Atlantiques : composées de Manech tête rousse (MTR), Manech tête noire (MTN), et de Basco Béarnaise (BB), accumule 39 % des élevages, 34 % du cheptel, et transforme leur production notamment par l'AOP Ossau-Iraty.
- La Corse : avec son emblématique race Corse elle comprend 7 % des exploitations, 4 % du cheptel national, et produit du fromage sous l'AOP Brocciu.

Enfin, les exploitations qui se situent à l'extérieur de ces trois régions principales sont vulgairement désignées comme le 4^{ème} bassin. Elles représentent jusqu'à présent une part marginale de la production, bien qu'elles détiennent actuellement 10 % des exploitations et 5 % des brebis laitières, de race Lacaune principalement. Le lait de ce bassin est soit collecté et valorisé par des laiteries, soit transformé à la ferme et vendu en circuit court.

Comme le montrent les chiffres ci-dessus, l'Occitanie est la région qui concentre une grande partie des brebis laitières (*Cf. figures 1*).

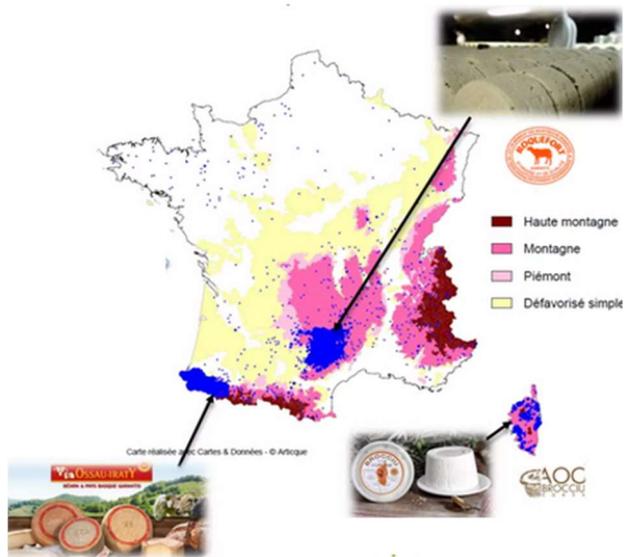


Figure 5 : Carte des massifs en lien avec la localisation des bassins de production ovin lait (BARON et MORIN, 2019).

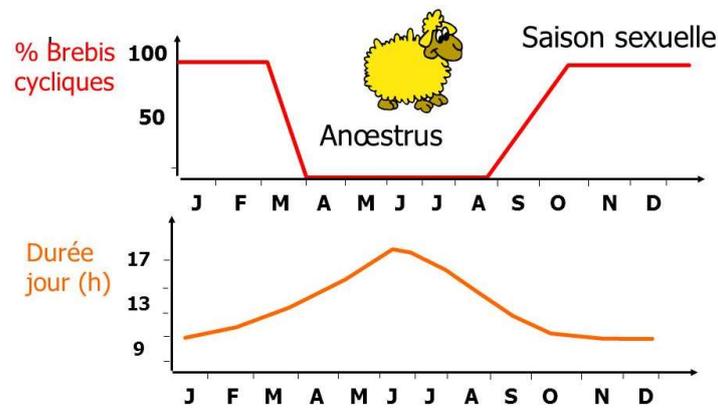


Figure 6 : Répartition du nombre de brebis en œstrus en fonction de la durée du jour en heures (GAYRARD V., 2023).

Une conduite du troupeau saisonnée

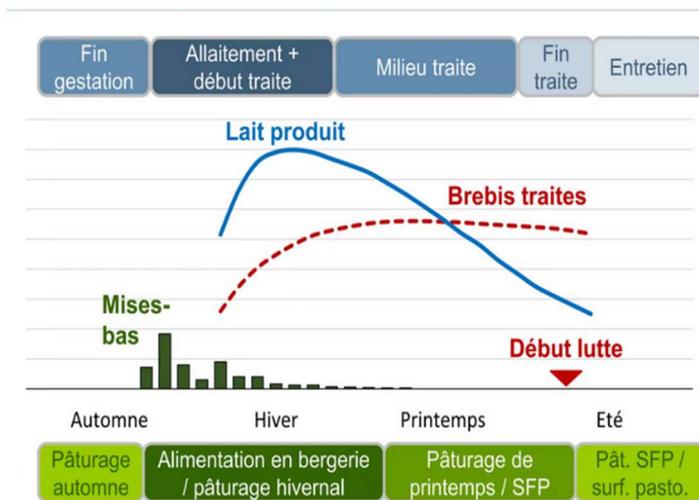


Figure 7 : Exemple d'une conduite d'un troupeau ovin lait saisonnée classique (BARON et MORIN, 2019).

D'un point de vue production, 80 % des produits laitiers issus des ovins sont valorisés sous SIQO (Signe Officiel de Qualité et d'Origine) et on compte 20 % de la production qui est transformée à la ferme. On ressent bien la volonté de cette filière de se démarquer et de faire valoir ses pratiques de qualité et traditionnelles. En effet, les trois bassins principaux sont situés dans des zones difficiles, avec des handicaps naturels : en 2020, 91 % du cheptel ovin lait était en zone de montagne et haute montagne (Cf. figure 5) (FRANCE BREBIS LAITIÈRE, 2022).

En plus de son intérêt au maintien pour les races laitières de petits ruminants, cette filière joue un rôle important dans le domaine de la durabilité socio-économique de ces zones difficiles, et rend des services écosystémiques prépondérants : maintien de milieu ouvert, amélioration de la biodiversité... (RYSCHAWY *et al.*, 2020).

Elle permet donc de dynamiser et entretenir des territoires, qui ne sont pas propices à d'autres productions, et répond à plusieurs enjeux, en prenant en compte la valorisation de zones difficiles (montagnes, zones arides...) (FRANCE BREBIS LAITIÈRE, 2022).

1.1.2. Des conduites d'élevage différentes suivant le territoire

Malgré leur éloignement géographique, les conduites d'élevages en brebis laitières possèdent des points communs, comme sur leur cycle de production dit saisonné. Le cycle de reproduction des brebis est régulé par la photopériode, c'est-à-dire la durée de lumière journalière perçue par les animaux. L'activité sexuelle naturelle des ovins est induite lorsque les jours diminuent, ce qui correspond à la période automnale. Sur le restant de l'année, la brebis est dite en anœstrus saisonnier, ce qui historiquement causait un pic de production à la belle saison, et un arrêt de la production sur l'hiver (GAYRARD, 2023) (Cf. figure 6).

Pour que la filière se développe et qu'elle puisse répondre aux besoins des consommateurs toute l'année, certains troupeaux ont commencé à mettre en place de la lutte en contre saison, via l'induction et la synchronisation des chaleurs. Par la suite, les élevages utilisent l'insémination animale ou bien la monte naturelle. En cas de non-fécondité, le retour en chaleur est de 17 jours, ce qui va permettre d'avoir une majorité du cheptel en début de traite, avec ensuite des entrées régulières de brebis dites « tardives » au fur et à mesure qu'elles mettent bas. La date de début traite dite « commerciale » est décalée d'un mois par rapport à la date de mise bas, car les agneaux sont allaités sous leur mère sur cette durée avant d'être sevrés. Durant la période d'allaitement les éleveurs ne livrent pas leur lait.

Ce système de dessaisonnement et de synchronisation des chaleurs a permis d'étaler la collecte sur l'année. Grâce à ce système, le marché est approvisionné toute l'année, permettant aussi d'obtenir des prix plus stables autant pour le producteur que pour le consommateur.

En plus de son atout commercial, la synchronisation est avantageuse sur les points techniques et praticité : elle permet d'avoir des lots au même stade physiologique, et donc avec globalement les mêmes besoins. Il est donc plus facile de les conduire autant au niveau organisation du travail, mais aussi pour l'alimentation. Les éleveurs peuvent prévoir en amont leur période de fin gestation (3 semaines avant mise bas), allaitement, lactation, mise à la lutte et tarissement (DUBOIS-FRAPSAUCE, 2014) (Cf. figure 7).

Bien que les conduites de production soient proches, la filière ovine laitière française se caractérise par une occupation de territoire différente du fait de leurs conditions pédoclimatiques, mais également ethnologiques. En effet, une exploitation située en Corse n'aura pas la même conduite qu'une structure localisée dans la vallée d'Ossau.

Tableau 2 : Production laitière et autonomie alimentaire en fonction du bassin de production en 2019 (BOUYSSIERE et MORIN, 2021).

Moyenne des élevages suivis en appui technique	Nord-Occitanie	Pyrénées-Atlantiques	Corse
Brebis présentes	435	340	268
Lait / brebis présentes [litres]	283	194	125
Fourrages distribués / bb [kg MS]	591	281	133
dont fourrages achetés [%]	8%	41%	35%
Concentrés adultes / bb [kg]	192	151	105
dont concentrés achetés [%]	45%	86%	96%
Autonomie massique [%]	85%	69%	80%

Source : SIEOL - données d'Appui Technique, campagnes 2017 - 2018 - 2019

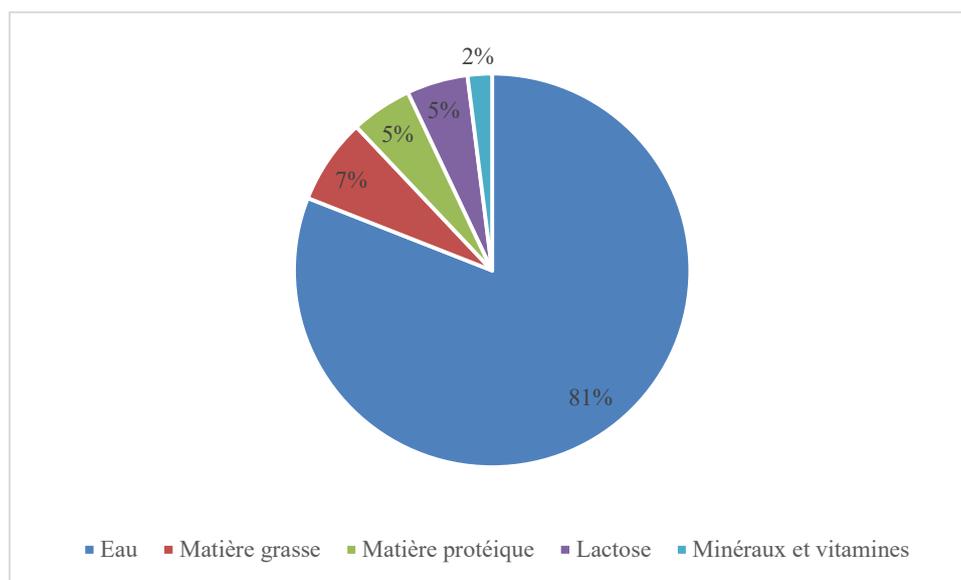


Figure 8 : Répartition des différents composants dans le lait de brebis (LAGRIFFOUL, 2020).

La région nord Occitanie se distingue par des élevages Lacaune qui achètent peu de fourrages (ils produisent 92 % de leurs fourrages), avec une importance des cultures par rapport aux autres conduites d'élevage présentes en France (55 % des concentrés sont produits sur l'exploitation). Les éleveurs doivent produire suffisamment de stock sur la belle saison, pour couvrir les besoins des brebis lors de la période hivernale. En effet l'alimentation hivernale repose uniquement sur les fourrages conservés.

De plus, au fur et à mesure que les années passent, les saisons estivales sont plus ou moins difficiles liées au changement climatique, avec des aléas plus fréquents et plus puissants. Ces zones d'élevages déjà vulnérables sont plus sujettes aux événements extrêmes et à leurs répercussions, avec en particulier l'alimentation estivale qui utilise de plus en plus les stocks. Au niveau de la reproduction, les antenaises mettent bas pour la première fois à 1 an, un mois après les adultes.

Dans les Pyrénées-Atlantiques, les conditions climatiques sont plus favorables et permettent aux troupeaux de pâturer presque toute l'année (*DE BOISSIEU et al., 2021*). Les surfaces sont donc composées majoritairement de parcours et de prairies. Etant donnée la difficulté de mécaniser les terrains, il y a peu de cultures. Les fourrages conservés sont principalement enrubannés ou séchés traditionnellement. Leur autonomie alimentaire est de 59 % pour les fourrages et de 14 % pour les concentrés. Au niveau de la reproduction, la tendance suit celle des Lacaune, sauf pour les antenaises qui sont décalées de 1 à 3 mois. Seules les MTN font leur première mise bas à deux ans.

Enfin, la Corse est soumise à des aléas climatiques avec des étés secs et des terrains difficiles à exploiter. Les cultures sont donc très peu présentes, par conséquent les élevages sont autonomes à 65 % en fourrages et 4 % en concentrés. Comme pour les élevages des Pyrénées, les fourrages sont conservés par enrubannage ou séchés traditionnellement (*DE BOISSIEU et al., 2021*) (*Cf. tableau 2*).

1.1.3. Le lait de brebis : de petites quantités mais de grandes qualités

La collecte de lait mondiale (toutes espèces confondues) représente 818 milliards de litres (chiffres 2015), dont 3 milliards (chiffres 2021) en France, permettant à la filière laitière de se placer à la seconde position du secteur agroalimentaire français juste après la filière carnée, avec un chiffre d'affaires dégagé de 29,8 milliards d'euros (*CNIEL, 2023*).

Comme nous avons pu voir précédemment, la production nationale de lait de brebis reste faible en quantité : 296 millions de litres sont collectés pour environ 1,54 millions de têtes en 2022, ce qui équivaut à une production de 280 l/brebis/an (*DUFLOT et al., 2023*).

Néanmoins, malgré ces quantités qui restent anecdotiques par rapport aux autres ruminants d'élevage, la brebis a su se démarquer par la composition de son lait du point de vue nutritionnel mais aussi pour la santé. En effet, les attentes des consommateurs occidentaux évoluent : en plus d'une qualité irréprochable, les aliments doivent présenter des qualités nutritionnelles reconnues. Contrairement au lait de vache, dont seulement 36 % est transformé en fromage, (*CNIEL, 2023*), 90 % du lait de brebis est destiné chaque année à la production fromagère (*FRANCE BREBIS LAITIERE, 2022*).

Cette caractéristique implique que la maîtrise de sa composition est très importante, car elle conditionne la fromageabilité du lait, c'est-à-dire la capacité d'un lait à être transformé en fromage. On l'exprime aussi en rendement fromager, qui consiste à calculer la quantité de produits fabriqués (en fromage) par rapport à la matière première en lait utilisée (*CTFC et ENILBIO, 2014*). Le lait est composé majoritairement d'eau (81 %) et de matière sèche utile (19 % en moyenne). Le lait de brebis se différencie de ses homologues par la composition de cette dernière (*Cf. figure 8*).

Tableau 3: Les différentes répartitions moyennes des composants entre le lait de brebis et de vaches (CNIEL, 2023).

Composant	Lait de brebis	Lait de vache
Matière sèche	200 g/l	130 g/l
Matière grasse	75 g/l	40 g/l
Matières azotées	60 g/l	35 g/l
Lactose	50 g/l	47 g/l

Tableau 4 : Proportion moyennes de vitamines et de minéraux dans le lait cru de vaches (NATUROSAPIENS, 2023).

Teneur en vitamines :

Vitamines	Teneur (par litre)
A	375 µg
C	19mg
D	38 UI
E	940 µg
K	47 µg
B1	425 µg
B2	1650 µg
Niacine	850 µg
B6	470 µg
Acide pantothénique	3300 µg
Biotine	33 µg
Acide folique	52 µg
B12	4.25 µg

Teneur en minéraux :

Minéraux	Teneur (par litre)
Sodium	330-850mg
Potassium	1040-1600mg
Chlorure	850-1040mg
Calcium	1040-1225mg
Magnésium	85-130mg
Phosphore	85-130mg
Zinc	180-570mg
Cuivre	95-570µg
Manganèse	19-47µg
Iode	~ 245µg
Fluoride	28-207µg
Sélénium	4.7- 63µg
Cobalt	0,47-1,23µg
Chrome	7,5-12,3µg
Molybdène	17-113µg
Nickel	0-47µg
Silicium	700-6600µg
vanadium	290 µg
Étain	38-470 µg
Arsenic	19-57 µg

Tout d'abord, il est très concentré en matières grasses, autrement appelées lipides : 73,4 g/l pour le rayon de Roquefort et 71,8 g/l dans les Pyrénées-Atlantiques, contre 36,7 g/l pour les vaches en moyenne.

Elle se compose principalement de triglycérides (trois acides gras estérifiés avec un glycérol), d'acides gras qui se différencient par la longueur de leur chaîne carbonée (4 à 24 atomes de carbone), leurs degrés d'insaturation (saturé, monoinsaturés, poly-insaturés), ce qui correspond au nombre de doubles liaisons, et enfin si elles sont présentes, le positionnement sur la chaîne et leur configuration spatiale « cis » ou « trans ».

On dénombre aujourd'hui plus de 400 acides gras dans le lait de brebis, et l'on sait que les acides gras dits à longue chaîne carbonée (supérieur à 16 atomes de carbone) représentent environ 60 % des acides gras totaux. Ces derniers se différencient des autres acides gras par leur origine : ils sont issus principalement de l'alimentation ou de la mobilisation des réserves corporelles. Contrairement aux autres acides gras courts et moyens (16 atomes de carbones ou moins) qui sont synthétisés dans la glande mammaire par élongation des acides gras volatils (acétate C2, propionate C3, butyrate C4) issus des fermentations ruminales. La matière grasse du lait est mesurée par le taux butyreux (TB) (GELE *et al.*, 2014).

Ensuite, comme pour le critère précédent, le lait de brebis est celui qui contient le plus de matières azotées, mesurées par le taux protéique (TP) : 55,7 g/l pour le rayon de Roquefort et 53,8 g/l pour les Pyrénées-Atlantiques, contre 32,4 g/l pour les chèvres et les vaches en moyenne.

Cette catégorie prend en compte les protéines qui sont des macromolécules composées d'une à plusieurs chaînes d'acides aminés. Le lait comprend des centaines de protéines différentes dont six lactoprotéines majeures : quatre caséines (alpha s1, s2, beta, et kappa) et deux protéines solubles (l'alpha-lactalbumine et la beta-lactoglobuline) qui sont synthétisées dans la glande mammaire.

Les micelles de caséines représentent à elles seules 80 à 85 % de la matière protéique du lait. Ce composant a beaucoup d'importance dans l'industrie laitière, car il est responsable de la couleur blanche de ce produit, ainsi que de la coagulation lors de la fabrication fromagère (GELE *et al.*, 2014).

Le seul et unique glucide du lait, le lactose, est un élément majeur du lait et varie peu suivant les espèces avec une proportion d'environ 50 g/l. Ce composant est aujourd'hui moins étudié que les deux précédents, car contrairement à eux, il varie moins et n'entre pas en compte dans le paiement du lait (Cf. *tableau 3*).

Pour ce qui concerne les minéraux, le plus présent reste le calcium comme tous les produits laitiers, compris entre 570 et 764 mg pour 100 g de lait, contre 110 mg en moyenne en vaches laitières.

Ensuite le deuxième élément majeur est le phosphore avec environ 130 mg pour 100 g de lait, contre 92 mg en moyenne pour les bovins lait.

Le potassium est présent dans des quantités inférieures aux bovins, avec environ 45 à 104 mg pour 100 g de lait, contre 130 mg en moyenne pour les vaches laitières.

Enfin, le dernier minéral assez étudié est le magnésium avec environ 30 à 35 mg pour 100 g de lait contre 110 mg en moyenne pour les gros ruminants laitiers.

Au niveau des vitamines, les plus présentes sont celles du groupe B avec 0,06 mg/litre de lait pour la B1 contre 0,043 mg en moyenne en vaches laitières (IDELE *et* CNBL, 2009) (Cf. *tableau 4*).

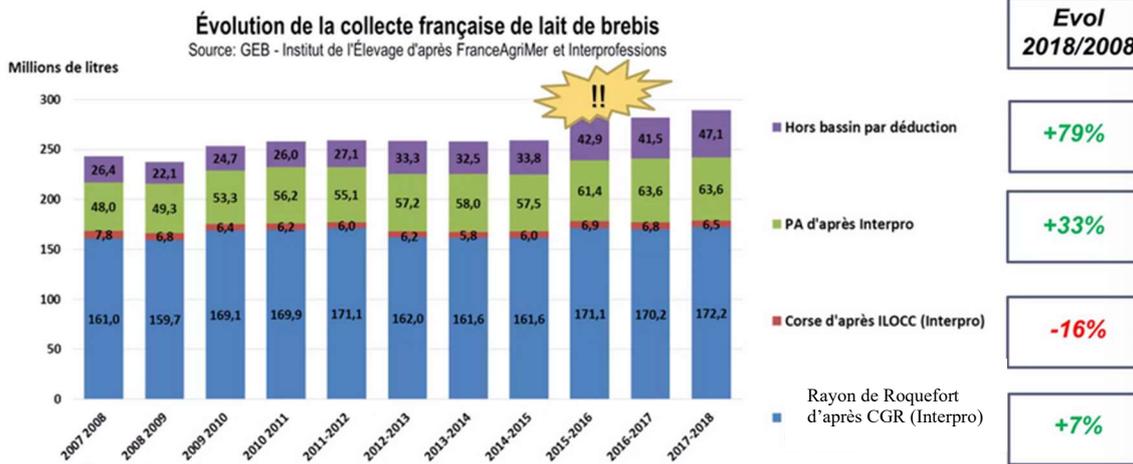


Figure 9 : Evolution de la collecte française de lait de brebis de 2007 à 2018 (BARON ET MORIN, 2019).

Volumes commercialisés en AOP



Source : IDELE d'après INAO/CNAOL, Chiffres clés 2017

Figure 10 : Evolution des volumes de lait commercialisés en AOP de 1991 à 2017 (BARON et MORIN, 2019).

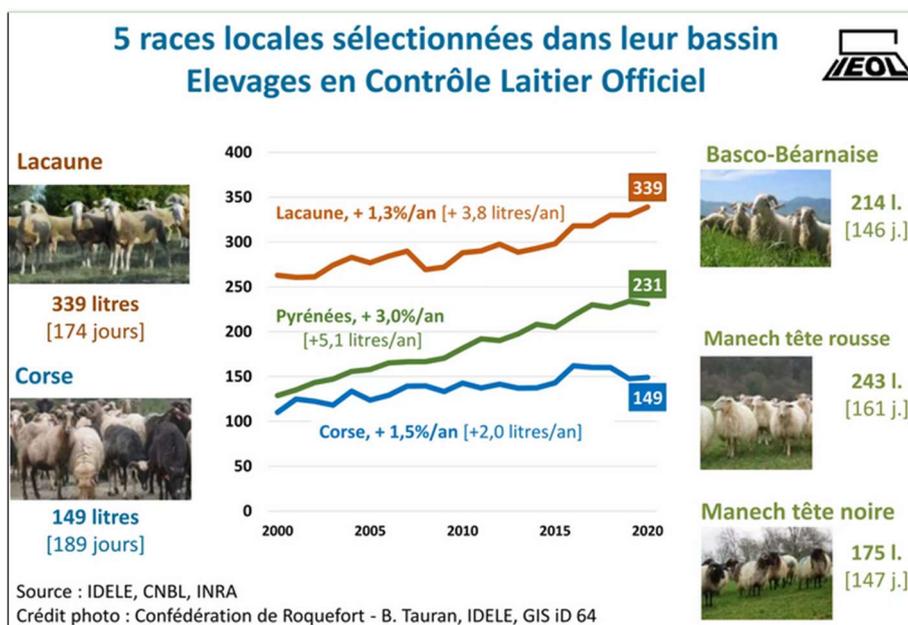


Figure 11 : Evolution des performances lactières suivant la race ovine en France de 2000 et 2020 (BOUYSSIERE et MORIN, 2021).

1.2. De nombreux acteurs mobilisés pour répondre aux enjeux de la filière ovin lait

1.2.1. L'évolution des enjeux auxquels la filière est confrontée

Le travail physique, les contraintes pédoclimatiques, ou encore l'isolement géographique et social, causent des conditions de travail qui peuvent parfois être difficiles. Pour autant, cela n'a pas empêché une augmentation des volumes de lait produits. Ce progrès, permis par la recherche et la sélection, a permis de multiplier la production laitière nationale par 5 (57 à 275 millions de litres) entre 1970 et 2014 (*LAGRIFFOUL et al., 2016*) (*Cf. figure 9*). Aujourd'hui malgré une baisse des ventes en AOP (sauf Ossau-Iraty), les volumes continuent d'augmenter car ils sont redirigés vers de la diversification (*Cf. figure 10*).

Mais comme nous avons pu le voir précédemment, le lait de brebis est principalement valorisé par des produits transformés, et majoritairement via des fromages. Les industries agro-alimentaires étaient certes intéressées par une augmentation des volumes, mais elles souhaitaient également que la composition du lait soit prise en compte dans la sélection. En effet, cet objectif de sélection a été établi afin de ne pas perdre la fromageabilité du lait, et de ne pas détériorer la qualité du lait autant d'un point de vue nutritionnel que bactériologique.

La recherche s'est donc intéressée à des indicateurs qui semblaient primordiaux pour la fabrication des fromages : le taux butyreux (TB) et le taux protéique (TP) (*LAGRIFFOUL et al., 2016*). La prise en compte de la composition du lait dans les schémas de sélection fut très importante, car les taux de matière grasse et protéique sont corrélés négativement avec la quantité de lait (*RICORDEAU, 1978*). Ce qui a provoqué dans les années 1990, une détérioration de la qualité du lait chez les éleveurs sélectionneurs. Depuis ce manque a été comblé, et l'ensemble de ces critères est amélioré simultanément (*LAGRIFFOUL et al., 2016*).

Il existe différents types de suivis : les éleveurs en sélection ou en officiel, les éleveurs en suivi simplifié, et les éleveurs qui n'ont pas recours à l'appui technique. Suivant leur statut, l'appui est plus ou moins poussé et les résultats sont attendus à s'améliorer plus rapidement pour un sélectionneur qu'un éleveur en simplifié. De plus, toutes les races ont leur propre schéma de sélection et évoluent à leur rythme suivant les besoins de leur secteur, de leur race (*Cf. figure 11*).

Cependant, malgré cette croissance de la production, on assiste à une diminution du nombre d'élevages annuellement (-34 % entre 2000 et 2016) (*Cf. figure 3, p.2*). De plus, on remarque un vieillissement de la population active : en 2020, plus de la moitié des exploitants ovins avaient 50 ans ou plus. On ressent globalement une diminution de l'attractivité de ce métier, ce qui met les éleveurs en difficultés pour trouver de la main d'œuvre et trouver des repreneurs (*IDELE et CNE, 2022*).

Ce constat est jumelé avec l'évolution la société engendrée par la modification des habitudes alimentaires, des goûts, la baisse du pouvoir d'achat... Ces ensembles de changements entraîne une baisse de la consommation sur certains produits agricoles (lait, viande...) (*LAROCLETTE et SANCHEZ-GONZALEZ, 2015*).

Pour compenser cette diminution du nombre d'exploitations, la filière a cherché à optimiser ses moyens de production. La production ainsi que la charge de travail rapportée à l'UTH ont augmenté, notamment grâce à la modernisation et à la mécanisation des outils et des méthodes de travail. Dans cette optique, les animaux ont aussi été améliorés par la sélection génétique, afin d'obtenir des brebis plus productives, possédant de meilleures performances.

Dans ce contexte, l'un des enjeux forts est d'élever des brebis laitières capables d'utiliser efficacement la ration, de mobiliser leurs réserves corporelles si nécessaire (notamment sur la période de fin gestation et début lactation), de se maintenir en bonne santé, et être capable de produire du lait en quantité et en qualité (*Commission européenne SMARTER, 2017*).

1.2.2. Les différents acteurs en lien avec la filière

- **L'Institut de l'élevage (IDELE)**

Créé en 1991, à la suite de la fusion entre l'institut technique de l'élevage bovin (ITEB) et celui de l'élevage ovin et caprin (ITOVIC), cet organisme de recherche appliqué et de développement travaille pour les trois espèces citées ci-dessus, avec en plus les équins. Sa vocation est d'améliorer la compétitivité des acteurs de la filière herbivores afin de mieux répondre aux attentes de la société. Ses études sont donc menées pour apporter de l'expertise et du conseil aux acteurs économiques de la filière et aux consommateurs.

- **L'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE)**

Cet institut résulte de la fusion entre l'INRA (Institut national de recherche Agronomique) et l'IRSTEA (Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture) en 2020. Cet organisme a pour vocation de produire et diffuser des connaissances scientifiques à l'ensemble de la filière. Il comprend des études afin d'atténuer et s'adapter au changement climatique, améliorer la compétitivité des entreprises, et fournir une alimentation saine.

- **Le comité nationale brebis laitières (CNBL)**

Cette association créée en 1991, rassemble 37 organismes techniques, génétiques, techniques et interprofessionnels au niveau national. Elle a pour but d'organiser les concertations entre les différents groupes et associations afin d'améliorer les systèmes d'élevage ovin lait. Elle joue aussi un rôle de communication et de représentation de la filière lors d'évènement nationaux ou internationaux.

Afin d'améliorer la recherche et le développement, elle collecte des données techniques dans 60 % des élevages avec un outil informatique nommé SIEOL (Système d'Information en Elevage Ovin Lait). C'est une base de données permettant de centraliser les performances des trois bassins de production ovin lait, elle est complétée lors des contrôles laitiers et des services techniques par les techniciens.

Ce comité réunit également depuis 2009, l'ensemble des données laitières prédites par des spectres MIR.

Enfin, le CNBL participe à la diffusion du nouveau système d'alimentation INRA 2018 (projet SYSTALI), sa nouvelle interface nommée *RUMIN'AL*®, est développée afin d'être adaptée aux systèmes ovins lait (*IDELE, 2021*).

- **Les organismes de conseils aux éleveurs**

Ces différents organismes collaborent régulièrement avec IDELE ou INRAE afin de collecter des données dans les élevages, mener des études scientifiques et améliorer la filière.

- La région Nord Occitanie :
 - UNOTEC (12) : c'est une association, qui réalise un service technique auprès des éleveurs ovin lait (contrôles laitiers, conseils technico-économiques, alimentation, agronomiques, organisation du travail, pointage mamelle, ...) et pour la coopérative OVITEST, qui a pour rôle de suivre les élevages sur la reproduction (synchronisation des chaleurs, IA, ...).
 - CGR (12) : la confédération générale de Roquefort regroupe l'interprofession de la filière Roquefort et l'organisme de défense et de gestion (ODG) de l'AOP. Elle défend et fait la promotion de l'AOP, effectue des recherches sur la filière, contrôle la qualité et la composition du lait collecté, et enfin apporte un service technique (contrôles laitiers, IA...) via son service élevage.
 - Maison de l'Élevage du Tarn (81), la Chambre d'agriculture de Lozère (48) et Tarn-et-Garonne (82) : Ils ont les mêmes fonctions que les deux organismes cités ci-dessus mais ne sont pas spécialisés uniquement sur la brebis laitière.

- Les Pyrénées-Atlantiques :
 - CDEO (64) : Créé en 1991, c'est une association qui offre un appui technique divers aux éleveurs (contrôles laitiers, IA, etc....).
 - La chambre d'agriculture des Pyrénées-Atlantiques (64) : intervient également en appui sur la filière ovine laitière.

1.3. Des projets de recherche et de développement pour des systèmes ovin lait plus performants

Aujourd'hui, de nombreux projets de recherches continuent à être menés sur l'amélioration de la quantité et de la qualité du lait. Étant donné la conjoncture actuelle, cet objectif principal a été couplé à d'autres ayant pour but de rendre les races ovines plus efficaces et résilientes vis-à-vis du changement climatique.

- PhenoFinlait et MIROL :

Mis en place en 2010, *Phenofinlait* est le premier programme français à s'intéresser au phénotypage en routine de la composition fine du lait pour les filières laitières bovines, ovines (CNBL) et caprines. Il a permis de développer des équations établies par la spectrométrie MIR (Infrarouge) pour quantifier les teneurs en acides gras (AG) et en protéines du lait. Sur les ovins lait, les résultats ont été obtenus sur 200 échantillons de lait pour les acides gras, et 159 pour les protéines, permettant de prédire 14 acides gras et 3 caséines. Mais ces résultats ont été obtenus sur des MIR non standardisés, ce qui rend les données peu reproductibles.

En 2018, le CNBL a piloté un nouveau programme nommé *MIROL* afin de valoriser les données MIR collectées dans le projet précédent. En plus de celles destinées pour les taux, d'autres prédictions ont été établies afin de déterminer l'ensemble des composantes du lait. Pour cela, il a fallu consolider les outils de base en passant par une standardisation des spectres MIR, et une création d'une base de données pour leur stockage. (*LAGRIFFOUL et al., 2019*).

- AUTELO :

Conduit entre 2015 et 2019, ce projet de l'Institut de l'élevage visait à accompagner les éleveurs dans une meilleure maîtrise de leur autonomie alimentaire des ressources produites, et d'améliorer leur efficacité alimentaire, notamment par une maîtrise de la complémentation en concentrés, adaptée au niveau de production (lots virtuels et utilisation de distributeurs automatiques de concentrés (DAC) en salle de traite). Il a également abouti à la publication d'un guide pratique sur l'alimentation des brebis laitières à tous les stades physiologiques (*IDELE, 2021*).

- SMARTER (Small Ruminants Breeding for Efficiency and Resilience) :

Ce projet qui a débuté en 2018, s'est déroulé sur une durée de 4 ans, avec pour objectif d'étudier comment la sélection génétique peut augmenter la résilience et l'efficacité alimentaire chez les petits ruminants (ovins et caprins) en lien avec leur environnement. En effet, comme vu précédemment, la majorité des élevages se situent dans des zones difficiles, il faut donc garder des caractères rustiques dans ces espèces pour qu'elles restent adaptées à leur milieu. Le projet réunit 13 pays et 27 organismes différents, comptabilisant près de 1,5 millions de brebis qui ont participé au projet, soit 5 000 exploitations agricoles.

Les principaux objectifs étaient tout d'abord de déterminer quels étaient les indicateurs qui caractérisaient le mieux l'efficacité et la résilience chez les petits ruminants. Ensuite, il a été établi des plans de sélection qui prennent en compte l'interaction de l'environnement et la génétique.

Enfin, des travaux sur le microbiote ovin ont été réalisés en lien avec les performances et la santé des animaux.

1.4. Le projet F2E Carnot IRMA : « Etude des relations entre la composition du lait et la couverture des besoins alimentaires sur la période de début de lactation ».

1.4.1. Le début de lactation : une période critique en ovin lait nécessitant un pilotage précis.

Comme énoncé précédemment, les ovins lait en France débutent leur période de traite, appelée aussi lactation commerciale, après un temps d'allaitement (2 à 4 semaines après l'agnelage, suivant la séparation avec l'agneau).

Cette conduite d'élevage exige des brebis laitières une production laitière accrue, liée à l'expression de leur potentiel génétique, permettant de couvrir la période d'allaitement et de traite durant 7 à 9 mois. La période de début lactation, qui se prépare dès 100 jours de gestation (6 semaines avant la mise bas) et se termine au début traite (1 mois après la mise bas), est considérée critique.

En effet, les brebis doivent supporter un bilan énergétique potentiellement négatif, causé par des besoins qui augmentent et des apports insuffisants liés à une capacité d'ingestion réduite par la gestation et le post-partum.

Cette situation pousse les animaux à puiser dans leurs réserves corporelles, ce qui peut provoquer des troubles de santé chez la brebis (troubles métaboliques, mammites, ...), pouvant compromettre le démarrage de la lactation commerciale (après le sevrage) et créer des problèmes chez l'agneau par la suite (diarrhée...) (*BOUVIER-MULLER et al., 2018*).

En parallèle, le début de lactation est intense pour les éleveurs qui doivent surveiller l'agnelage et l'allaitement, le début traite, le sevrage des agneaux, et enfin s'assurer de livrer un lait d'une qualité correcte.

Les conséquences économiques n'ont jamais été vraiment étudiées par leurs complexités, mais en prenant en compte les impacts sur les agneaux (retards de croissance, mortalité, augmentation des coûts de traitement et du temps passé à soigner les agneaux malades), et sur la suite de la campagne laitière, il peut y avoir des suites négatives sur la carrière des animaux et sur la rentabilité des exploitations. En effet, la vente des agneaux représente tout de même entre 15 et 20 % du revenu des éleveurs laitiers pour les élevages dans le bassin de Roquefort (*MORIN et al., 2021*), et environ 15 % dans les Pyrénées-Atlantiques (*DE BOISSIEU et al., 2021*).

De plus, une brebis pénalisée sur son début de lactation subira des répercussions négatives en quantité et qualité de lait sur toute sa campagne laitière.

1.4.2. Le projet F2E Carnot IRMA

Cette période critique expliquée précédemment s'est accentuée par des performances laitières et des tailles de troupeaux qui ne cessent de s'accroître. Afin de limiter les pertes liées à ce début de campagne, la filière a décidé de réagir en créant un outil d'aide à la décision à destination des éleveurs, qui permettrait d'améliorer la gestion des troupeaux.

Pour cela, l'IDELE et l'INRAE se sont unis autour d'un projet intitulé IRMA, qui a pour but de mettre en évidence des indicateurs non invasifs qui reflèteraient le bilan nutritionnel et l'état de santé des brebis lors du début de lactation. Ceux qui seront estimés comme fiables seront utilisés pour créer un outil d'aide à la décision.

Pour obtenir les différents indicateurs, il a été choisi d'utiliser la technologie des spectres moyens infra rouge du lait (MIR). Après interprétation des résultats, l'outil d'aide à la décision indiquera à l'éleveur quels leviers il pourra actionner pour améliorer la gestion de son troupeau : la valorisation des fourrages, l'alimentation de précision, la qualité du lait, et enfin la gestion sanitaire des brebis et des agneaux.

Ce projet permettra donc d'étudier les relations entre les composants du lait, l'alimentation, le métabolisme digestif et sanguin, et la santé des brebis.

Globalement, le projet IRMA permettra d'atteindre les objectifs suivants :

- Définir les indicateurs non invasifs les plus pertinents sur cette période critique.
- Sélectionner les indicateurs avec les prédictions les plus fiables.
- Etablir un prototype d'outil d'aide à la décision, pour l'interprétation de ces indicateurs au niveau du troupeau, afin de répondre aux attentes des éleveurs (alimentation, santé), ainsi qu'aux attentes sociétales (bien-être animal, autonomie alimentaire, faible impact environnemental, qualité des produits...).

La mise en place de ce projet devrait permettre d'aboutir à ces différents objectifs, mais aussi de répondre à plusieurs finalités issues autant des acteurs de la filière, que des attentes sociétales.

Tout d'abord l'optimisation et la rentabilité économique des systèmes d'élevage : grâce à cet outil les ressources de l'exploitation seront mieux valorisées, et les coûts d'alimentation et les déchets (azote et gaz à effet de serres) seront diminués.

De plus, des rations mieux équilibrées devraient se traduire par un meilleur état de santé et donc une réduction des coûts sanitaires.

Enfin, garantir la santé publique : IRMA adhère au concept one-Health, qui a pour but de permettre une alimentation plus respectueuse de l'environnement et pour la santé humaine (plus d'oméga 3 dans les produits laitiers), ou encore de mettre ce type de produits en valeur par le biais de l'étiquetage.

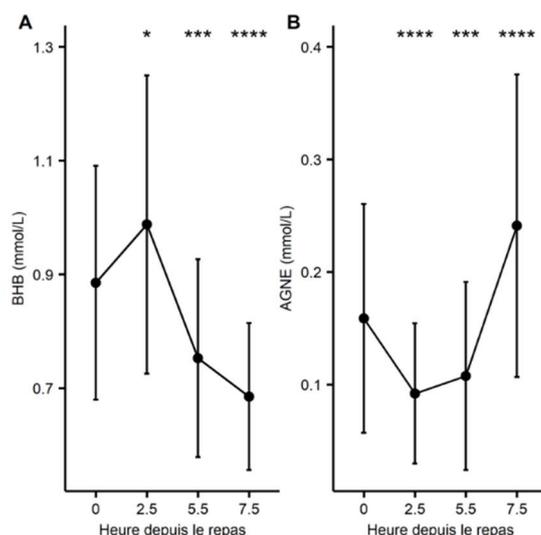


Figure 12 : Cinétique des concentrations sanguines en BHB (A) et AGNE (B) sur la journée sur des brebis Lacaune (CORBIERE et al., 2022).

*p<0,05, ** p<0,01, ***p<0,001.

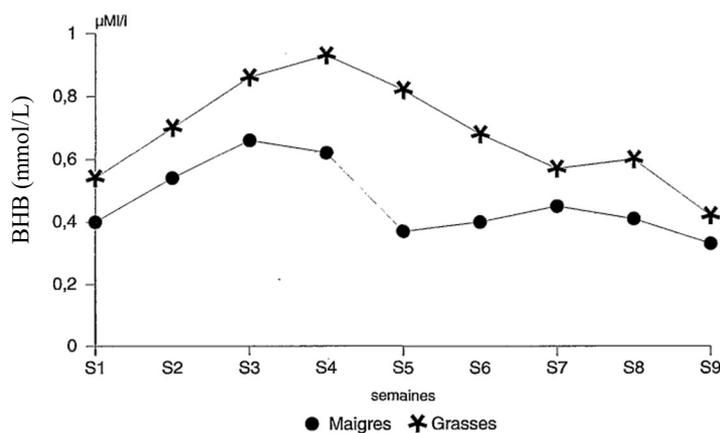


Figure 13 : Influence de l'état corporel à la mise bas sur l'évolution du BHB sanguin chez les brebis Barbarine (ATTI, 1995).

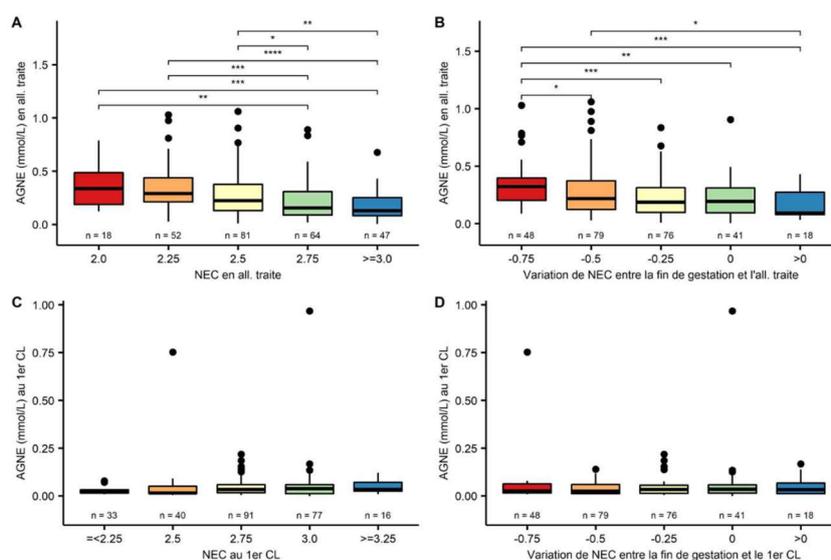


Figure 14 : Répartition des valeurs d'AGNE plasmatiques mesurées sur la période allaitement-traite (A et B) ou au 1^{er} contrôle laitier (C et D) des brebis Lacaune, en fonction de leur NEC (A et C) et de la variation de leur NEC (B et D) (CORBIERE et al.2022)

*p<0,05, ** p<0,01, ***p<0,001.

1.5. Les indicateurs d'un bilan énergétique négatif lors de la période de début de lactation

1.5.1. Les métabolites sanguins comme indicateurs d'un déficit énergétique

Chez la brebis comme chez la vache, un déficit énergétique peut conduire à des troubles physiologiques et modifier les performances techniques. C'est pourquoi il est important pour les éleveurs de pouvoir détecter rapidement une période de sous-nutrition afin de limiter les pertes qui pourraient être engendrées.

La filière bovin lait a réalisé de nombreux travaux de recherches afin de découvrir s'il existait des métabolites sanguins capables de traduire une situation de déficit énergétique avec une mobilisation des réserves corporelles sur la période de gestation et de début de lactation.

En conditions normales, l'ensemble de l'organisme utilise principalement le glucose comme source d'énergie, mais lorsque les apports alimentaires ou la glycémie diminuent comme sur cette période critique l'animal va modifier son métabolisme énergétique.

En effet, en réponse à un déficit énergétique et une demande en glucose importante par la mamelle, l'animal va mobiliser ses réserves lipidiques et augmenter sa néoglucogénèse hépatique, ce qui va modifier ses concentrations plasmatiques de certains éléments comme l'augmentation des acides gras non estérifiés (AGNE), ce qui correspond aux acides gras mobilisés dans les réserves adipeuses. On assiste également à une augmentation des béta-hydroxy-butyrate (BHB), corps cétoniques les plus importants en quantité. Ils représentent la capacité des hépatocytes à utiliser les AG mobilisés pour produire de l'énergie (*Cf. figure 12*).

Les caractéristiques de ces deux métabolites permettent donc d'évaluer l'état de nutrition énergétique de l'animal à travers l'étude de leur évolution. C'est pourquoi, la filière bovin lait les a rapidement adopté pour évaluer l'intensité de la mobilisation des réserves corporelles (*COULON et al., 1985*).

Du côté des petits ruminants, les études menées sur le sujet sont moins nombreuses et plus récentes, elles se sont appuyées sur les résultats obtenus par les bovins pour établir leur protocole.

C'est pourquoi, il a été d'abord vérifié, si les deux métabolites sanguins vu précédemment pouvaient être également utilisés en ovin.

Tout abord, des travaux réalisées sur des brebis Barbarine en Tunisie, ont mis en évidence que les brebis dites « grasses » (différenciées par le poids vif avant mise bas) avaient des taux de BHB sanguins plus élevés que les brebis classées « maigres » Ce premier métabolite pourrait donc être aussi bien utilisé en bovin comme en ovin. (*ATTI et al., 1995*) (*Cf. figure 13*).

Ensuite, dans une seconde étude plus récente qui a été réalisée en race Lacaune en France dans le cadre du projet IRMA, les valeurs d'AGNE plasmatiques sont ressorties positivement corrélées avec des brebis qui avaient une évolution de NEC (note d'état corporel) négative, mais contrairement à l'étude précédente, le BHB sanguin n'a eu aucune relation significative avec le déficit énergétique (*CORBIERE et al., 2022*) (*Cf. figure 14*).

Tableau 5 : Concentrations des métabolites mesurés sur des brebis Ouled-Djellal en fonction de leur stade physiologique (DEGHNOUCHE et al. 2011).

	Gestation (G, n = 35)	Lactation (L, n = 35)	Contrôle (C, n = 30)	P
Glucose (mmol/L)	2.17 ± 1.06b	2.28 ± 0.89b	2.61 ± 0.56a	< 0.05
Cholestérol (mmol/L)	1.27 ± 0.49	1.32 ± 0.54	1.24 ± 0.16	NS
Triglycérides (g/L)	0.34 ± 0.29ab	0.35 ± 0.20b	0.27 ± 0.12a	< 0.05
Protéines totales (g/L)	67.17 ± 14.02	64.19 ± 15.40	58.80 ± 5.21	NS
Albumine (g/L)	25.65 ± 2.62	24.54 ± 4.47	23.13 ± 3.50	NS
Urée (mmol/L)	4.83 ± 5.33b	5.33 ± 3.5c	3.17 ± 1.00a	< 0.01
Créatinine (µmol/L)	87.87 ± 30.59b	81.77 ± 25.55b	61.88 ± 6.98a	< 0.01
Bilirubine totale (µmol/L)	13.86 ± 6.97b	20.82 ± 21.97bc	3.71 ± 0.65a	< 0.05

NS : non significatif.

Des exposants différents au sein d'une même ligne indiquent une différence significative entre les groupes.

G : gestantes ; L : lactation ; C : brebis témoins, non gestantes et allaitantes ; P = p-value.

Enfin, une étude intermédiaire aux deux précédentes a été réalisée sur des brebis Ouled-Djellal en Algérie, l'objectif était de mettre en évidence tous les paramètres sanguins qui pouvaient être différents suivant le stade physiologique : gestante, allaitante, en lactation et à l'entretien.

Plusieurs indicateurs se sont révélés significatifs, avec sans surprise la glycémie qui était plus faible chez les brebis gestantes ou allaitantes, par rapport à des brebis en lactation ou à l'entretien.

Ce résultat vient tout de même conforter le fait qu'il y a un réel phénomène de déficit énergétique sur cette période délicate de la lactation.

Les autres indicateurs sanguins qui sont ressortis significativement différents étaient les teneurs en protéines et en triglycérides plasmatiques qui étaient plus élevés pour les brebis gestantes et allaitantes, que pour celle en production ou à l'entretien (*DEGHNOUCHE et al., 2011*) (Cf. tableau 5).

1.5.2. Les composants du lait comme indicateurs d'une balance énergétique négative

Bien que nous ayons vu que ces deux indicateurs sanguins restent assez fiables pour déterminer le statut énergétique pour les petits et les gros ruminants laitiers, leur identification reste difficile, car ils nécessitent une prise de sang, opération qui n'est pas possible de réaliser par n'importe qui facilement.

Les filières d'élevage ont alors cherché d'autres indicateurs qui seraient moins invasifs, plus simple à collecter, et qui restent abordables pour les diffuser ensuite à grande échelle : le lait est rapidement devenu le nouveau centre d'intérêt. En effet, pour la filière étudiée, en période de lactation, il est collecté tous les jours et peut-être analysé autant de fois qu'il y a de collecte. Son prélèvement est simple et facile à faire autant pour les éleveurs que pour les autres acteurs de la filière.

Comme pour les autres ruminants laitiers, la production et la composition du lait des brebis laitières sont principalement conditionnées par des facteurs génétiques, le stade de lactation, la conduite d'élevage et l'alimentation. Dans cette partie, nous allons nous concentrer sur les effets de cette dernière et plus précisément sur l'effet d'un déficit énergétique sur la composition du lait, néanmoins l'influence des autres facteurs n'est pas à négliger car ils peuvent masquer certains effets de la ration.

Comme précédemment, il existe très peu de littérature sur les effets d'un déficit énergétique sur la composition du lait en ovine lait, néanmoins on retrouve plusieurs travaux qui se sont penchés sur la question, notamment en vaches laitières.

a. La quantité de lait

L'indicateur le plus simple à observer reste la quantité de lait, lorsqu'une ration est déficitaire en énergie, le métabolisme ruminal ne possède pas assez d'énergie pour fonctionner normalement et on assiste à une diminution de l'activité microbologique et donc de la production des acides gras volatils (AGV). Cette situation va se répercuter sur la production laitière qui va plus ou moins chuter suivant le déficit et l'état d'engraissement de l'animal.

Mais ce critère reste superficiel, car une ration excédentaire en énergie peut également provoquer une baisse de la production laitière. En effet, un excès de sucres solubles va favoriser le développement des bactéries amylolytiques du rumen et induire une baisse du pH et une augmentation de la production d'acides gras propionate. Ces derniers ne sont pas les métabolites les plus adaptés à la production laitière contrairement à l'acide acétate, qui est produit principalement par des bactéries cellulolytiques avec un pH plus proche de la neutralité. En cas de forte baisse du pH ruminal, la brebis peut souffrir d'acidose (*BOSSI et al., 2012*).

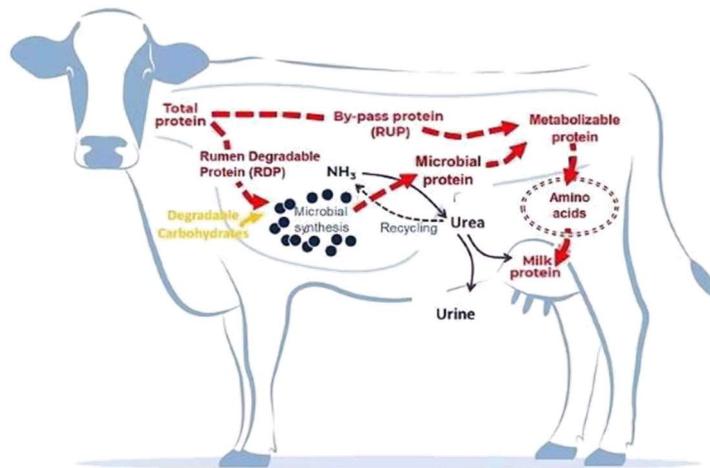
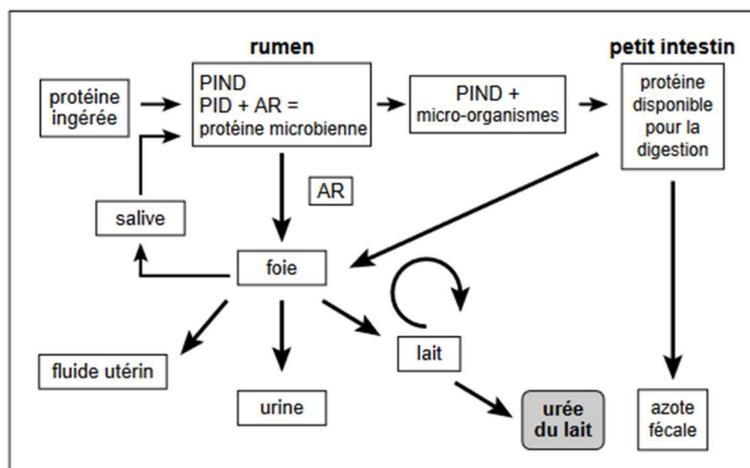


Figure 17 : Schéma métabolisme azoté et protéique chez la vache laitière (AJIMOTO, 2019).



PID = protéine ingérée dégradée ; PIND = protéine ingérée non dégradée ; AR = ammoniac ruminal.
Adaptée de Moore et Varga, 1996

Figure 16 : Schéma métabolisme de l'urée chez les ruminants (BERTRAND, 2023).

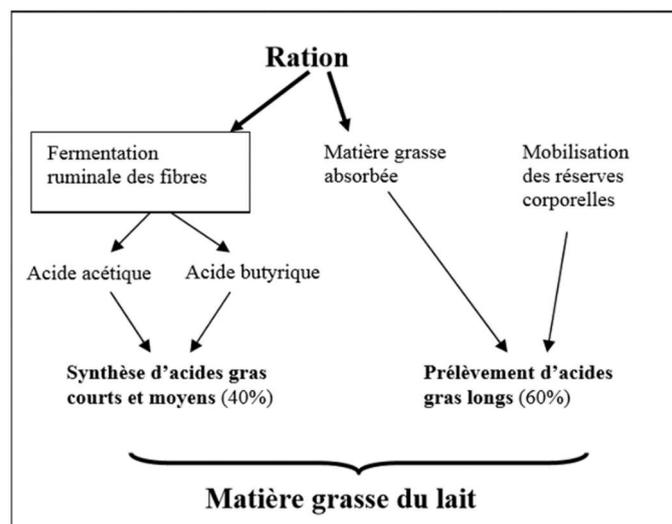


Figure 15 : Schéma métabolisme du taux butyrique dans le lait chez les ruminants (DESANLIS, 2023).

Toujours au niveau de la quantité de lait, une étude en ovin lait a mis à la lumière que sur la période d'allaitement, un bilan énergétique négatif conduit à un pic de lactation de faible amplitude et retardé, ainsi qu'une baisse du taux protéique (TP) (BOCQUIER et CAJA, 2001).

b. Le taux protéique (TP) et l'urée

Sur ce dernier indicateur cité, soit le TP, il apparaît peu pertinent de le sélectionner, en effet la matière protéique du lait est synthétisée à partir des acides aminés prélevés dans le sang. Ces derniers sont originaires de l'alimentation ou bien des bactéries du rumen.

De plus, il faut respecter un apport au niveau des acides aminés essentiels (lysine, méthionine, etc...), ce qui fait que ce métabolite n'est pas du tout lié aux mobilisations corporelles et ses variations ne permettent pas de définir si l'animal est en déficit ou non. (Cf. figure 15)

Un autre indicateur du lait, de plus en plus étudié est l'urée : l'excédent azoté apporté par la ration se présentant sous la forme d'ammoniac, va être dégradé par le foie en urée. Cette dernière est recyclée dans la salive ou par le microbisme de la paroi du rumen, et est diffusée dans l'ensemble des fluides corporels, via le sang. Elle se retrouve alors dans les glandes mammaires, les fluides utérins, et est filtrée par les reins pour finir dans les urines (l'urée représente en moyenne 90 % de l'azote dans les urines).

On sait aussi que chez les chèvres et les vaches laitières, les glandes mammaires sont capables de produire elles même de l'urée à partir de la catalyse d'arginine, mais cela représente de faibles quantités.

Dans le cas où une ration est déficitaire en énergie, l'azote ne sera pas valorisé entièrement par les micro-organismes et induira une augmentation des taux d'urée dans le lait. Mais pour notre étude, cet indicateur n'est pas le plus judicieux à utiliser car le taux d'urée peut augmenter même si les besoins énergétiques sont couverts. (HERISSET et LE CLAINCHE, 2008) (Cf. figure 16).

c. Le taux butyreux (TB)

Les lipides présents dans le lait ont deux origines : lors de la fermentation ruminale, les fibres apportées par la ration vont être dégradées et bio hydrogénées par les bactéries du rumen, en acide acétique pour la cellulose et butyrique pour les sucres simples. Ces deux métabolites vont rejoindre la circulation sanguine et être synthétisés par la mamelle en acides gras courts et moyens dans le lait (C4 à C16). Cette voie de synthèse représente 40 % de la matière grasse du lait.

La majorité des AG du lait, soit 60 %, sont prélevés directement dans la circulation sanguine et sont issus de la matière grasse directement absorbée dans l'alimentation et par la mobilisation des réserves corporelles. Cette dernière voie de synthèse représente essentiellement des AG longs (>C16) (CHILLIARD et al., 2007) (Cf. figure 17).

Comme nous pouvons le voir le métabolisme de synthèse du TB repose en partie sur la mobilisation des réserves corporelles, il est donc devenu une piste de recherche pour devenir un éventuel indicateur de déficit énergétique pour les ruminants laitiers.

Déjà plusieurs études ont été réalisées sur la matière grasse en ovin lait, il a été prouvé qu'une ration déficitaire en énergie provoquant une mobilisation des réserves corporelles, va accroître les acides gras libres dans le sang, et augmenter le taux butyreux dans le lait. A contrario, une ration excédentaire en sucres simples va diminuer la concentration plasmatique en AGNE et donc diminuer le TB.

Néanmoins, cet indicateur reste délicat à utiliser pour définir l'état nutritionnel des animaux, car comme expliqué précédemment il est influencé fortement par l'alimentation :

une alimentation riche en sucres fermentescibles ou en matières grasses va permettre de produire plus d'acide acétique ou butyrate et donc plus de TB.

En effet, des brebis conduites au pâturage, auront des taux butyreux supérieurs à des individus conduits avec une ration hivernale, c'est-à-dire avec des fourrages conservés secs (72,4 g/l contre 54,7 g/l). Comme vu précédemment nous pouvons donc avoir une différence entre les divers bassins de production de brebis laitières.

Bien que le pâturage augmente le TB, les Pyrénées-Atlantiques et la Corse n'ont pas de TB supérieurs au Lacaune, car les effets génétiques entrent également en jeu dans la production laitière.

De plus, le type de collecte et de conservation des fourrages va modifier le TB dans le lait, une ration à base d'ensilage d'herbe ou de maïs ou avec des fourrages ventilés en grange augmentent le TB par rapport à une alimentation à base de foin traditionnel (+0,35 g/l et +1,5 g/l, +3,89 g/l respectivement).

Enfin, la composition des fourrages distribués a une influence sur le TB, des fourrages de poacées (anciennement graminées) permettent de produire plus de TB qu'avec des fourrages à base de fabacées (légumineuses) (+2,4g/l) (*BOCQUIER et CAJA, 2001*).

Cet indicateur reste donc intéressant à regarder mais il faut l'étudier à l'échelle de la composition de la matière grasse et non du TB en lui-même. Nous savons que selon la longueur de l'acide gras nous pouvons déterminer son origine, si l'on caractérise la proportion de chaque acide gras dans le lait, on pourrait savoir la part de la matière grasse synthétisée à partir des AGNE et donc de l'état nutritionnel de l'animal.

Le rapport TB/TP est un indicateur très utilisé en vaches laitières et semble être très sensible à la couverture énergétique de l'animal et du troupeau. Une étude en vache laitière a démontré que le rapport TB/TP pouvait être utilisé pour évaluer l'équilibre énergétique et le niveau de mobilisation des réserves corporelles. En effet, il y a une corrélation négative entre ce rapport et le bilan énergétique, cette dernière est plus forte en début qu'en milieu de lactation (*BUTTCHEREIT et al., 2010*).

Cet indicateur est le plus fiable à utiliser à l'échelle individuelle, en bovin lait au-delà de 1,5 on considère que la vache souffre d'un déficit énergétique, ce qui se traduit par une mobilisation des réserves corporelles et donc une augmentation du TB (*JOUASSARD, 2023*).

Aujourd'hui cet indicateur qui semble intéressant est assez peu utilisé en brebis laitières, pourtant il pourrait permettre comme pour les gros ruminants, d'évaluer l'équilibre énergétique et le niveau de mobilisation des réserves corporelles.

En plus de cet indicateur, la filière bovin lait a effectué de nombreuses recherches sur la composition en acides gras du lait. Il a pu être mis en relation dans plusieurs études que lors d'un bilan énergétique négatif (-42,5 MJ/J), on observe une diminution des concentrations plasmatiques de glucose (-57 %) et à la suite une augmentation des AGNE sanguins comme énoncé dans les études précédentes.

Dans ce cas de figure, on observe alors une diminution des acides gras à chaîne moyenne (C10 à C15) au profit des acides gras à chaîne longue (>C16) comme l'acide oléique (C18 :1). (*BILLA et al., 2020 ; et PIRES et al., 2022*).

Une étude s'est penchée sur la relation entre les acides gras saturés (AGS) et les AGNE. Pour cela, il a été calculé leur sensibilité aux variations d'AGNE plasmatiques : le C7 :0, C9 :0, C11 :0 et C13 :0 ont une sensibilité légèrement supérieure (83,3, 94,8, 80,0 et 85,9 % respectivement) comparé aux C6 :0, C8 :0, C10 :0 et C12 :0 (78,8, 85,3, 80,1 et 83,9 % respectivement). De plus, les AG en C14 :0 et C15 :0 ont des sensibilités de 88,7 et 85,0 %. Il y a donc tout de même une forte corrélation entre les AGS du lait et le statut énergétique de l'animal. (*DÓREA et al., 2017*).

Par la suite, une autre étude, toujours en bovin lait, a établi des seuils pour les AG pour déterminer à partir de quelles valeurs l'animal pouvait être considéré comme en déficit énergétique.

Le projet s'est d'abord basé sur l'évaluation de seuils pour les métabolites sanguins ($BHB \geq 1,2$ mmol/L et $AGNE \geq 1$ mmol/L), et ensuite a déterminé des seuils pour l'ensemble des AG recherchés, avec par exemple un seuil de 26 g d'acide oléique pour 100 g de matière totale. (MANN *et al.*, 2016).

Pour suivre, des études en gros ruminants ont démontré que lorsqu'une ration était pauvre en fibres et riche en concentrés (riche en énergie), les bactéries amylolytiques vont produire de l'acide propionate en grande quantité, ce dernier va être synthétisé par la mamelle en AG à chaîne courte et moyenne impaire ou ramifiée (VLAEMINCK *et al.* 2006).

Enfin, un dernier projet a mis au point un modèle destiné à estimer les teneurs en AGNE plasmatiques à partir des valeurs des AG du lait, il utilise : le C10 : 0, C14 : 0 et le C18 : 1 cis-9. On observe que ce sont souvent les mêmes AG qui ressortent corrélés avec un déficit énergétique quelle que soit l'étude (MÄNTYSAARI *et al.*, 2019).

Au vu des travaux réalisés en gros ruminants, on s'aperçoit qu'il reste un gros travail à accomplir sur l'exploration des AG dans le lait des petits ruminants, avec un grand potentiel sur l'évaluation des statuts énergétiques des brebis lors du début de lactation.

Actuellement, les AG sont très peu étudiés en ovin lait, seulement quelques études ont mis en relation la présence plus élevée en AGS dans le lait avec des rations à base d'ensilage et donc riche en énergie (+1,9 point par rapport à la moyenne) (LEGARTO *et al.*, 2014).

De plus, il a été vu que la pratique du pâturage modifie le profil d'AG, le lait est enrichi en oméga 3 et particulièrement en C18 :3 n-3 (+0,32 %), son origine provient de la richesse de l'herbe en AGI.

Toujours dans ce domaine, une alimentation à base de fabacées apporterait plus d'AGI qu'une ration à base de poacées (0,7 % contre 0,3 % des acides gras totaux (AGT)) (CHILLIARD *et al.*, 2007).

Il existe donc un réel potentiel pour la filière brebis laitière d'étudier de manière plus approfondie la signification des acides gras présents dans le lait. Aujourd'hui, l'intérêt attribué à ces métabolites était freiné par la qualité de prédictions des AG dans le lait des petits ruminants, c'est pourquoi des projets comme *Phenofinlait* ou encore *Mirol* ont travaillé sur le sujet afin de pouvoir utiliser le lait en son plein potentiel.

1.6. Estimation des composants du lait par les technologies à spectres MIR

Les composants du lait n'ont pas toujours été estimés par la spectrométrie MIR, au départ pour évaluer et maîtriser la composition en matières grasses et protéiques du lait, la filière laitière utilisait des méthodes chimiques par chromatographie en phase gazeuse (CPG) pour les AG et par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) pour les protéines. Mais ces deux méthodes étaient peu adaptées à la tâche, car elles sont longues à mettre en place et onéreuses.

C'est pourquoi, dès le début des années 1980, le secteur de la recherche et du développement en ruminants a commencé à intégrer les technologies de la spectrométrie dans le moyen infrarouge (MIR) à la place de ces deux dernières méthodes. Depuis quelques années, l'utilisation de la spectrométrie MIR est également proposée pour caractériser plus précisément les laits en estimant les teneurs en composants fins dont les AG, les protéines, l'urée ou le lactose (SOYEURT *et al.*, 2006).

Tableau 6 : Evaluation de la précision des équations de prédictions pour l'estimation des composants du lait de bovins, caprins, et ovins à partir du projet Phenofinlait (GELE et al., 2014).

		Composants estimés avec une très bonne précision ($R^2 > 0,91$ et $s_{y,x}$ relatif < 5%)	Composants estimés avec une bonne précision ($R^2 > 0,82$ et 5% < $s_{y,x}$ relatif < 10%)	Composants estimés avec une précision correcte ($R^2 > 0,70$ et 10% < $s_{y,x}$ relatif < 15%)
Bovins	Acides Gras	MG, C4:0, C6:0, C8:0, AGS, AGMI, AGI, SCFA, MCFA, Somme C4:0 + C6:0, AG pairs de C4 à C10, AG pairs de C4 à C12, AG pairs de C4 à C14, AG à 16 carbones ou moins, AGS à 16 carbones ou moins AGS pairs à 16 C ou moins, Somme C12:0 + 4C14:0 + C16:0	C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:1 c9, LCFA, Total des C18:1, Total des C18:1cis, Indice d'élongation, Indice d'athérogénicité	C11:0, C15:0, C15:0 iso, C17:0, C18:0, C20:0, C17:1 c10, C18:1 c15, C18:1 t12, C18:1 t16, C18:2 c9 c12, AGPI, AGPI/AGS AG trans, Total des C18:1trans, Total des C18:2, Total des C18:2 w6, AG w3, AG w6, AG w7, AG w7 cis, AG impairs C5 à C11, AG impairs C5 à C15, AG impairs C13 à C17, C18:1/C16:0, C18:1c9/C16:0, Index de désaturation C16,
	Protéines	MP, Total des caséines, Caséine β	Caséine α 1, Caséine α 2, Caséine κ	Somme α -lactalbumine + β -lactoglobuline, β -lactoglobuline
Caprins	Acides Gras	MG, C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C16:0, C22:1 w9, C20:3 w3 AGS, AGMI, AGI, Somme C4:0 + C6:0, AG pairs de C4 à C10, AG pairs de C4 à C12, AG pairs de C4 à C14, AG à 16 carbones ou moins, AGS à 16 carbones ou moins Total des C18:1, Total des C18:1cis	C12:0, C14:0, C17:0, C17:0 iso, C17:0 anteiso, C18:1 c9, C18:2 c9 c12, AGPI, AGPI/AGS Total des C18:1 cis, Total des C18:2, Total des C18:2 w6, Total des C18:2 trans, AG w6, AG w7, AG impairs C5 à C15, AG impairs C13 à C17, Indice d'élongation, Indice d'athérogénicité C18:1/C16:0, C18:1c9/C16:0, C16:0/AGS MCFA/C16, MCFA/C12C14C16	C11:0, C15:0, C15:0 iso, C15:0 anteiso, C16:0 iso, C18:0, C20:0 C10:1, C17:1 c10, C18:1 c11, C18:1 c15, C18:1 t16, C20:1 c11, C20:4 w6, C22:5 w3, Total C18:1 trans, Total C20:1, AG w3, AG w7 cis, AG trans, AG impairs C5 à C11, Index désaturation C16, C18:2 c9 c12/C18:3 c9 c12 c15, AG w6/AG w3
Ovins	Acides Gras	MG, C4:0, C6:0, C8:0, AGS, AGMI, AGI, Somme C4:0 + C6:0, AG pairs de C4 à C10, AG pairs de C4 à C12, AG pairs de C4 à C14, AG à 16 carbones ou moins, AGS à 16 carbones ou moins Total des C18:1, Somme C12:0 + 4C14:0 + C16:0	C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:1 c9, AGPI, AGPI/AGS Total des C18:1 cis, Total des C18:2, AG impairs C13 à C17, Indice d'élongation, Indice d'athérogénicité	C11:0, C15:0, C15:0 anteiso, C16:0 iso, C17:0, C17:0 iso, C17:0 anteiso, C18:0, C17:1 c10, C18:1 c11, C18:1 t16, C18:3 c9 c12 c15, Total des C18:2 w6, AG w3, AG w6, AG w7, AG w7 cis, AG impairs C5 à C11, AG impairs C5 à C15, C18:1/C16:0, C18:1c9/C16:0, Index de désaturation C16, Index de désaturation C18
	Protéines	MP, Total des caséines, Caséine β , Caséine α 1	Caséine α 2, Caséine κ	Somme α -lactalbumine + β -lactoglobuline, β -lactoglobuline

AGS : Acides Gras Saturés ; AGI : Acides Gras Insaturés ; AGMI : Acides Gras Monosaturés ; AGPI : Acides Gras Polyinsaturés ;
SCFA : Acides Gras à Chaîne Courte (4 à 10 carbones) ; MCFA : Acides Gras à Chaîne Moyenne (11 à 16 carbones) ;
LCFA : Acides Gras à Chaîne Longue (17 carbones et plus) ;
Index de désaturation C16 = $C16:1c9/(C16:0 + C16:1c9)$; Index de désaturation C18 = $C18:1c9/(C18:0 + C18:1c9)$;
Indice d'élongation = $(C8:0 + C10:0 + C12:0 + C14:0)/(C4:0 + C6:0)$; Indice d'athérogénicité = $(C12:0 + 4 \cdot C14:0 + C16:0)/AGI$.

Cette technologie est basée sur le principe d'absorption des rayonnements infrarouge par la matière organique. Chaque pic d'absorption représente une liaison moléculaire, chaque molécule est donc caractérisée par plusieurs pics. Les absorbances relevées sont mises en relation avec des modèles statistiques reposant sur des régressions de type « Partial Least Square », ce qui permet de maximiser la corrélation entre les variables explicatives et à expliquer. Ces modèles sont validés suivant la norme ISO 8196-2 | IDF 128-2 afin d'évaluer leur précision d'estimation.

Ces dernières sont jugées suffisamment précises pour être utilisées en routine lorsque le S_{xy} relatif (écart type résiduel de régression) est inférieur à 5 % et le R^2 (coefficient de détermination) est supérieur à 0,91.

Néanmoins, même si le R^2 est seulement supérieur à 0,82 et que le S_{xy} est compris entre 5 et 10 %, l'estimation peut être utilisée dans un but analytique.

Dans un dernier cas, si le R^2 est supérieur à 0,7 et le S_{xy} est compris entre 10 et 15 %, son utilisation doit être exclusive à la recherche et au développement.

Le lait a donc un grand potentiel de diagnostic avec l'avantage de mesurer des indicateurs non invasifs et facilement répétables. (GELE *et al*, 2014).

Le potentiel des indicateurs basés sur le MIR du lait a été largement développé chez les vaches laitières : il est utilisé pour la prédiction de profils métaboliques, de bilan énergétique notamment en début traite, ou encore pour l'efficacité de l'azote (SMITH *et al.*, 2019).

Mais malheureusement les équations de prédictions en bovin lait ne sont pas directement transposables en ovin lait (GROSS *et BRUCKMAIER*, 2019).

Plusieurs programmes de recherche, comme *Phenofinlait*, ont permis de développer les équations de prédictions et d'améliorer les estimations. On retrouve aujourd'hui de nombreux composants du lait qui peuvent être prédits en routine à l'aide de cette méthode.

Parmi les équations ovines sur les acides gras, 15 estimations obtiennent une précision « très bonne » précision, ce sont celles qui déterminent les AG présents en concentration moyenne ou élevée dans le lait : AG saturés (AGS) jusqu'à 16 atomes de carbone et les acides gras monoinsaturés (AGMI) à 18 carbones (C18 :1).

Bien que l'espèce bovine possède un plus grand recul sur ces technologies, certaines équations sont ressorties plus précises pour les ovins que pour les bovins, notamment pour les AG polyinsaturés (AGPI). En ordre décroissant, 12 équations sont qualifiées précises, et 23 assez précises toujours pour les acides gras.

Pour ce qui est des équations de prédictions pour les lactoprotéines, celles permettant d'obtenir les caséines sont plus précises que pour les protéines solubles. Les sommes de caséines possèdent de meilleures précisions que les caséines dénombrées seules car les protéines comptabilisées en plus grand nombre possèdent les meilleures estimations.

Comme pour les bovins, la caséine beta est la mieux estimée contrairement à l'alpha lactalbumine qui est la moins bien estimée. Ce souci vient du fait qu'il n'y a pas d'étude comparable sur le sujet contrairement aux bovins, qui utilisent cette technologie depuis plus longtemps que les petits ruminants et ont donc plus de recul. (Cf. tableaux 6) (GELE *et al*, 2014)

Depuis 2009, l'ensemble des données obtenues par les technologies MIR en brebis laitières, sont stockées systématiquement dans le cadre du registre officiel de la traite des ovins.

Néanmoins, elles ne sont pas exploitées et il existe peu ou pas de références disponibles pour les ovins laitiers sur cette technologie.

Problématique

Comme vu précédemment, le début de lactation est une période critique chez les brebis laitières, notamment en raison d'un déficit énergétique, lié à un apport insuffisant pour couvrir leurs besoins plus ou moins élevés. Des troubles de santé peuvent alors apparaître autant chez les brebis (troubles métaboliques, mammites...) que chez les agneaux (diarrhées, pertes de croissances, ...) ce qui peut pénaliser la campagne laitière par la suite et entraîner des pertes techniques et économiques pour l'éleveur.

La filière bovin lait a déjà plus de recul que celles des petits ruminants sur la question et a déjà mené de nombreuses études afin de mettre en lumière des indicateurs non invasifs qui pourraient être observés et utilisés autant par un éleveur qu'un autre acteur de la filière.

Aujourd'hui, les gros ruminants utilisent classiquement la spectrométrie MIR pour estimer les teneurs en acides gras du lait, et évaluer par la suite l'équilibre énergétique des animaux, comme l'acide oléique (C18 :1).

En ovin lait, la situation n'est pas identique ; il y a actuellement très peu d'étude sur des indicateurs similaires, et malheureusement les équations de prédictions MIR ne sont pas transposables des bovins aux ovins lait.

A la suite de ces interrogations, la filière a décidé de réagir en créant un outil d'aide à la décision à destination des éleveurs, permettant d'améliorer la gestion des troupeaux ovin lait.

L'IDELE en lien avec l'INRAE se sont réunis autour d'un projet commun, intitulé IRMA, qui a pour but d'obtenir comme pour les gros ruminants des indicateurs non invasifs permettant de refléter le bilan nutritionnel et l'état de santé des brebis lors du début de lactation.

Aux vues des résultats déjà obtenus en bovin lait et à partir de la littérature, il s'est trouvé judicieux de tourner le projet en direction de l'estimation des AG du lait par la spectrométrie MIR afin d'évaluer l'équilibre énergétique de l'animal.

Un premier travail en amont a été réalisé par le projet *Phenofinlait*, afin d'estimer la prédiction des équations qui détermine la composition du lait par les spectres MIR. Les résultats sont prometteurs avec une très bonne précision pour 14 AG, et de bonne précision pour 13 AG.

C'est pourquoi, à travers ce projet, plusieurs problématiques émergent : premièrement définir les brebis considérées en excès, couvertes, ou en déficit au niveau des besoins lors de la période de début de lactation. Puis évaluer les composants du lait qui semblent différer suivant les groupes créés, et enfin déterminer les indicateurs les plus judicieux à retenir en fonction de la précision de leur équation de prédiction.

Comment caractériser la couverture des besoins alimentaires au cours de la période de début lactation à partir de la composition du lait des brebis laitières ?

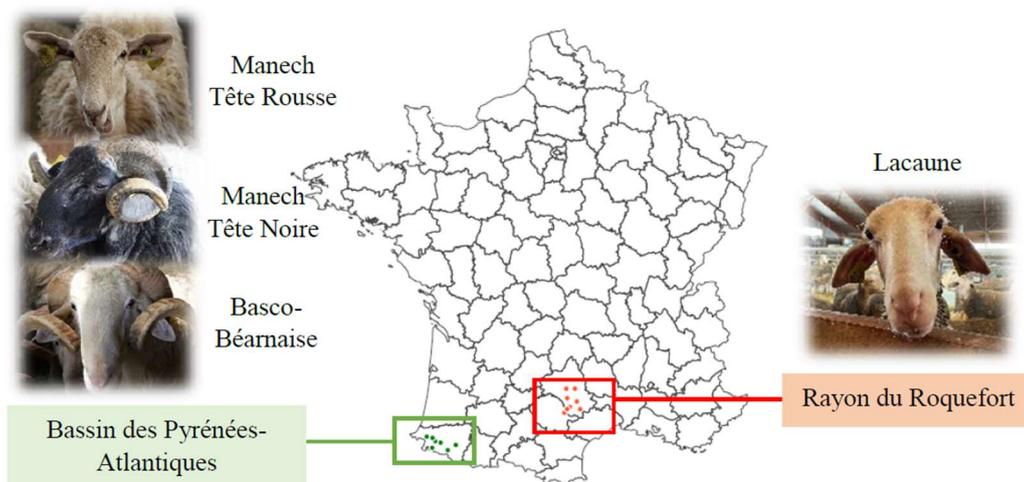


Figure 18 : Localisation des 15 élevages qui ont participé au projet IRMA (MACHEFERT C., 2021)

Tableau 7 : Répartition des élevages qui ont participé à l'étude selon les organismes de suivi (source personnelle).

Organismes de suivi	Nombre d'élevages	Races
Confédération générale de Roquefort	4	Lacaune
UNOTEC	4	Lacaune
CDEO	3	Manech Tête Rousse
	2	Manech Tête Noire
	2	Basco-Béarnaise

2. Matériels et méthodes

2.1. Choix des élevages pour l'étude IRMA

Pour réaliser ce projet, 15 exploitations commerciales issues du projet SMARTER ont été sélectionnées, et ont été suivies sur les campagnes de 2020 et 2021. Les élevages se répartissent sur deux bassins de production en France :

- 8 exploitations situées dans le rayon de Roquefort en race Lacaune (7 en AOP sur 8)
- 7 élevages dans les Pyrénées-Atlantiques : 3 élevages en Manech tête rousse, 2 élevages en Manech tête noire, 2 Basco-béarnaise (tous les élevages sont en AOP)

Les élevages sont tous suivis au niveau technique par des organismes techniques et sont adhérents au contrôle laitier officiel, afin de garantir des exploitations qui reflètent la réalité, qui soient viables et qui puissent fournir des données fiables (Cf. *figure 18 et tableau 7*).

Le choix des élevages s'est fait selon plusieurs critères :

- La race : volonté de représenter les 4 races continentales,
- Le mode de récolte et de conservation des fourrages : pour le rayon de Roquefort les deux types de stratégies alimentaires devaient être représentées : fourrages secs et humides,
- Le suivi individualisé de la consommation : présence d'un distributeur automatique de concentré (DAC) en salle de traite,
- La période de reproduction : Mises bas groupées à l'automne, afin de ne pas avoir d'effet saison.

2.2. Suivi et collecte des données dans les élevages

2.2.1. Premiers tests dans des exploitations à statut expérimental

Le projet a débuté en 2020 et l'ensemble des données ont été récoltées jusqu'en mars 2022. L'objectif était d'avoir l'ensemble des données mises au propre pour septembre 2022, et de débiter le traitement en 2023. Avant de réaliser la collecte des données dans les exploitations commerciales, le protocole expérimental a été testé dans des fermes expérimentales, car il était important de vérifier la faisabilité du dispositif :

- L'unité expérimentale ovine laitière de l'INRAE à La Fage (12) : les expérimentations ont été réalisées sur 70 brebis et 120 agneaux Lacaune nés au mois de février-mars 2020.
- Le troupeau expérimental du lycée professionnel agricole (LPA) La Cazotte (Saint-Affrique) : 50 brebis et 80 agneaux Lacaune nés en octobre 2019 ont été suivis.

Au niveau de la collecte des données, les mesures ont été réalisées sur toutes les brebis du troupeau pour la race Lacaune, tandis que pour les Pyrénées-Atlantiques, seules les premières et deuxièmes lactations ont été collectées.

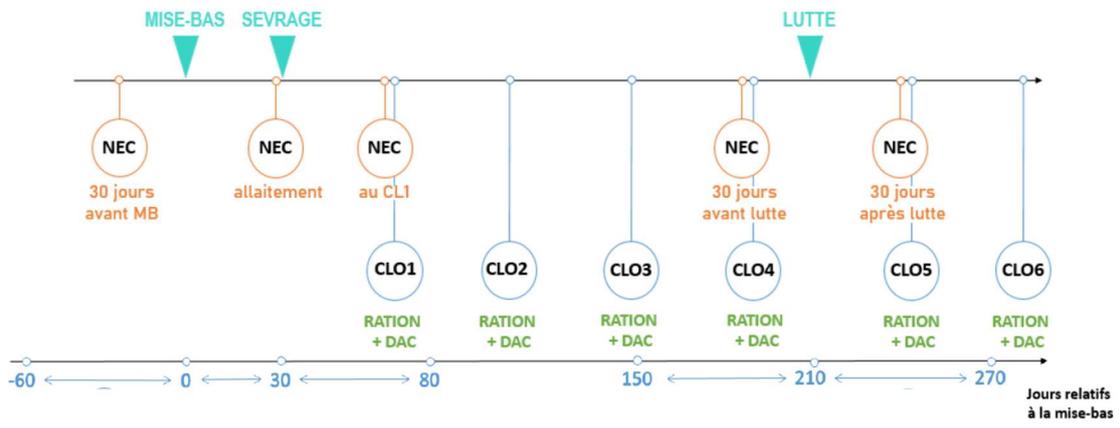


Figure 19 : Protocole de collecte des données alimentation et NEC au cours de la campagne laitière (MACHEFERT C., 2021).

2.2.2. L'évaluation des notes d'état corporel (NEC)

Afin de déterminer si les brebis étaient couvertes au niveau de leurs besoins alimentaires sur la période de début de lactation, les notes d'état corporel ont été mesurées sur toute la période de collecte de données du projet.

L'évaluation de la note d'état corporel est couramment réalisée dans toutes les filières d'élevage, par les techniciens d'élevage ou bien par les éleveurs. Elles sont généralement réalisées à des périodes physiologiques clés : avant la mise bas, en début de lactation et avant la lutte.

L'objectif est d'évaluer à l'échelle du troupeau ou individuellement si les brebis sont suffisamment en état, ce qui se traduit par leur état d'engraissement. Suivant la période, l'état corporel visé ne sera pas le même, car les besoins évoluent sur la campagne laitière.

La NEC peut être évaluée de deux manières différentes : par palpation de la région lombaire ou sternale. Les notes vont de 0 (cachexie) à 5 (très grasses), et les notes sont classiquement données au quart de point (MACHEFERT, 2021).

Pour cette étude, c'est la méthode lombaire qui a été choisie : elle évalue le remplissage de l'angle vertébral, la détection des apophyses mamillo-articulaires ou articulaires, et l'espace entre les apophyses transverses (BOSSIS *et al.*, 2012). Cette méthode a été choisie car c'est la plus pratiquée dans les élevages en ovins lait, et tous les techniciens qui ont réalisé les mesures, la maîtrisaient.

Chaque brebis a été évaluée individuellement cinq fois à des moments physiologiques significatifs (Cf. figure 19) :

- Fin gestation : 30 jours avant l'agnelage
- Fin allaitement : 30 jours après l'agnelage
- Au premier contrôle laitier : 60 jours après l'agnelage
- Avant la lutte : 30 jours avant
- Après la lutte : 30 jours après

Pour le rayon de Roquefort, un notateur par organisme technique a réalisé les mesures de NEC. En amont de la collecte des données, une journée a été réalisée dans l'exploitation expérimentale de Saint-Affrique afin d'harmoniser les notes entre les deux notateurs.

Une seconde session a été organisée entre la 3^{ème} et 4^{ème} NEC afin de vérifier que les deux notateurs calibraient les notes toujours de la même manière, et que l'écart entre les deux techniciens n'avait pas changé.

En effet, pour évaluer l'écart de notes entre professionnels, un test de Student a été réalisé sur données appariées et il a été obtenu un léger écart de notation de -0,1 [-0,16 ; -0,05] point de NEC, ce test est d'autant plus significatif car la p-value est inférieure à 0,05.

Pour ce qui est du bassin des Pyrénées-Atlantiques, il y avait plusieurs notateurs différents, mais chacun notait les mêmes élevages sur la campagne, aucune session d'harmonisation n'a été faite de ce côté-ci.

2.2.3. La collecte des performances laitières

Toutes les exploitations adhèrent à un suivi technique dit « officiel », c'est-à-dire qu'ils suivent le programme de sélection de la race qu'ils représentent. Pour cela tous les éleveurs doivent réaliser chaque année 6 contrôles laitiers répartis à des période clé de la campagne par un organisme agréé.

Durant ces contrôles laitiers la quantité et la qualité du lait sont relevées sur les première et deuxième lactation.

Pour cette étude, toutes les brebis ont été échantillonnées, quel que soit leur rang de lactation, sauf pour les Pyrénées-Atlantiques comme énoncé précédemment.

Le premier contrôle laitier est réalisé environ 45 jours après la mise bas et chaque contrôle est espacé d'environ 30 jours.

Pour chaque contrôle plusieurs critères ont été mesurés :

- La quantité de lait,
- Le taux butyreux (TB),
- Le taux protéique (TP),
- Le comptage des cellules somatique (CCS),
- L'urée,
- L'ensemble des acides gras du lait,
- L'ensemble des protéines du lait

La collecte des échantillons de lait a été réalisée par les techniciens qui suivent les élevages lors de la traite du matin. La crise sanitaire de la COVID-19 n'a pas épargné le projet IRMA, et certaines données comme les contrôles laitiers ou les pointages de NEC qui étaient planifiés du 18 mars à fin avril n'ont pas pu être réalisés dans les Pyrénées-Atlantiques.

2.2.4. La collecte des données alimentation

Chaque élevage a été suivi par un technicien au niveau de l'alimentation qui était distribuée tout au long de la campagne de la fin gestation à la fin de la traite pour chaque brebis. L'alimentation qui a été prise en compte est celle du lot principal, ce qui correspond au lot d'insémination animale (IA) pour le rayon de Roquefort, et du lot principal de brebis pour les Pyrénées-Atlantiques

Pour cela un calendrier d'alimentation a été complété pour chaque élevage, avec d'une part l'alimentation dite « collective », qui a été distribuée à toutes les brebis de la fin gestation au dernier contrôle, et l'alimentation « individuelle » qui est répartie au distributeur automatique de concentrés (DAC).

Chaque fois, la nature, la quantité des fourrages et des concentrés étaient enregistrées en kilogramme (kg) de matière brute et sèche (MB et MS). Lorsqu'une ration était complémentaire du pâturage, les quantités ingérées à l'extérieur ont été estimées par la nature et le temps de pâturage.

L'alimentation était relevée à chaque contrôle laitier pour l'alimentation individuelle et collective.

Des analyses des fourrages ont été réalisées afin de d'estimer les valeurs alimentaires en unité fourragère lait par kg de MS (UFL/kg de MS), protéines digestibles dans l'intestin permises par l'azote par kg de MS (PDIN), et protéines digestibles dans l'intestin permises par l'énergie kg de MS (PDIE).

2.2.5. La collecte des données de reproduction

Afin de pouvoir catégoriser les élevages et leurs brebis suivant la conduite appliquée de nombreuses données concernant la reproduction ont été collectées :

- Le mode de reproduction : Insémination animale (IA), monte naturelle (MN).
- La date d'agnelage : les mises bas s'étalent de septembre à décembre pour les élevages Lacaune, et d'octobre à décembre pour les Pyrénées-Atlantiques.
- L'âge à l'agnelage : L'âge à la première mise bas est de 1 an pour les Lacaune, 1 ou 2 ans pour les Manech tête rousse, 1,5 ans pour les Basco-Béarnaises, et de 2 ans pour les Manech Tête Noire.
- Le nombre d'agneaux à la mise bas/ brebis : autrement dit la prolificité (1-5).
- Le numéro de lactation : nombre de lactations réalisées par la brebis, autrement dit le rang de lactation (1-12).

On s'aperçoit assez rapidement qu'il y a une certaine disparité entre les différents bassins de production et également entre les races. Comme pour les autres données, elles étaient renseignées par le technicien qui suit l'élevage et sont transmises sur SIEOL.

2.3. Création des bases de données pour les traitements statistiques

Après collecte de toutes les informations, ces dernières ont été transcrites sous fichier Excel, afin de pouvoir par la suite être traitées sous le logiciel R. Par choix de facilité et par manque de temps nous avons décidé de ne traiter que les données collectées sur la campagne 2021 pour l'alimentation.

Assez rapidement il est apparu nécessaire de séparer les deux bassins de productions pour tous les traitements, car les conduites d'élevages différent grandement, ce qui n'avait pas de sens pour le collectif de réaliser une analyse conjointe.

2.3.1. Base de données NEC

Au cours d'un stage de fin d'étude, une étudiante a constitué et mis en forme une base sur les données NEC en 2021 en lien avec le projet SMARTER. (*MACHEFERT, 2021*)

Il a été nécessaire pour elle de faire des retraitements et d'imputer certaines données, car il manquait des notes pour certaines brebis. Pour obtenir une base de données propre et complète, elle a donc fait le choix d'estimer la note lorsqu'elle était manquante en fonction des notes précédentes et/ou suivantes de la brebis en question, tout en regardant la tendance d'évolution des NEC des autres brebis similaires au niveau du stade physiologique dans le même élevage.

Le fichier se compose d'une ligne par brebis avec comme variable les points NEC au nombre de 5, c'est-à-dire la période clé au cours de laquelle l'état corporel a été évalué.

Tableau 8 : Estimation de la quantité totale d'herbe en kg de matière sèche ingérée en fonction du temps de pâturage suivant le bassin de production (CNBL, 2019).

Temps de présence au pâturage (en heures)	Estimation de la quantité totale en kg de matière sèche ingérée	
	Lacaune	Pyrénées-Atlantiques
2	0,8	0,4
4	1,1	0,8
6		1
8		1,2

2.3.2. Base de données alimentation

Pour calculer les apports alimentaires apportés sur la campagne, nous possédions deux fichiers Excel :

- Un fichier « alimentation collective », constitué de la ration distribuée au troupeau : la date de la ration, la nature de l'aliment, la quantité en kg de matière brute et sèche distribuée, le pourcentage de matière sèche, et les valeurs alimentaires (UFL, PDIN, PDIE). En moyenne 3 aliments sont distribués avec un maximum de 11 aliments différents en même temps. Chaque élevage possédait au minimum une ration fin gestation, un allaitement, et 6 rations traite. Certains avaient 3 rations différentes sur la fin gestation et 2 durant l'allaitement.
- Un fichier « alimentation individuelle », comprenant la ration distribuée au DAC : le numéro de contrôle laitier, les quantités distribuées en matière brute et sèche, le nom de l'aliment et les valeurs alimentaires (UFL, PDIN, PDIE). Il peut y avoir jusqu'à deux aliments différents distribués. Un des élevages des Pyrénées-Atlantiques en MTR ne possède pas de données pour les quantités distribuées en matière brute, on possède uniquement les valeurs alimentaires. Nous avons donc préféré écarter cet élevage pour la partie dédiée à l'alimentation aux vues de ces données manquantes.

Certaines rations étaient faites en prenant en compte le pâturage, pratique difficile à estimer au niveau qualitatif et quantitatif. Même si aujourd'hui des références existent sur la quantité d'herbe ingérée suivant le temps de pâturage, on ne connaît pas la réelle valeur alimentaire du pâturage (*Cf. tableau 8*).

Il est donc difficile d'estimer les apports, c'est pourquoi nous avons pris la décision de ne pas prendre en compte les rations composées uniquement de pâturage. Les Pyrénées-Atlantiques ayant du pâturage sur une bonne partie de l'année, nous ne pouvions pas supprimer toutes les rations composées de pâturage.

2.3.3. Base de données des performances techniques

Le dernier et plus volumineux fichier est le tableur Excel regroupant les données laitières : production laitière (en litre/contrôle, par jour, par lactation totale), le TB, TP, l'urée, les CCS, la durée de traite en jours, ainsi que les composants fins du lait à savoir 67 AG différents et 8 lactoprotéines.

Ce fichier comportait les numéros de cheptel de chaque élevage comme les deux fichiers précédents.

Cette base de données a rapidement été fusionnée avec les données NEC afin d'avoir toutes les performances techniques dans le même fichier. Comme effectué précédemment, les deux bases ont été jointes par les numéros de cheptel et les numéros d'identification des brebis.

ELV = N° Elevage, RQ = Bassin de Roquefort, PA = Pyrénées-Atlantiques
 Total UEM = Somme des UEM de chaque aliment/ ration

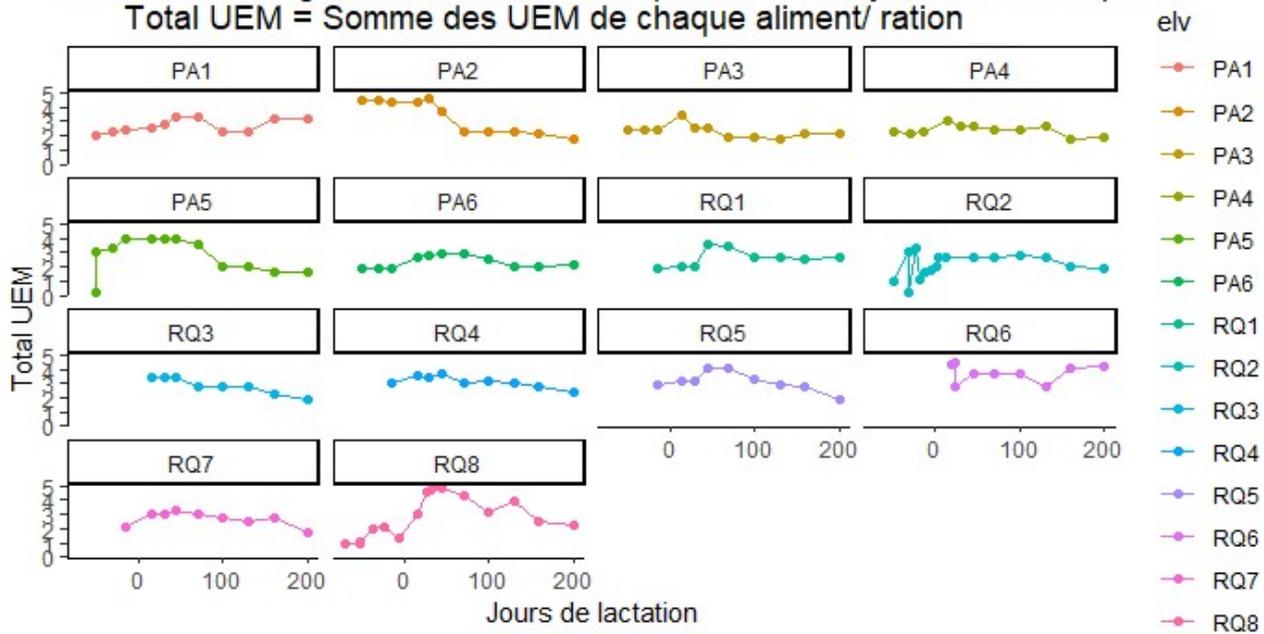


Figure 20 : Unités d'encombrement totaux journaliers par brebis en fonction de l'élevage suivant les jours de lactation (source personnelle).

2.4. Présentation de la méthodologie de traitement de données pour les bases de données SMARTER et IRMA

2.4.1. Analyse de la couverture des besoins alimentaires sur la période de lactation

Pour calculer les apports et les besoins alimentaires, nous nous sommes basés sur le système d'alimentation INRA 2007, car celui de 2018 n'est pas encore appliqué complètement dans les services techniques et les élevages.

Tout d'abord, afin d'estimer au plus proche les quantités réellement ingérées par les brebis nous avons utilisé les unités d'encombrement pour chaque aliment de la base « collective ». Par la suite, le but était de calculer également la capacité d'ingestion des brebis pour déterminer les quantités réellement ingérées. Mais tous les aliments ne possédaient pas une valeur UEM (Unité d'Encombrement Mouton), il a donc fallu estimer cette valeur avec des aliments issus des tables INRAE 2007 et qui avaient un intitulé et des valeurs alimentaires proches de l'aliment en question.

De plus, aucun concentré n'avait de valeurs UEM, étant donné que cette dernière se calcule avec un effet de substitution.

Le premier travail a donc été d'attribuer une valeur UEM à tous les fourrages pour lesquels elle était absente. Pour calculer la Valeur d'Encombrement du Concentré (VEc), il fallait prendre en compte le taux de substitution global (Sg), qui correspond à la quantité de matière sèche ingérée supplémentaire, due à l'apport de concentrés dans la ration. Ce dernier se calcule comme suit :

$$Sg = 3,55 - (2,3 * VEf) \quad \text{avec} \quad VEf = \text{valeur d'Encombrement du Fourrage en UEM}$$

Pour notre situation, ayant plusieurs fourrages distribués par ration, la VEf correspond à la moyenne pondérée des UEM de chaque fourrage. Ce taux de substitution a été multiplié à la VEf moyenne ce qui nous a permis d'obtenir la VEc des concentrés distribués dans la ration. Ces étapes ont été répétées pour chaque ration, pour chaque élevage.

Après avoir terminé ce traitement, nous avons multiplié les quantités distribuées par les UEM afin de voir l'encombrement que représentait chaque ration. Des incohérences sont alors ressorties avec des valeurs d'encombrement qui varient fortement pour quelques élevages sur les périodes de fin gestation et d'allaitement. On peut observer aussi des rations qui distribuent jusqu'à 5 UEM/jours/brebis ce qui est réellement impossible sans avoir de nombreux refus (*Cf. figure 20*).

Ces incohérences sont principalement dues au pâturage qui peut être mal estimé ou bien parce que les rations ont été mal interprétées par le technicien ou lors de nos calculs.

Pour éviter de prendre de risque et de manipuler des données erronées, nous avons fait le choix de sélectionner uniquement les rations collectives distribuées sur la période de lactation et donc relevées lors des contrôles laitiers.

Les valeurs UEM étant peu fiables, nous avons décidé de garder les apports alimentaires comme indiqué dans les calendriers d'alimentation.

Ensuite, toujours à partir du fichier alimentation « collective », nous avons calculé la somme des UFL, PDIN, PDIE, qui étaient apportées à chaque ration, afin de connaître les apports alimentaires. En effet, pour définir si les besoins alimentaires d'une brebis sont couverts par la ration, il est nécessaire de calculer les apports journaliers en UFL et PDI (Protéines digestibles dans l'intestin) :

$$\begin{aligned} \text{Quantité totale en UFL distribué dans la ration collective} &= \text{UFL} \times \text{quantité aliment kg ms,} \\ \text{Quantité totale en PDIE distribué dans la ration collective} &= \text{PDIE} \times \text{quantité aliment kg ms,} \\ \text{Quantité totale en PDIN distribué dans la ration collective} &= \text{PDIN} \times \text{quantité aliment kg ms} \end{aligned}$$

Tableau 9 : Estimation des poids vif en kg suivant la race et le rang de lactation (source personnelle).

Races	Poids vif en kg	
	Primipares	Multipares
Lacaune	60	70
Basco-Béarnaise	50	60
Manech Tête Noire et Rousse	45	55

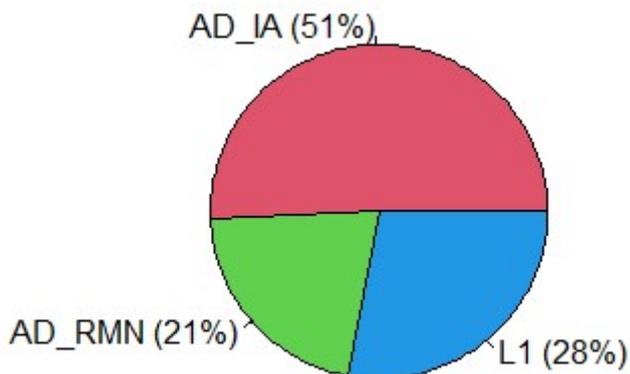


Figure 21 : Répartition des modes de reproduction pour le bassin de Roquefort (source personnelle).

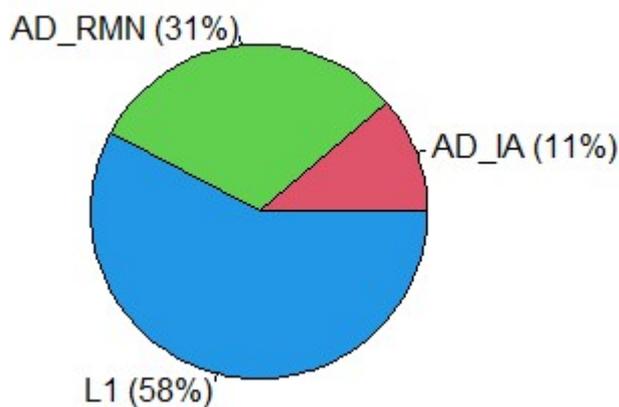


Figure 23 : Répartition des modes de reproduction sur le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).

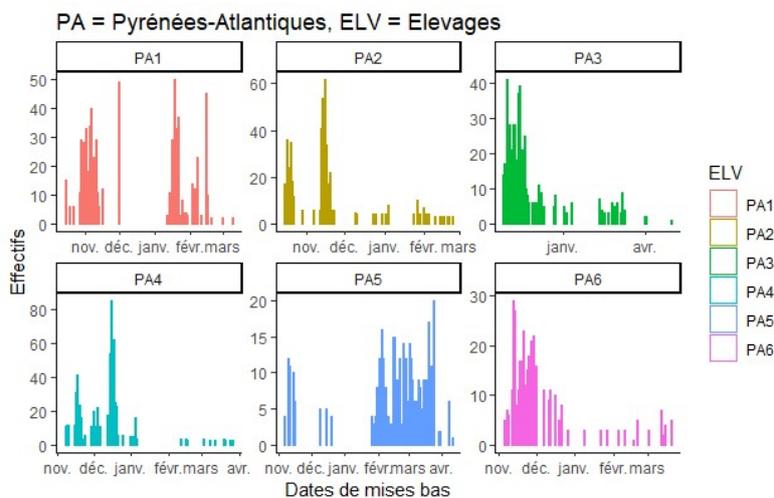


Figure 22 : Répartition des mises bas pour le bassin de Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).

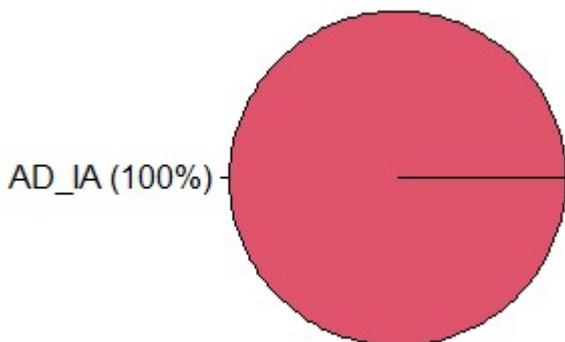


Figure 24 : Répartition des modes de reproduction pour le nouvel échantillon du bassin de Roquefort (source personnelle).

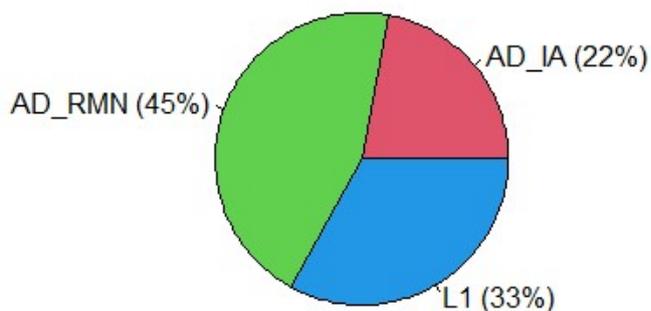


Figure 25 : Répartition des modes de reproduction pour le nouvel échantillon du bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).

Chaque brebis possède une ligne par ration et non une ligne par aliment comme dans le fichier initial. On connaît l'apport total en UFL, PDIN, PDIE par la ration collective pour chaque brebis en fonction de la date sur la campagne.

Un premier tri a été réalisé afin de supprimer les données « NA » (données manquantes) au niveau des données alimentaires. Les mêmes étapes ont été répétées pour l'alimentation au DAC dite « individuelle ».

Nous avons ensuite pu joindre les deux fichiers d'alimentation par le numéro de cheptel, d'identification des brebis, et le numéro de contrôle.

Nous avons additionné les apports alimentaires collectifs et individuels afin d'avoir les apports totaux journaliers.

Le fichier alimentation était prêt à être utilisé, nous avons voulu fusionner toutes les bases de données entre elles, nous les avons jointées par le numéro de cheptel, d'identification de la brebis, et le numéro de contrôle.

Ensuite, pour définir si les besoins alimentaires d'une brebis sont couverts par la ration, il est nécessaire de calculer ses besoins journaliers en UFL et PDI. Les équations INRAE sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Besoins en UFL} &= (0.033 \times \text{poids vif}^{0.75}) + (0.71 \times \text{production laitière standardisée}), \\ \text{Besoins en PDI} &= (2.5 \times \text{poids vif}^{0.75}) + ((\text{production laitière/jour} \times \text{TP}) / 0.58), \end{aligned}$$

Il a fallu créer de nouvelles variables pour calculer ces nouveaux paramètres : pour estimer le poids vif (PV), nous avons utilisé des poids vifs moyen standard suivant la race et le rang de lactation. Nous avons pris un écart de 10 kg entre les primipares et les multipares (Cf. tableau 9).

Ensuite, pour convertir les performances laitières en production laitière standardisée (PLS), nous avons utilisé l'équation suivante (équation INRAE) :

$$\text{PLS} = \text{production laitière/jours} \times (0.0071 \times \text{TB} + 0.0043 \times \text{TP} + 0.2224),$$

Nous avons alors rencontré un premier problème, car même si nous avons les besoins alimentaires pour toutes les brebis, la ration distribuée était celle pour le lot d'IA pour le bassin de Roquefort, et pour le lot principal de mise bas pour les Pyrénées-Atlantiques.

L'alimentation n'est pas la même pour toutes les brebis et donc nous ne connaissions pas les réels apports pour les brebis en monte naturelle et les retours pour le bassin de Roquefort et les brebis tardives pour les Pyrénées-Atlantiques. De plus les primipares ont des besoins de croissance que nous ne prenons pas en compte dans les équations ci-dessus.

Nous avons donc fait le choix de sélectionner les brebis pour lesquelles nous connaissions les rations qu'elles avaient reçu pour avoir des résultats les plus fiables possibles :

Pour le rayon de Roquefort, nous avons sélectionné les brebis multipares (rang de lactation maximum de 9) qui étaient dans le groupe de reproduction à l'insémination animale (AD_IA) (Cf. figure 21 et 24).

Pour les Pyrénées-Atlantiques, le choix a été plus difficile, il a été observé la répartition des mise bas sur l'année et il a été sélectionnées les brebis qui avaient agnelé sur le pic de mise bas, ce qui correspondait à un intervalle d'environ 15 jours (Cf. figure 22 et 23). Dans les cas où le pic n'était pas marqué, ou qu'il y en avait plusieurs, il a été choisi le pic avant le premier contrôle laitier. Ensuite, sachant que les MTN mettent bas pour la première fois à 2 ans il a été sélectionné uniquement les multipares pour les MTR et les Basco-Béarnaise, alors que pour les MTN il a été pris les primipares et les multipares (Cf. figure 25).

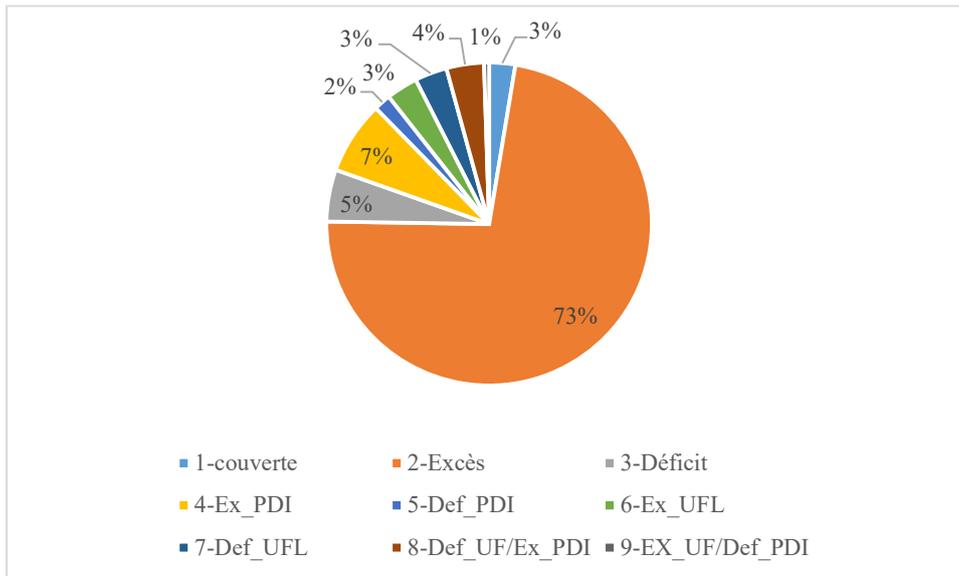


Figure 26 : Répartition des bilans nutritionnel sur l'ensemble des élevages (source personnelle).

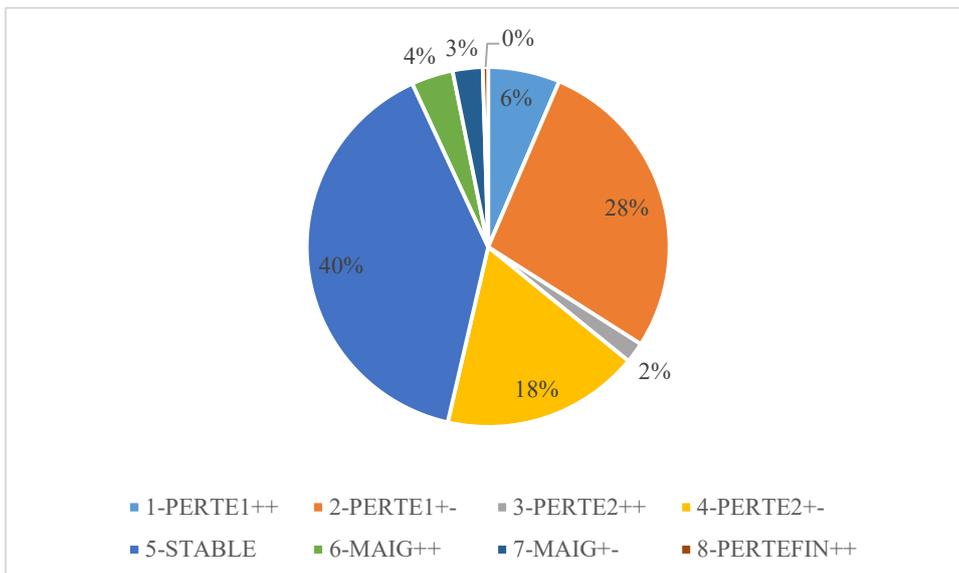


Figure 27 : Répartition des profils en fonction de la variation de la NEC pendant le début de lactation sur le bassin de Roquefort (source personnelle)..

A présent que les deux échantillons ont été créés, il a pu être possible d'analyser la couverture des besoins alimentaires de chaque brebis. Une autre variable a été créée : il a été soustrait les apports totaux en UFL/ jour aux besoins UFL journaliers pour chaque brebis. Il a été fait la même chose pour les PDI en prenant le facteur limitant, PDIN ou PDIE. Pour cette variable nous n'avons sélectionné que les 3 premiers contrôles, car nous nous intéressons au début de lactation et non à la campagne entière.

Afin de laisser une marge d'erreur, il a été pris un écart de 0,1 UFL et de 15 g pour les PDI, pour affirmer qu'il existe un réel déséquilibre entre les apports et les besoins, ce qui a permis d'obtenir différents profils nutritionnels (Cf. figure 26) :

- Couvertes : les brebis couvertes autant en UFL que pour les PDI,
- Déficit : en déficit autant pour les UFL que pour les PDI,
- Excès : en excès autant pour les UFL que pour les PDI,
- Ex_PDI : couvertes sur les UFL, mais en excès pour les PDI,
- Def_PDI : couvertes sur les UFL, mais en déficit sur les PDI,
- EX_UFL : en excès sur les UFL, mais couvertes sur les PDI,
- Def_UFL : en déficit sur les UFL, mais couvertes sur les PDI,
- Def_UF/Ex_PDI : en déficit sur les UFL, et en excès sur les PDI,
- Ex_UFL/Def_PDI : en excès sur les UFL, et en déficit sur les PDI

2.4.2. Création de profil de brebis suivant leur variation de NEC sur le début de lactation

Par manque de temps, les traitements statistiques n'ont été réalisés que sur le bassin de Roquefort, pour lequel les données étaient les plus fiables et nombreuses.

L'échantillon n'est pas le même que le précédent, car il comporte les données des campagnes 2020 et 2021, de plus certaines brebis ont été ajoutées car elles avaient été écartées pour les traitements statistiques liés à l'alimentation, car elles ne possédaient pas de données alimentation.

Comme vu précédemment, les points NEC qui encadrent le début et la fin de la période étudiée, c'est-à-dire le début de lactation, sont le point 1 et 3. Pour rappel, le point NEC 1 est égal à la fin gestation, tandis que le point NEC 3 le premier contrôle laitier.

Nous avons donc voulu étudier la variation de NEC des brebis entre ces deux points afin d'évaluer les brebis qui avaient le plus mobilisé leurs tissus adipeux sur cette période. En aval de cette manipulation, nous avons filtré les brebis avec des données NEC manquantes sur les pointages en question. Après avoir étudié les courbes de variation entre les différents élevages, nous avons constitué des groupes de brebis suivant leur profil de NEC sur cette période (Cf. figure 27) :

- « **Stable** » : il représente les brebis qui ont une NEC1 supérieure à 2,5 mais inférieure à 3, et qui n'ont aucune variation entre les points 1 et 2, et 2 et 3.
Dans ce profil, on prend aussi les brebis qui ont une NEC supérieure ou égale à 3, perdant moins de 0,5 point entre la fin gestation et l'allaitement, et maximum 0,25 point de l'allaitement au premier contrôle.
Enfin, pour les brebis grasses à la NEC1 (supérieure ou égale à 3,25), on insère celle qui ont un écart de moins de 0,5 entre les points 1 et 2, et égale ou inférieure à 0,5 entre le point 1 et 3.
- « **3-Perte2++** » : Il représente les brebis qui débutent la lactation avec une NEC supérieure ou égale à 2,75 et maigrissent de minimum 0,75 points entre le point 1 et 2. Ces brebis ont la caractéristique de perdre encore de l'état entre le point 2 et 3.

Tableau 10 : Répartition des profils de brebis suivant la variation de la NEC sur le début de lactation en fonction des élevages pour le bassin de Roquefort (source personnelle).

Elevage	RQ1	RQ2	RQ3	RQ4	RQ5	RQ6	RQ7	RQ8	Totaux
Effectifs	390	509	377	660	472	500	375	282	3 565
1-PERTE1++	10 %	0 %	0 %	11 %	16%	0 %	10 %	1 %	6 %
2-PERTE1+-	27 %	9 %	25 %	37 %	31 %	34 %	29 %	28 %	27 %
3-PERTE2++	1 %	0%	0 %	6 %	3 %	0 %	3 %	0 %	2 %
4-PERTE2+-	12 %	0 %	4 %	35 %	36 %	11 %	19 %	12 %	18 %
5-STABLE	45 %	86 %	60 %	8 %	6 %	54 %	15 %	56 %	39 %
6-MAIG++	1 %	0 %	1 %	3 %	8 %	0 %	19 %	0 %	4 %
7-MAIG+-	1 %	5 %	10 %	0 %	0 %	0 %	4 %	3 %	3 %
8-PERTEFIN++	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	1 %
Totaux (en %)	10 %	14 %	11 %	19 %	13 %	14 %	11 %	8 %	100 %

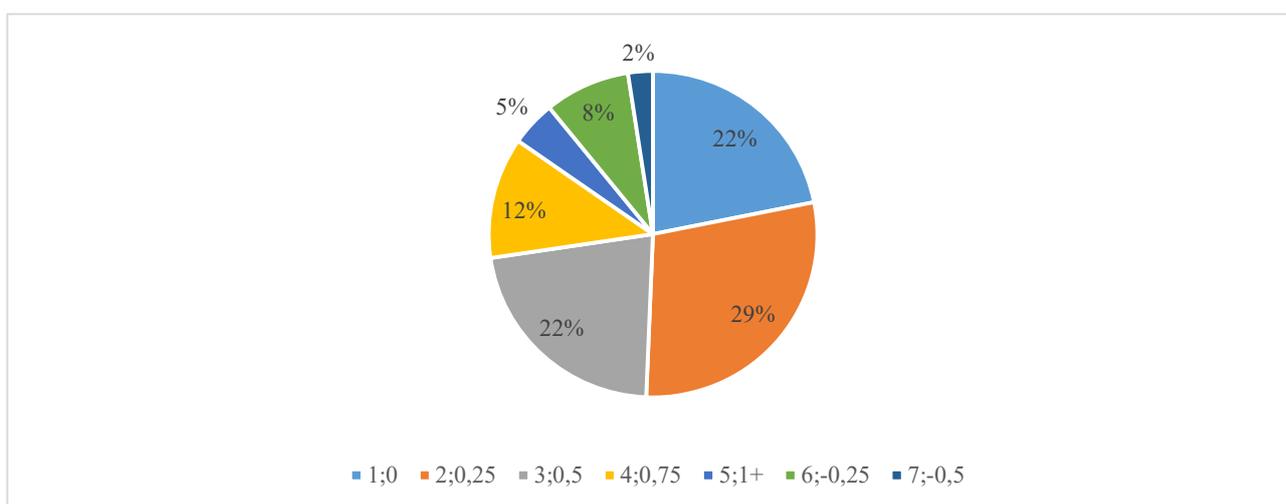


Figure 28 : Répartition des classes de NEC suivant la variation NEC1-NEC3 pour le bassin de Roquefort (source personnelle).

Tableau 11 : Répartition des classes en fonction de la variation de NEC entre le point 1 et 3 sur les élevages du bassin de Roquefort (source personnelle).

Elevages	RQ1	RQ2	RQ3	RQ4	RQ5	RQ6	RQ7	RQ8	Totaux
Effectifs	390	509	377	660	472	500	375	282	3565
1 ; 0	19 %	37 %	43 %	5 %	6 %	30 %	15 %	30 %	22 %
2 ; 0,25	33 %	24 %	29 %	18 %	21 %	49 %	25 %	38 %	29 %
3 ; 0,5	26 %	4 %	4%	38 %	39 %	12 %	30 %	16 %	22 %
4 ; 0,75	10 %	0 %	0 %	28 %	27 %	2%	17 %	4 %	12 %
5 ; 1+	5 %	0 %	0 %	12 %	7 %	0 %	7 %	0 %	5 %
6 ; -0,25	5 %	25 %	19%	0%	0%	6 %	5 %	11 %	8 %
7 ; -0,5 +	2 %	10 %	5 %	0 %	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %
(Brebis de l'élevage/total brebis)	10 %	14 %	11 %	19 %	13 %	14 %	11 %	8 %	100%

- « **4-Perte2+-** » : Celui-ci représente des brebis similaires au groupe précédent, mais qui se différencient par la variation entre le point 2 et 3, où soit les brebis restent stables ou bien prennent de l'état.
- « **1-Perte1++** » : les brebis sont notées avec une note supérieure ou égale à 2,75 à la fin gestation, perdent entre 0,25 et moins de 0,75 jusqu'à l'allaitement. Ces brebis continuent à perdre de l'état entre le point 2 et 3.
- « **2-Perte1+-** » : les brebis démarrent la lactation à la même note que le groupe précédent, subissent la même variation jusqu'à l'allaitement, mais parviennent à reprendre de l'état entre le point 2 et 3.
- « **8-pertefin++** » : elles sont toujours avec une NEC1 supérieure ou égale à 2,75, mais elles restent stables ou bien perdent de l'état entre les points 1 et 2, et continuent à maigrir de 0,5 ou plus entre les points 2 et 3.
- « **6-MAIG++** » : on intègre les brebis qui possèdent une NEC1 inférieure à 2,75 et qui ont une NEC 3 inférieure ou égale à celle-ci.
- « **7-MAIG +-** » : il représente les brebis notées également avec une NEC1 inférieure à 2,75, mais qui ont une NEC 3 supérieur à NEC1.

Comme nous pouvons le voir, ces profils sont très complets et précis, ce qui rend l'analyse par la suite plus longue (Cf. figure 27, p.25 ; et tableau 10).

Nous avons donc fait le choix de baser l'analyse statistique sur la différence de NEC entre la fin gestation et le premier contrôle (NEC1 – NEC3). Ce qui nous a permis de créer de nouvelles classes :

- 1 ; 0 : $NEC1-NEC3 = 0$ → Les brebis ont la même NEC à la fin gestation qu'à l'allaitement
- 2 ; 0,25 : $NEC1-NEC3 = 0,25$ → les brebis ont perdu 0,25 de NEC entre ces deux pointages,
- 3 ; 0,5 : $NEC1-NEC3 = 0,5$ → elles ont perdu 0,5 point,
- 4 ; 0,75 : $NEC1-NEC3 = 0,75$ → elles ont perdu 0,75 point,
- 5 ; 1+ : $NEC1-NEC3 \geq 1$ → elles ont perdu minimum 1 point de NEC,
- 6 ; -0,25 : $NEC1-NEC3 < 0$ et $\geq -0,25$ → elles ont gagné maximum 0,25 point,
- 7 ; -0,5+ : $NEC1-NEC3 \leq -0,5$ → elles ont gagné minimum 0,5 point de NEC.

(Cf. figure 28 et tableau 11)

2.4.3. Traitements statistique des performances laitières

Pour la suite de ce mémoire, nous n'avons analysé que les résultats des performances laitières sur le premier contrôle en race Lacaune, car c'est celui qui affiche le plus de différences entre les individus et c'est celui qui reflète le début de lactation et donc la période sur laquelle nous travaillons. De plus, nous possédions de nombreuses données sur les composants du lait, mais aux vues du temps imparti et de la bibliographie étudiée en amont, nous avons fait le choix de nous concentrer uniquement sur les différents acides gras du lait.

Pour les traitements statistiques, nous avons utilisé un test post-hoc de comparaisons multiples appelé test de Tukey. Ce dernier consiste à réaliser une analyse de variance (ANOVA) permettant d'étudier si les moyennes de groupe sont différentes. Dans notre cas les variables qualitatives sont les classes de variation de NEC, et les variables quantitatives les performances laitières et plus précisément les AG du lait. La première étape était de créer un modèle théorique en fonction de la problématique étudiée. Pour notre étude nous avons fait le choix de prendre en compte l'élevage, les jours de lactation, le rang de lactation et la campagne laitière (2020 ou 2021).

Tableau 12 : Présentation de l'échantillon utilisé pour le traitement des données alimentation (source personnelle).

Races	Lacaune (RQ1-8)			Basco-Béarnaise (PA1 et 5)			Manech Tête Noire (PA3 et 6)			Manech Tête Rouse (PA2 et 4)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Numéro de contrôle laitier	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Effectifs	1982	1964	1935	66	67	61	145	150	146	42	44	44
Apports totaux UFL/jours/brebis	3,1	2,8	2,5	2,4	2,4	2,24	2,3	2,3	2,2	2,4	2,4	2,4
Apports totaux en g de PDI/jours/brebis	421	371	340	323	320	306	306	317	298	319	319	320

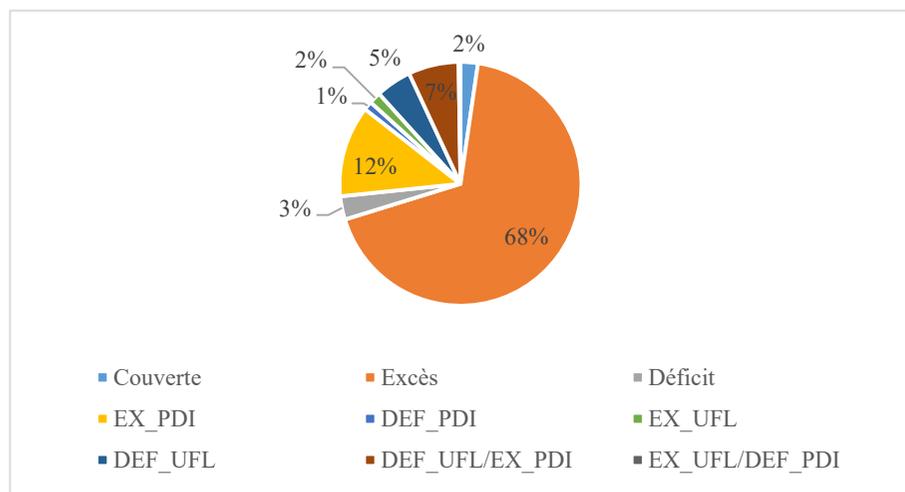


Figure 29 : Répartition des bilans nutritionnels sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (source personnelle).

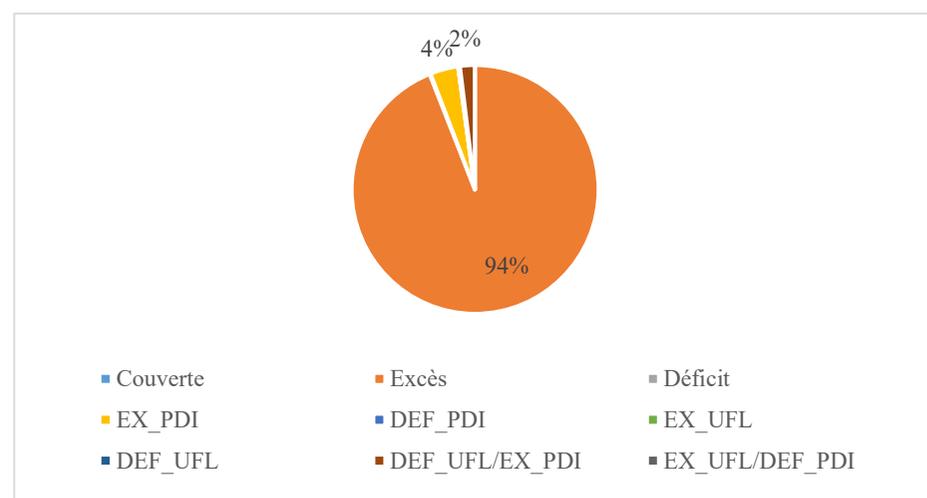


Figure 30 : Répartition des bilans nutritionnels sur les trois premiers contrôles pour le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).

3. Résultats de l'étude

3.1. Description de la couverture des besoins alimentaires sur les trois premiers contrôles

3.1.1. Présentation générale des élevages échantillonnés

Après avoir créé un nouvel échantillon à partir de la base de données de SMARTER, nous avons attribué un numéro à chaque élevage afin de garder l'anonymat, enfin nous avons séparé les deux bassins de productions pour chaque analyse :

- Les élevages nommés « RQ » sont situés dans le bassin de Roquefort avec des brebis de race Lacaune. Sur les trois premiers contrôles, ce bassin compte en moyenne 1960 brebis par contrôle, soit environ 245 brebis par élevage par contrôle.
- Les exploitations intitulées « PA » sont localisées dans les Pyrénées-Atlantiques (PA), avec en moyenne 128 brebis par contrôle toutes races confondues.
Les élevages « PA1 » et « PA5 » sont composés de brebis de race Basco-Béarnaises, avec environ 65 brebis/contrôle, soit 32 brebis/ élevage/ contrôle en moyenne.
Les exploitations « PA3 » et « PA6 » sont conduites en race Manech Tête Noire, avec 147 brebis/ contrôle, soit 74 brebis/élevages/contrôle en moyenne.
Enfin, les cheptels « PA2 » et « PA4 » élèvent des brebis de race Manech Tête Rousse, représentant 43 brebis/ contrôle soit 21 brebis/élevage/contrôle.

Les MTN sont celles qui ont les effectifs les plus élevés car nous avons sélectionné aussi les primipares contrairement aux deux autres races pyrénéennes (*Cf. tableau 12*).

3.1.2. Apports UFL et PDI sur les trois premiers contrôles

Les élevages du rayon de Roquefort apportent en moyenne sur la campagne laitière 2,8 UFL/jour/brebis et 378 g de PDI/jour/brebis, avec un apport au premier contrôle de 3,1 UFL/jour/brebis et 421 g de PDI/jour/brebis. (*Cf. tableau 12, Annexes 1 et 2*).

Les recommandations établies par l'INRA préconisent de distribuer 2,55 UFL/jour/brebis et 303 g de PDI/jour/brebis sur la période de lactation pour couvrir les besoins d'entretien et de lactation. Ces derniers sont estimés pour une brebis de 70kg de race Lacaune produisant 2,8 l/jour et 66g/l de TB et 48 g/l de TP. La moyenne de notre échantillon « RQ » sur les trois contrôles est de 2,6 l/brebis/jour, 68 g/l de TB et 57 g/l de TP, les rations sont distribuées bien au-dessus des recommandations.

Pour les élevages du bassin de l'Ossau-Iraty, ils distribuent en moyenne 2,3 UFL/jour/brebis et 311 g de PDI/jour/brebis, avec une ration moyenne de 2,4 UFL/jour/brebis et 313 g de PDI/jour/brebis (*Cf. tableau 12, Annexes 3 et 4*).

Les recommandations de l'INRA, conseillent une ration répartissant 1,88 UFL/jour/brebis et 224 g de PDI/jour/brebis sur la période de lactation afin de couvrir les besoins d'entretien et de lactation. Ces derniers sont estimés à partir d'une Manech tête rousse de 55 kg avec une production laitière de 2 l/jour, 61 g/l de TB et 48 g/l de TP. La moyenne de l'échantillon « PA » sur les trois contrôles est de 1,6 l/brebis/jour, 63 g/l de TB et 51 g/l de TP. La production laitière est inférieure à la brebis de référence, mais les taux sont plus élevés, les apports sont encore une fois plus haut que les recommandations.

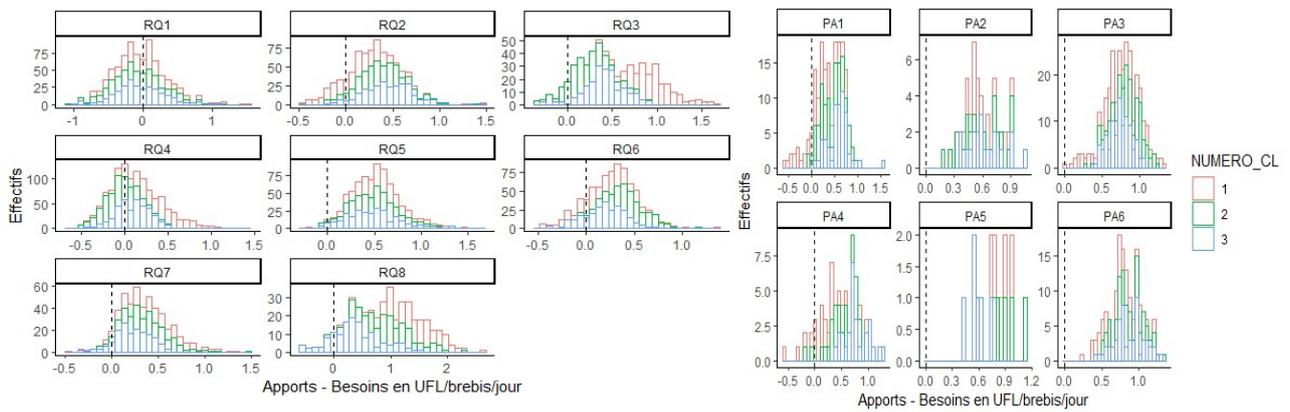


Figure 31 : Différence entre les apports et les besoins en UFL sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (RQ) et des Pyrénées-Atlantiques (PA) (source personnelle).

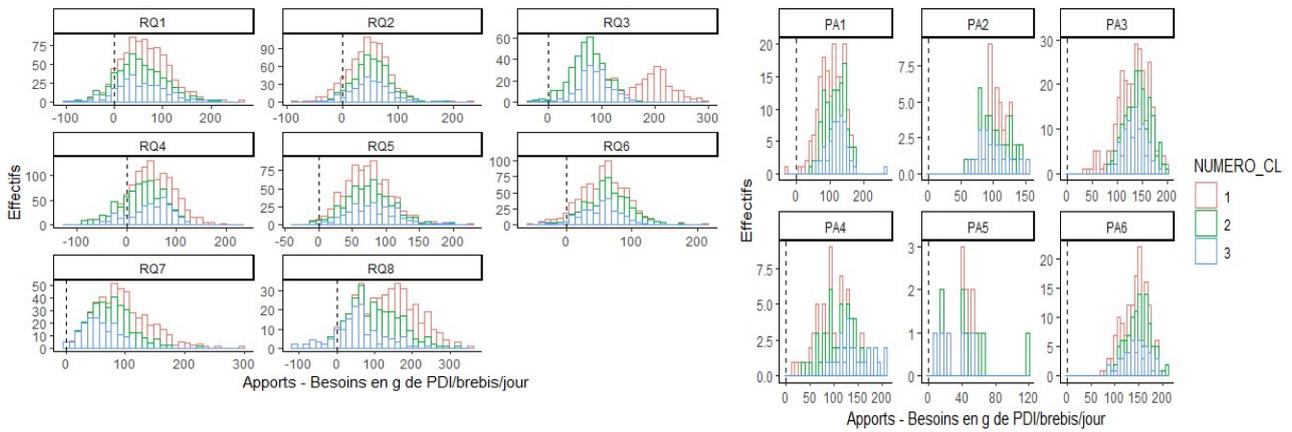


Figure 32 : Différence entre les apports et les besoins en PDI sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (RQ) et des Pyrénées-Atlantiques (PA) (source personnelle).

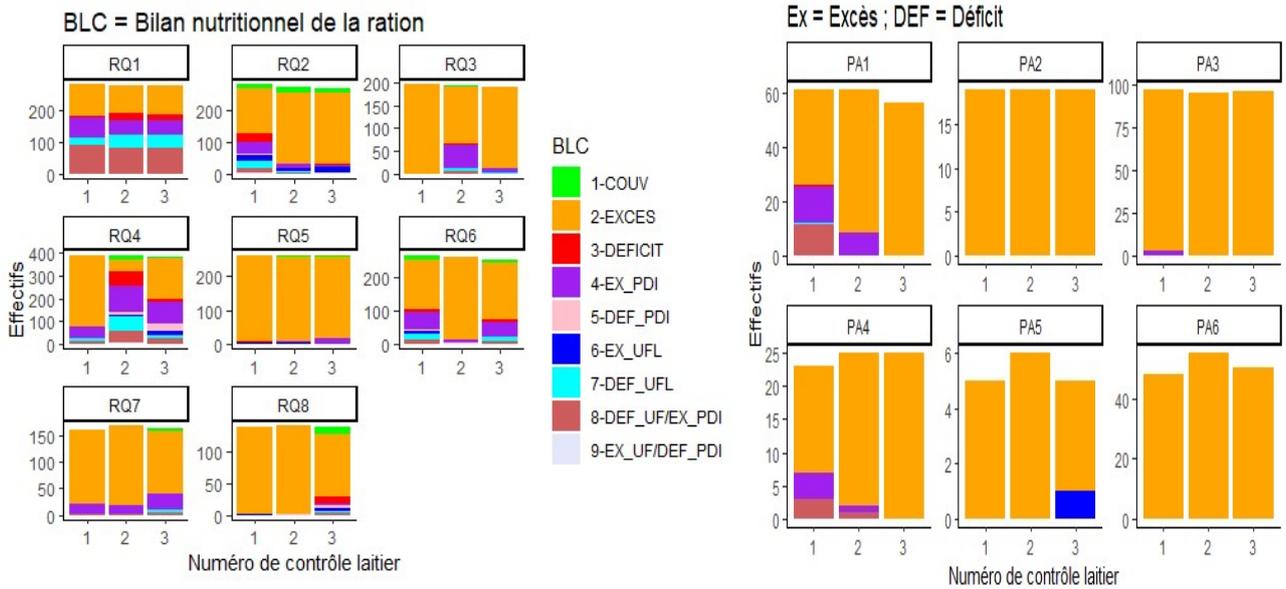


Figure 33 : Bilan nutritionnel sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (RQ) et des Pyrénées-Atlantiques (PA) (source personnelle).

En moyenne, les élevages Lacaune ont des rations plus élevées en UFL et PDI que les Pyrénées-Atlantiques. Au troisième contrôle, l'écart entre les deux bassins est moins fort, car le rayon de Roquefort diminue plus vite la qualité de ses apports par rapport aux Pyrénées-Atlantiques.

3.1.3. Couverture des besoins alimentaires sur les trois premiers contrôles

Sur les graphiques, l'axe se positionnant sur le zéro des abscisses représente l'équilibre entre les apports et les besoins, les brebis se positionnant à droite sont en excès et à l'inverse celles à gauche en déficit.

Pour les UFL, on remarque que pour le bassin de Roquefort, les élevages couvrent généralement 80 % des besoins de leur troupeau. C'est généralement l'objectif des éleveurs, afin de couvrir la brebis cible qui représente 80 % des besoins du troupeau en UFL. Malgré cette tendance, on observe tout de même des élevages qui ne couvrent que 50 % de leurs brebis ce qui permet seulement de couvrir la brebis moyenne, plutôt que la brebis cible (Cf. figure 31).

A part quelques élevages, on ne remarque pas une différence de la couverture des besoins suivant les contrôles. L'alimentation semble donc bien ajustée en fonction de la production et donc des besoins.

Du côté des Pyrénées-Atlantiques, les brebis sont couvertes au minimum à 80 % voir presque 100 %. Ce résultat peut s'expliquer par les données des pâturages qui viennent gonfler les valeurs alimentaires des rations, ou encore des quantités qui ne sont pas réellement ingérées (Cf. figure 31).

Même analyse pour la couverture des PDI, les élevages sont tous couverts pour au moins 80 % avec un extrême allant jusqu'à plus de 300 g de PDI/jours/brebis en excès. Ces derniers sont plus forts que pour les UFL, ce qui s'explique car on tolère plus de déficit sur les UFL que sur les PDI, car les brebis peuvent mobiliser leurs réserves corporelles pour combler ce déficit énergétique, mais elles ne peuvent pas le faire pour les PDI qui sont tous issus de l'alimentation (Cf. figure 32).

Après avoir étudié les graphiques sur la couverture des besoins en UFL et PDI, nous avons regardé la répartition des brebis au niveau de leur bilan nutritionnel sur ces trois premiers contrôles.

Autant pour les deux bassins de production nous avons une majorité de brebis qui sont en excès soit pour les UFL, les PDI ou bien pour les deux (82 % pour Roquefort et 98 % pour les Pyrénées-Atlantiques), ce qui vient s'expliquer par les résultats précédents.

On comptabilise majoritairement des excès de PDI, alors que les déficits sont principalement dus aux UFL, ce qui vient conforter notre problématique en lien avec des brebis couvertes pour la plupart au niveau des PDI mais en déficit sur les UFL, ce qui les oblige à mobiliser leurs réserves corporelles. (Cf. figures 29, 30, p.27 ; et figure 33)

3.2. Lien entre la variation d'état corporel et la couverture des besoins alimentaires sur le début de lactation

On s'aperçoit rapidement que les variations de NEC intra bassin et élevages ne sont pas les mêmes.

Pour les élevages du sud du Massif central, les brebis terminent leur gestation avec une note moyenne de 3 pour commencer leur lactation commerciale à 2,7 environ, avec donc une perte d'un peu plus d'un quart de point (0,3).

Avant la lutte (point 4), on retrouve les brebis à leur note initiale de début de campagne (NEC=3), les brebis mobilisent bien leurs réserves corporelles sur cette période et parviennent à les reconstituer après le début de la traite commerciale (Cf. figure 34, p.29).

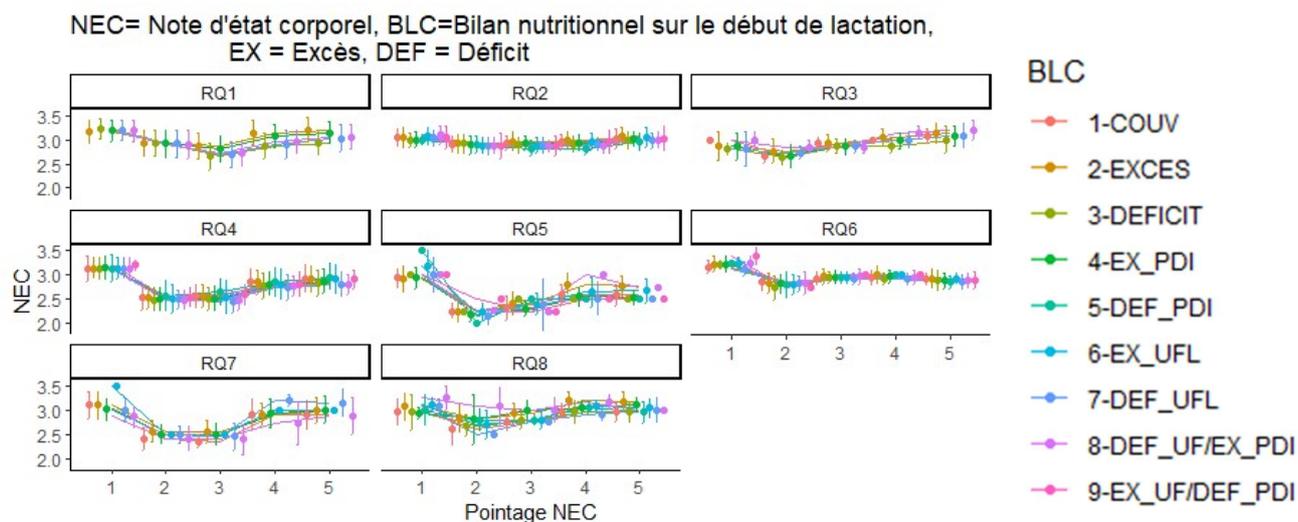


Figure 34 : Evolution de la NEC sur la campagne laitière en fonction des élevages et du bilan nutritionnel sur les trois premiers contrôles pour le bassin de Roquefort (source personnelle).

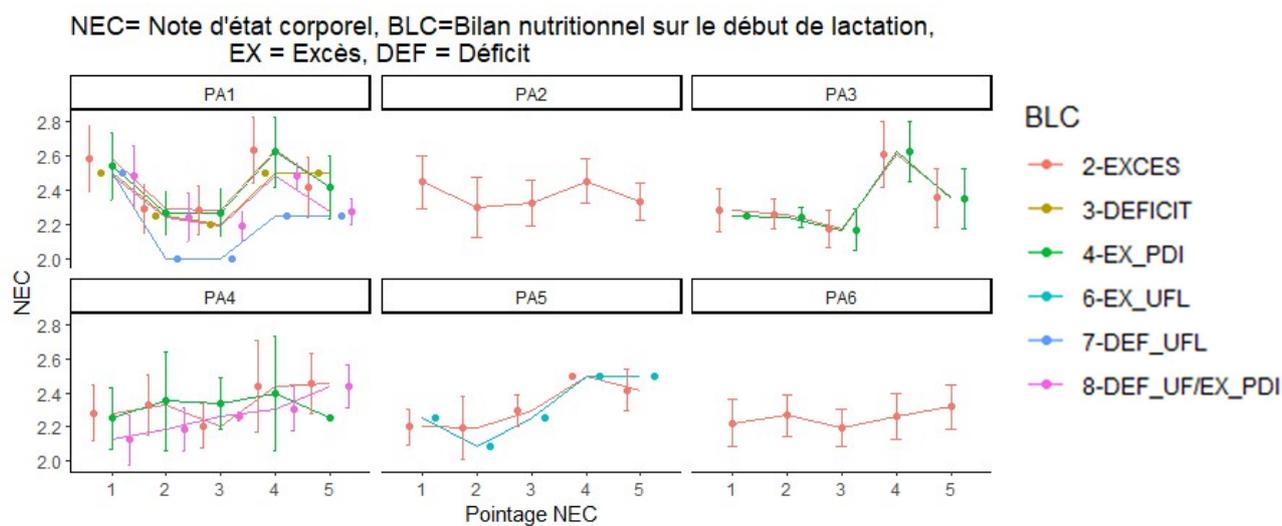


Figure 35 : Evolution de la NEC sur la campagne laitière en fonction des élevages et du bilan nutritionnel sur les trois premiers contrôles pour le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).

Pour les exploitations basques et béarnaises, les brebis arrivent à la mise bas avec des NEC proche de 2,3 et commencent leur période de traite à 2,2 pour la terminer à 2,4. Il y a donc une très faible variation sur le début de lactation (*Cf. figure 35*).

Pour la majorité des élevages, on observe une tendance à perdre de l'état entre le point 1 et 3, (entre la fin gestation et le premier contrôle), et reprendre de l'état au point 4, qui correspond à avant la lutte.

Les Lacaune peuvent puiser dans leurs tissus adipeux de manière importante sur un laps de temps assez important (1 mois d'allaitement), sans pour autant que cela n'affecte leur santé et leur production à l'instant t. Elles parviennent ensuite à reprendre de l'état rapidement dès que les conditions sont plus favorables pour elles. Elles ont donc une forte capacité à constituer et à déstocker leurs réserves corporelles (*Cf. figures 34 et 35*).

Cette caractéristique ressemble au pouvoir accordéon que l'on attribue à certaines races rustiques bovines qui peuvent se permettre de puiser dans leurs réserves corporelles durant la période hivernale, et reprendre de l'état au printemps lors de la mise à l'herbe, avec une alimentation plus qualitative.

En relation avec les bilans nutritionnels établis précédemment, on peut voir sur certains élevages que les brebis déficitaires en UFL ont une courbe moyenne de leur NEC inférieure aux autres brebis en excès ou couvertes. Cette différence est plus ou moins visible suivant les élevages, elle se voit bien avec les élevages des PA dont l'échelle des ordonnées est plus restreinte (*Cf. figures 34 et 35*).

Dans les systèmes du Nord-Occitanie, il est accepté une perte d'état de 0,5 point en fin allaitement si les brebis sont à 3 et plus à la mise bas. Dans notre cas, si l'on observe seulement la moyenne, les recommandations sont respectées, car les brebis ont une moyenne de 3 en fin gestation et perdent en moyenne 0,3 point. Néanmoins on remarque que certains élevages perdent plus de 0,5 point entre la fin gestation et le premier contrôle, malgré qu'ils parviennent à revenir à la NEC initiale au point 4 (*Comité Nationale des Brebis Laitières, 2019*).

Pour les Pyrénées-Atlantiques, les recommandations ne sont pas identiques suivant si les élevages sont transhumants ou non. Pour les troupeaux basco-béarnais transhumants, il est recommandé d'avoir une NEC de 2,5 en fin de gestation, de ne pas descendre en dessous d'une note plancher de 2 en période d'allaitement, et de 2,5 à 3 en fin de printemps. Dans notre étude les élevages en basco-béarnaise sont PA1 et PA5 : le premier respecte les recommandations avec des brebis autour de 2,6 en fin gestation avec une moyenne de 2 en allaitement. Pour le second, il arrive à la mise bas avec des brebis à 2,2 de moyenne, et ne descend pas plus bas que 2 pendant l'allaitement, il a donc eu des animaux avec un état d'engraissement plus faible pendant la mise bas par rapport à son homologue (*Comité Nationale des Brebis Laitières, 2019*).

Pour les Manech, il est conseillé de viser une NEC de 2,5 en fin gestation pour les troupeaux en estives, et pour celles non transhumantes entre 2,5 et 3 durant la fin gestation. Il est recommandé d'être situé entre 2 et 2,5 en période d'allaitement quelle que soit la conduite. Nous ne savons pas quels sont les élevages qui transhument et ceux qui sont sédentaires, mais la majorité n'atteignent pas les 2,5 de moyenne à la fin gestation. Néanmoins, ils ne descendent pas en dessous de la note plancher qui est de 2 (*Comité Nationale des Brebis Laitières, 2019*).

Tableau 13 : Proportion des AGC (<C11) dans le lait en fonction de la différence entre NEC1 et 3 (source personnelle).

AGC	Comparaison entre les différentes variations de NEC entre point 1 et 3	Moyenne de l'AGC en % des AGT suivant la classe	p-value*	Prédiction Phenofinlait
C6 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	3,49 ~ 3,4	9,66 x10 ⁻³	Très bonne
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	3,4 ~ 3,53	0,02	
C7 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	2,7 ~ 2,3	3,77 x10 ⁻⁶	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	2,3 ~ 2,9	2,66 x10 ⁻⁶	
C8 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	3,15 ~ 3	7,4 x10 ⁻⁴	Très bonne
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	3 ~ 3,21	2,7 x10 ⁻³	
C9 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	5,79 ~ 4,77	8,95 x10 ⁻⁹	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	4,77 ~ 6,1	1,97 x10 ⁻⁶	
C10 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	11,27 ~ 10,51	2,1 x10 ⁻⁷	Bonne
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	10,51 ~ 11,56	3,61 x10 ⁻⁶	

* p<0,05
P<0,01
P<0,001

3.3. Relation entre la composition du lait en AG et le profil de variation de NEC sur le début de lactation

Comme expliqué lors de la partie matériels et méthodes, nous avons sélectionné pour cette partie uniquement le bassin de Roquefort, il est plus conséquent que l'échantillon utilisé lors de la partie alimentation, car nous avons sélectionné une campagne laitière de plus (2020).

Après avoir calculé la différence entre la NEC1 et 3, nous avons réparti les brebis dans 7 classes différentes suivant leur évolution de NEC sur le début de lactation : les deux tiers des brebis sont soit restées « stables » ou bien ont perdu jusqu'à 0,5 point entre la fin gestation et le premier contrôle. 10 % des brebis ont gagné moins d'un point d'état et 5 % 1 point ou plus sur ce même intervalle.

Malgré les disparités, on remarque une évolution générale à l'amaigrissement des troupeaux sur la période de début de lactation (*Cf tableau 11, p.26 et figure 34, p.29*).

Après avoir réalisé un test de Tukey sur les moyennes des composants du lait entre les différentes classes nous avons obtenu une p-value pour chaque composant entre chaque classe de variation de NEC. Le nombre d'AG analysé étant assez large, nous avons voulu rendre les résultats les plus claires et pertinents possibles.

Nous ne présenterons donc que les AG qui sont significativement différents ($p < 0,05$) entre les différentes classes. Parmi ces derniers, pour obtenir des indicateurs le plus fiables possibles, nous avons retenu trois types de croisements :

- Croisement entre les brebis qui ont une variation « stable » et « négative » : 0 ~ (0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1+) en orange.
- Les brebis avec une variation « stable » et « positive » : 0 ~ (-0,25 ; -0,5+) en vert.
- Les brebis avec une variation « négative » et « positive » : (0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1+) ~ (-0,25 ; -0,5+) en bleu.

3.3.1. La composition du lait en acides gras courts (AGC) en lien avec le déficit énergétique

Après avoir analysé les résultats, 5 AGC (<C11) sont analysés significativement différents suivant la cinétique de la NEC sur le début de lactation :

- Le C6 :0 et C8 :0 (1+ ~ -0,5+) ont des **p-value inférieures à 0,05**,
- Le C7 :0, C8 :0 (0 ~ 1+), C9 :0 et C10 :0 ont des **p-value inférieures à 0,001**, et donc elles sont plus significatives que les précédentes.

Globalement, on remarque que les brebis qui ont une variation positive entre le point NEC1 et 3 (qui gagnent de l'état corporel) ont des taux d'AGC moyens supérieurs aux brebis qui restent stables ou qui maigrissent. Pour ce type d'AG nous n'avons pas de différence significative entre des brebis stables et positives (*Cf. tableau 13*).

Pour ce qui est de la qualité des estimations des prédictions de ces AG, le C6 :0 et C8 :0 ont des prédictions estimées « très bonne ». Malheureusement, les autres AGC cités n'ont pas de prédiction spécifique en ovin lait, celles utilisées pour les prédire sont les mêmes que celles utilisées en bovin lait, nous ne sommes donc pas sûr de leur fiabilité.

Tableau 14 : Proportion des AGM (C11 à C16) dans le lait en fonction de la différence entre NEC1 et 3 (source personnelle).

AGM	Comparaison entre les différentes variations de NEC entre point 1 et 3	Moyenne de l'AGC en % des AGT suivant la classe	p-value*	Prédiction Phenofinlait
C11 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	4,72 ~ 4,52	0,03	Correcte
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	4,52 ~ 4,86	0,01	
C12 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	7,25 ~ 6,75	4,23 x10 ⁻⁷	Bonne
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	6,75 ~ 7,49	6,87 x10 ⁻⁷	
C12 :1C	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	6,23 ~ 5,03	1,55 x10 ⁻⁷	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	5,03 ~ 6,51	5,27 x10 ⁻⁵	
C13 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	1,95 ~ 1,84	0,02	Bonne
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	1,84 ~ 2,07	3,48 x10 ⁻⁴	
C14 :0	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	16,61 ~ 16,81	0,03	Bonne
C14 :0 iso	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	1,28 ~ 1,27	0,03	Pas de prédiction
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	1,27 ~ 1,29	9,64 x10 ⁻³	
C15 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	1,01 ~ 0,98	2,35 x10 ⁻³	Correcte
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	0,98 ~ 1,02	0,04	
C15 :0 anteiso	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	5,02 ~ 4,88	0,02	Correcte
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	4,88 ~ 5,06	8,47 x10 ⁻³	
C16 :0 iso	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	2,92 ~ 2,85	0,04	Correcte
	Négative ~ Positive (0,75 ~ - 0,25)	2,85 ~ 2,93	0,01	
C16 :17t	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	1,97 ~ 1,81	1,73 x10 ⁻⁵	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	1,81 ~ 2,04	3,62 x10 ⁻⁸	

* p<0,05
P<0,01
P<0,001

3.3.2. La composition du lait en acides gras moyens (AGM) en relation avec la mobilisation des réserves corporelles.

Du côté des acides gras moyens (AGM), compris entre C11 et C16, 10 AG ont une p-value inférieure à 0,05 entre les différentes classes de variation de NEC :

- C11 :0, C13 :0 (0 ~ 1+), C14 :0, C14 :0 iso (0 ~ 1+), C15 :0 (1+ ~ -0,5), C15 :0 anteiso (0 ~ 1+) et le C16 :0 iso affichent des **p-values<0,05**.
- C14 :0 iso (1+ ~ -0,5), C13 :0, C15 :0 (0 ~ 1+) et le C15 :0 anteiso (0 ~ -0,25) ont des **p-values<0,01**.
- C12 :0, C12 :1c, C13 :0 (1+ ~ -0,5+) et le C16 :17t possèdent des **p-values< 0,001**.

Comme pour les AGC, les proportions d'AGM dans le lait sont supérieures pour les brebis qui prennent de l'état entre la fin gestation et le premier contrôle, par rapport aux brebis qui gardent la même note pour la NEC 1 et 3 et pour les brebis qui maigrissent. De plus, nous n'avons pas de relation significative entre les brebis stables et positives. A présent, si l'on regarde l'évaluation des prédictions réalisées lors du projet *Phenofinlait* (Cf. tableau 14) :

- C12 :0, C13 :0 et C14 :0 avec une prédiction estimée « **bonne** »,
- C11 :0, C15 :0, C15 :0 anteiso, et C16 :0 iso avec une prédiction évaluée « **correcte** »,
- C12 :1c, C14 :0 iso et C16 :17t n'ont pas de prédictions spécifiques établies en ovin lait.

3.3.3. La composition du lait en acides gras longs (AGL) liée à une utilisation des tissus adipeux

Au niveau des acides gras à longues chaînes (>C16), 19 indicateurs sont ressortis significativement positifs :

- C17 :0, C18 :0, C18 :0 iso, C18 :115c, C18 :29c_12c, C18 :1 (1 ~ -0,5+), C18 :1 trans (1+ ~ -0,5+), C18 :3 (0,25 ~ -0,25), C20 :0 (0 ~ 1+ ; 1+ ~ -0,5+), C20 :111 cis (0 ~ -0,5+), C20 :4n_6 (0 ~ 1+) ont une **p-value** plus élevée que les autres en étant juste **inférieure à 0,05**.
- C17 :110c (1+ ~ -0,25), C18 :113c, C18 :19c (0 ~ -0,25), C18 :3n_6 (1+ ~ -0,25), C20 :111 cis (1+ ~ -0,25), C20 :4n_6 (1+ ~ -0,25) et les totaux C18 :1(0 ~ -0,25), C18 :1 cis (0 ~ -0,25), C18 :2, ont une **p-value inférieure à 0,01**, et donc une différence assez significative entre les classes.
- C17 :110c (0 ~ 1+), C18 :111t_10t, C18 :19c (0 ~ 1+ ; 1+ ~ -0,5), C18 :29c_11t, et les totaux C18 :1(0 ~ 1+ ; 1+ ~ -0,5), C18 :1cis (0 ~ 1+ ; 1+ ~ -0,5), C18 :1 trans (0 ~ 1+) ont une **p-value inférieure à 0,001**, et donc une différence très significative entre les classes.

Globalement on observe deux types d'évolution des AGL dans le lait suivant les variations d'état corporel :

- **Les AGL cis et à chaîne très ramifiées** : sont moins importants chez les brebis qui prennent de l'état par rapport à celle qui mobilisent leurs réserves corporelles : C17 :100c, C18 :0, C18 :0 iso, C18 :19c, C18 :29c_12c, C18 :3n_6, C18 :1, C18 :1cis, C18 :3, C20, C20 :111cis, C20 :4n_6.
- **Les AGL trans ou à chaîne peu ramifiées** : sont moins importants pour les brebis qui maigrissent que pour celle qui gagnent de l'état : C17 :0, C18 :111t_10t, C18 :113c, C18 :115c, C18 :1 trans, C18 :2.

Tableau 15 : Proportion des AGL (>C16) dans le lait en fonction de la différence entre NEC1 et 3 (source personnelle).

AGL	Comparaison entre les différentes variations de NEC entre point 1 et 3	Moyenne de l'AGC en % des AGT suivant la classe	p-value*	Prédiction Phenofinlait
C17 :0	Négative ~ Positive (1+ ~ -0,25)	5,93 ~ 6,12	0,02	Correcte
C17 :110c	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	2,34 ~ 2,58	4,29 x10 ⁻⁶	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	2,58 ~ 2,33	6,83 x10 ⁻³	
C18 :0	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	4,02 ~ 3,24	0,04	Correcte
C18 :0 iso	Négative ~ Positive (0,25 ~ - 0,25)	6,69 ~ 6,48	0,03	Pas de Prédictions
C18 :111t_10t	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	3,04 ~ 2,74	1,35 x10 ⁻⁵	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	2,74 ~ 3,14	3,24 x10 ⁻⁷	
C18 :113c	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	4,49 ~ 4,28	3,39 x 10 ⁻³	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	4,28 ~ 4,54	1,73 x10 ⁻³	
C18 :115c	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	2,05 ~ 2,15	0,01	Pas de prédictions
C18 :19c	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	10,84 ~ 12,31	1,62 x10 ⁻⁶	Pas de prédictions
	Stable ~ Positive (0 ~ - 0,25)	10,84 ~ 10,04	1,05 x10 ⁻³	
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	12,31 ~ 10,22	1,11 x10 ⁻⁵	
C18 :29c_11t	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	1,54 ~ 1,43	1,27 x10 ⁻⁴	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	1,43 ~ 1,59	3,32 x10 ⁻⁷	
C18 :29c_12c	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	1,35 ~ 1,29	0,01	Pas de prédictions
C18 :3n_6	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	1,74 ~ 1,67	6,5 x10 ⁻³	Pas de prédictions
Totale C18 :1	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	19,81 ~ 20,87	1,43 x10 ⁻⁴	Très bonne
	Stable ~ Positive (0 ~ - 0,25)	19,81 ~ 19,18	4,47 x10 ⁻³	
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	20,87 ~ 19,18	6,24 x10 ⁻⁵	
Totale C18 :1cis	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	16,48 ~ 17,89	1,5 x10 ⁻⁷	Bonne
	Stable ~ Positive (0 ~ - 0,25)	16,48 ~ 15,78	1,09 x10 ⁻³	
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	17,89 ~ 15,83	6,06 x10 ⁻⁷	
Totale C18 :1trans	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	4,05 ~ 3,71	8,52 x10 ⁻⁶	Correcte
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	3,71 ~ 4,04	0,03	
Totale C18 :2	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	2,85 ~ 2,74	9,35 x10 ⁻³	Bonne
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	2,74 ~ 2,88	2,14 x10 ⁻³	
Totale C18 :3	Négative ~ Positive (0,25 ~ - 0,25)	5,88 ~ 5,69	0,04	Pas de prédictions
C20 :0	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	1,56 ~ 1,62	0,01	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,5)	1,62 ~ 1,53	0,03	
C20 :111cis	Stable ~ Négative (0 ~ 0,5)	3,69 ~ 3,76	0,04	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	3,79 ~ 3,64	7,14 x10 ⁻³	
C20 :4n_6	Stable ~ Négative (0 ~ 1+)	7,82 ~ 8,44	0,04	Pas de prédictions
	Négative ~ Positive (1+ ~ - 0,25)	8,44 ~ 7,79	4,41 x10 ⁻³	

* p<0,05
P<0,01
P<0,001

Ensuite, si l'on poursuit l'analyse par les estimations des prédictions de *Phenofinlait* :

- Seul la somme des C18 :1 possède une estimation dite « **très bonne** »,
- La somme des C18_1cis et C18 :2 ont une estimation « **bonne** »,
- Ensuite, C17, C18 et la somme des C18 :1trans ont une prédiction estimée « **correcte** »,
- Enfin, les autres AGL n'ont pas de prédictions spécifiques pour les brebis laitières. Comme on peut le voir sur les 19 AGL seulement 6 ont des équations prédites en ovin lait.

Comme nous pouvons le voir, seuls les AGL ont des différences significatives entre des brebis qui restent stables et des brebis qui grossissent lors du début de lactation. Ce qui donne des p-value bien différentes suivant le croisement de classe que l'on effectue (Cf. *tableau 15*).

4. Discussion des résultats

4.1. Mise en évidence de la relation entre la composition des AG du lait et un déficit énergétique

4.1.1. Présentation de la couverture des besoins alimentaires suivant le bassin de production

Globalement, on observe que les élevages en Lacaune ont des rations bien plus élevées en moyenne au niveau des UFL et PDI sur la campagne laitière par rapport aux Pyrénées-Atlantiques, ce qui s'explique car les productions sont plus élevées et les besoins plus importants.

Au niveau des taux de couverture, bien que l'échantillon soit plus restreint, les excès sont plus importants pour les Pyrénées que pour les Lacaune : 82% des brebis Lacaune et 98% des brebis des Pyrénées sont en excès en UFL, en PDI, ou sur ces deux critères.

En comparant les apports dans nos échantillons et les recommandations INRA, on s'aperçoit qu'ils sont supérieurs à ces dernières. Ce qui peut s'expliquer par la volonté de vouloir couvrir absolument la brebis cible et non la brebis moyenne, afin de garantir la production laitière.

Les excès les plus récurrents sont en PDI et les déficits les plus fréquents sont pour les UFL. Il y a donc un réel déficit énergétique sur cette période de début de lactation sur notre échantillon étudié comme indiqué dans la bibliographie.

4.1.2. Cinétique de l'évolution de la NEC en fonction de la couverture des besoins alimentaires

Les Lacaune atteignent la fin gestation avec une note moyenne de 3 et perdent environ un quart de point jusqu'au premier contrôle. En moyenne, les Lacaune suivent les recommandations techniques, bien que certains élevages perdent plus de 0,5 point entre la fin gestation et le premier contrôle.

Pour les Pyrénées-Atlantiques, elles mettent bas avec une note moyenne de 2,3 et débutent la traite commerciale à 2,2. Globalement, les brebis ne sont pas toutes à l'état corporel optimal recommandé, néanmoins, en moyenne aucune ne descend en dessous de la note plancher de 2 pendant l'allaitement.

Les races sont bien différentes sur l'évolution de leur NEC, avec des Lacaune qui stockent et mobilisent de manière importante leurs réserves corporelles sur le début de lactation contrairement aux races des Pyrénées qui restent relativement stables tout au long de la campagne.

On observe des différences sur la cinétique de la NEC suivant si la brebis est en déficit ou en excès, ce qui vient conforter le choix d'utiliser les variations de NEC pour déterminer les brebis qui mobilisent ou non leurs tissus adipeux.

4.1.3. Mise en évidence de la relation entre la composition en AG dans le lait et la mobilisation des réserves corporelles en début de lactation

a. Relation entre les AGC du lait et un déficit énergétique

Lors de notre étude, plusieurs indicateurs dans le lait sont ressortis significativement différents suivant la variation de la NEC entre la fin gestation et le premier contrôle.

En ce qui concerne les AGC, cinq se sont avérés pertinents car ils possédaient une p-value significative ($p < 0,05$), et parmi eux deux ont une p-value très significative ($p < 0,001$).

Si on rapproche ces résultats des estimations du projet *Phenofnlait*, on obtient seulement deux AGC qui ont une estimation jugée « très bonne » : C6 :0 et C8 :0.

Bien que le C8 :0 ait une p-value très significative ($p < 0,001$), le C6 :0 a une p-value peu significative ($p < 0,05$), il est donc moins pertinent à utiliser par rapport au C8 :0.

Ensuite, le C7 :0, C9 :0 et C10 :0 présentent des significativités élevées, néanmoins, ils ne possèdent pas de prédictions établies en ovin lait pour le moment.

Si l'on compare nos résultats en parallèle avec la bibliographie étudiée en amont, la filière bovin lait a également mis en lumière des AGC qui se sont avérés pertinents pour évaluer un déficit énergétique.

Le C7 :0, et C9 :0 ont une sensibilité supérieure aux autres AGC du lait par rapport aux variations des AGNE plasmatiques (*DÓREA et al., 2017*).

Dans une autre étude, le C10 :0 est utilisé dans un modèle de prédiction pour estimer les AGNE plasmatiques en vaches laitières, et donc définir par la suite si l'animal est en déficit énergétique ou non (*MÁNTYSAARI et al., 2019*).

Ces trois AGC cités sont également ceux qui sont le plus significatifs en brebis laitières, ils le sont donc autant en bovin qu'en ovin lait : lorsque la part d'un de ces AGC dans le lait diminue, on peut suspecter que l'individu est en déficit énergétique.

En effet, la part des AGC dans le lait est supérieure pour les brebis en excès que pour celle en déficit énergétique.

Le C6 :0 et le C8 :0 ne sont pas ressortis comme les indicateurs les plus pertinents en vaches laitières, pourtant dans notre cas et pour la filière brebis laitières, ce sont aujourd'hui les seuls qui ont des prédictions estimées « très bonne » et donc assez fiables.

Bien que le C7 :0, C9 :0 et C10 :0 ne possèdent pas les meilleures estimations pour leur prédictions MIR, ils semblent être les AGC les plus judicieux à utiliser avec le C8 :0 pour définir si une brebis est en déficit énergétique en début de lactation pour les brebis laitières.

De même, il serait intéressant de développer les prédictions des spectres MIR pour les AGC, car il pourrait être intéressant de pouvoir avoir des équations fiables pour travailler dessus en routine.

b. Relation entre les AGM du lait et la mobilisation des réserves corporelles

Parmi les AGM, dix sont significativement différents suivant l'évolution de la NEC sur le début de lactation. Parmi eux le C12 :0 et le C13 :0 possèdent tous deux de « bonnes » estimations, et ont des p-values très significatives ($p < 0,001$).

Ensuite, le C14 :0, C15 :0 et C15 :0 anteiso ont des prédictions dites « correctes » avec des p-values moins significatives que les précédents ($p < 0,05$ ou $0,01$). Ces indicateurs restent intéressants à regarder, mais il faut être vigilant lors de leurs analyses.

Enfin, pour les derniers que nous n'avons pas encore énumérés, ils sont moins pertinents par le fait qu'ils ont ou bien leurs p-values assez proches de $0,05$ ce qui fait que leur significativité est faible (C11 :0 et C16 :0 iso), ou leurs prédictions ne sont pas encore établies en brebis laitière.

Comme pour les AGC, si l'on compare avec les travaux réalisés en vaches laitières, il est ressorti que le C11 :0, C13 :0, C14 :0 et C15 :0 ont une sensibilité supérieure aux autres AGM lors de variation des AGNE plasmatiques et donc d'une variation de la couverture énergétique (DÓREA *et al.* 2017).

Dans une autre étude, le C14 :0 est une nouvelle fois mis en avant en vaches laitières, un modèle utilise le C14 :0 du lait pour estimer les AGNE plasmatiques (MÄNTYSAARI *et al.*, 2019).

Enfin, il a été mis en relation l'augmentation de la part des acides gras à chaîne courte et moyenne, impaire et ramifiée dans le lait avec une ration riche en énergie. Les acides gras en question sont par exemple l'acide tétradécénoïque (C14 :0 iso), ou pentadécénoïque (C15 :0 anteiso) (VLAEMINCK *et al.* 2006).

Au niveau des brebis laitières, le C13 :0 semble aussi être un très bon indicateur pour notre étude, en effet il réunit autant une très bonne significativité ($p < 0,001$), et possède une « très bonne » estimation. Le C12 :0 quant à lui n'est pas énoncé dans la littérature, mais semble tout de même intéressant en brebis laitières.

Le C14 :0, C15 :0 et le C15 :0 anteiso ont tout de même des prédictions « correctes » avec des p-values qui restent significatives également en ovine lait.

Enfin, le C11 :0 ne semble pas être un AGM aussi pertinent qu'en bovin lait, malgré son estimation « correcte », car ses p-values sont seulement inférieures à $0,05$ elles sont donc peu significatives par rapport aux AGM significatifs dans cette étude.

Après croisement entre les résultats et la bibliographie, les indicateurs les plus pertinents semblent être toujours le C13 :0 et le C12 :0, avec en plus le C14 :0, C15 :0, et le C15 :0 anteiso qui peuvent venir de manière secondaire. Le C14 :0 iso en petits ruminants paraît moins intéressant car ses p-value sont peu significatives par rapport aux précédents. Comme pour les AGC, les AGM sont moins importantes chez les brebis qui mobilisent leurs réserves corporelles que celles qui au contraire les reconstituent.

c. Relation entre les AGL du lait et l'utilisation des tissus adipeux

Enfin pour les AGL, 19 indicateurs sont significatifs entre les variations de NEC, parmi eux 14 AGL et 5 sommes d'AGL.

La somme des C18 :1 qui est la seule à avoir une très bonne estimation a aussi une « très bonne » p-value pour comparer les brebis stables de celles qui ont maigri ($0 \sim 1+$), et ces dernières de celles qui ont grossi ($1+ \sim -0,5+$).

Pour les sommes des C18 :1cis et C18 :2, qui sont évaluées avec une « bonne » estimation, elles ont une $p\text{-value} < 0,001$ ($0 \sim 1+$; $1+ \sim -0,5$) et une $p\text{-value} < 0,01$ respectivement, ce qui fait d'eux des indicateurs intéressants malgré leur estimation qui n'est pas optimale.

Malgré sa p-value qui est seulement inférieure à $0,05$ entre celles qui maigrissent et celles qui grossissent, la somme des C18 :1 trans a tout de même une p-value très significative ($p\text{-value} < 0,001$) entre les stables et celles qui maigrissent beaucoup. De plus son estimation est jugée « correcte ».

Enfin, le C17 :0 et le C18 :0 n'ont pas une significativité très élevée, néanmoins ils possèdent des estimations dites « correctes ». Ce ne sont pas les indicateurs les plus fiables, mais il est intéressant de les garder de manière secondaire.

A l'inverse des AG courts et moyens, les AGL sont plus importants chez les brebis qui mobilisent leurs tissus adipeux par rapport à celles qui les reconstituent.

Nous poursuivons les mêmes démarches que pour les deux parties précédentes, si l'on croise ces résultats avec la bibliographie vue en amont, la filière bovin lait a réalisé des études sur les AGL, et ceux qui se sont avérés les plus pertinents à utiliser pour définir si une vache était ou non en train de mobiliser ses réserves corporelles, sont la somme des C18 :1 et des C18 :1cis (acide oléique).

Il a été mis en évidence que lorsque les concentrations en AGNE plasmatiques augmentaient à la suite d'une mobilisation des réserves corporelles, la proportion d'AGL et principalement des C18 :1 augmentait significativement, au profit des AGM (*BIILLA et al., 2020 ; et PIREs et al., 2022*).

L'acide oléique est de plus en plus utilisé en vaches laitières, pour preuve il a été défini un seuil d'alerte : pour 100g d'AGT dans le lait, il ne faut pas dépasser 26 g d'acide oléique (*MANN et al., 2016*).

D'autres seuils existent en bovin lait, on peut lire dans une autre étude que les plages de confort pour l'acide oléique sont comprises entre 6,5 g/l à 8,5 g/l en hiver et 7,5 g/l à 9,5 g/l en saison printanière. Cet indicateur est facile à analyser car il est présent en grande quantité par rapport à d'autres AG (exemple C16) (*JOuASSARD, 2023*) (*Cf. tableau 14, p.31 ; et tableau 15, p.32*).

Enfin, pour le C18 :1cis, il est intégré dans la conception d'un modèle qui permet de déterminer les concentrations d'AGNE plasmatiques à partir des AG dans le lait en vaches laitières (*MÄNTYSAARI et al., 2019*).

Comme nous pouvons le voir, les indicateurs les plus pertinents parmi les AGL en vaches laitières sont aussi ceux qui paraissent les plus judicieux à utiliser parmi les AGL des brebis laitières. La somme des C18 :1 et des C18 :1cis ont tous deux des p-values « très significatives », et des estimations « très bonnes » et « bonnes » respectivement.

Sans vraiment hésiter nous pouvons en déduire que les AGL les plus pertinents pour alerter un déficit énergétique sont bien la somme des C18 :1 et des C18 :1cis en brebis laitières.

Bilan :

Au cours de cette étude nous avons pu voir que bien que les apports suivent les recommandations, les brebis ne peuvent pas satisfaire leurs besoins à cause de leur capacité d'ingestion restreinte, et mobilisent leurs réserves corporelles afin de palier à un déficit énergétique. La mobilisation des réserves corporelles n'est pas réellement le problème que l'on souhaite éviter, car c'est une réponse de l'organisme qui permet à la brebis de couvrir ses besoins. Néanmoins le phénomène que l'on cherche à limiter est le déficit énergétique, il faut prendre en compte que bien que les apports soient suffisants, les brebis ne peuvent pas manger autant qu'elles le souhaiteraient : il est plus judicieux de modifier les apports en qualité énergétique plutôt qu'en quantité en cas de déficit énergétique.

L'étude a permis de révéler des indicateurs qui permettent de définir si une brebis mobilise ses réserves corporelles. En effet, globalement les acides gras courts et moyens ont des proportions plus élevées pour les brebis couvertes ou en excès au niveau énergétique, alors que les acides gras longs sont plus importants chez les brebis qui mobilisent leurs réserves corporelles, ce qui rejoint la bibliographie vue en amont. Cette étude ne nous a pas permis d'établir de seuils d'alertes, néanmoins nous connaissons les moyennes des AG du lait pour les différents profils de NEC pour les élevages de cet échantillon. C'est pourquoi nous pouvons déjà avoir une estimation des proportions d'AG pour lesquelles nous pouvons soupçonner une brebis d'être en déficit énergétique.

4.2. Les limites et perspectives d'évolution de l'étude

4.2.1. Prise de recul sur la méthodologie utilisée pour les données alimentation

a. Le pâturage

Les élevages des Pyrénées-Atlantiques utilisent le pâturage sur une période beaucoup plus importante que ceux du rayon de Roquefort, grâce des conditions pédoclimatiques plus favorables. On retrouve alors des rations avec des quantités d'herbe pâturées estimées en fonction du temps de pâturage et de la race. Mais cela reste des estimations et nous avons également dû estimer la qualité de ce pâturage. Ces hypothèses restent donc à utiliser avec précaution, car leur fiabilité n'est pas garantie. L'idéal aurait été de posséder uniquement des rations en bâtiment au moins sur les trois premiers contrôles pour connaître les quantités et les valeurs alimentaires réelles des aliments distribués. De plus, le pâturage peut modifier la composition en AG dans le lait : les fourrages verts sont riches en oméga 3 et en AGPI (*Comité Nationale des Brebis Laitières, 2019*)

b. Les rations de fin gestation et allaitement

Ensuite, l'alimentation a été relevée de la fin gestation jusqu'au sixième contrôle. Nous avons envisagé au départ de nous servir des rations de fin gestation jusqu'à l'allaitement pour déterminer les brebis qui n'étaient pas couvertes et donc en déficit sur le début de lactation.

Bien que tous les acteurs de ce projet se soient investis dans l'assiduité et la précision de la collecte des données, nous avons remarqué de nombreuses erreurs qui ne nous ont pas permis d'utiliser ces premières rations pour les traitements statistiques : Chaque élevage ne possédait pas le même nombre de rations sur cette période (certain avait deux rations pour le début et la fin d'allaitement, et d'autres avaient la même pour tout l'allaitement). Les rations n'étaient pas toutes évidentes à comprendre car certaines changeaient fréquemment, nous n'étions jamais vraiment certains de savoir exactement ce qui était distribué.

Enfin certaines rations annonçaient des quantités assez hautes, ce qui a remis en doute la capacité des brebis à pouvoir réellement ingérer la totalité de ce qui était distribué.

Vu le temps imparti et le fait que nous pouvions déterminer les brebis en déficit par l'intermédiaire des notes d'état corporel, nous avons fait le choix de ne pas intégrer aux traitements statistiques les rations fin gestation et allaitement.

La perte de ces rations ne nous a pas permis d'étudier réellement la couverture des besoins sur le début lactation, car nous avons analysé l'alimentation sur les trois premiers contrôles ce qui est moins représentatif du début de lactation.

c. Les UEM et CI

Pour connaître les quantités ingérées pour chaque individu, les quantités totales distribuées ont été divisées par le nombre d'individus nourri à l'instant t où la ration a été relevée. Mais cette méthode nous a remis en question, car nous savons aujourd'hui, que l'ingestion des brebis n'est pas liée exclusivement à la quantité d'aliment distribué : compétitivité, appétibilité, palatabilité ... et qui sont influencées en partie par la nature, la récolte, la conservation et le mode de distribution des aliments (*BAUMONT et al., 1997 ; et SMETI et al, 2012*).

Pour nous rapprocher au plus juste de la réalité, nous voulions calculer les UEM et les capacités d'ingestion à partir des équations INRAE. Ces deux variables supplémentaires auraient permis de pouvoir différencier chaque individu en fonction de la race, le numéro de lactation, son poids et sa production laitière standard.

En théorie, l'idée était bonne et aurait permis d'améliorer la précision de l'étude, nous n'avons eu aucun problème à calculer la capacité d'ingestion pour toutes les brebis. Néanmoins, le calcul des UEM a pris beaucoup plus de temps et s'est avéré plus compliqué : les fourrages ne possédant pas tous une valeur UEM, il a fallu les estimer pour une grande partie d'entre eux à partir des tables de valeurs alimentaires des aliments INRA 2007.

Ces UEM ont apporté des incohérences avec des rations qui étaient beaucoup trop volumineuses, et dans d'autres élevages au contraire des brebis qui étaient tout justes couvertes par rapport à leur capacité d'ingestion. Les rations avaient également des variations anormales sur la campagne (*Cf. figure 20, p.23*).

Ces étapes nous ont apporté trop de questionnements et par manque de temps, nous avons fait le choix de garder les plans d'alimentation avec les quantités ingérées individuellement calculées à partir de la quantité totale divisée par le nombre d'individus nourris. C'est pourquoi après avoir pris du recul sur cette étude, nous pensons que si nous devions faire une étude similaire, il serait nécessaire de collecter les données alimentation de manière très fine et précise afin de pouvoir toutes les utiliser pour le traitement statistique.

4.2.2. Prise de recul sur la méthodologie utilisée pour les résultats de performances

a. Les modes de reproduction

Au départ nous pensions pouvoir analyser les bassins en faisant des comparaisons entre les différents modes de reproduction, mais cette idée n'a pas pu être réalisée car comme expliqué précédemment, les Pyrénées-Atlantiques utilisent très peu l'IA. De plus les rations relevées sont celles distribuées au groupe principal qui est donc le lot d'IA pour le rayon de Roquefort et le lot d'agnelage principal pour les Pyrénées-Atlantiques. Nous ne pouvions pas prendre tous les lots pour le traitement statistiques, car les rations n'étaient pas distribuées à tous les animaux de l'échantillon de départ.

Dernière raison, qui n'est pas à négliger, pour comparer des animaux qui sont au même stade de lactation nous ne pouvions pas prendre toutes les brebis de tous les lots de reproduction, car elles sont décalées en fonction de leur mode de reproduction. Ce tri suivant la mise à la reproduction a diminué notre échantillon, et donc nous a fait perdre des données qui auraient pu être intéressantes.

b. Les contrôles laitiers

L'étude s'est d'abord focalisée sur les trois premiers contrôles puis sur le premier afin d'être au plus proche de la période de début lactation. Cette sélection nous a fait perdre plus de la moitié des données récoltées sur les performances laitieres, malgré ce choix qui reste plus que justifié, il serait intéressant d'analyser les mêmes indicateurs sur la campagne laitière et pas seulement sur la période de début de lactation.

En regardant les courbes représentant la cinétique de l'évolution de la NEC sur la campagne laitière, on visualise rapidement que les brebis reprennent leur NEC initiale de fin gestation globalement autour du point 4 (avant la lutte) jusqu'à la fin de la traite commerciale. Il serait intéressant de regarder si les indicateurs mis en avant lors de cette étude, ont toujours les mêmes proportions sur la campagne laitière, et peut être découvrir qu'ils sont des signaux d'alarme pour d'autres situations.

Enfin, nous n'avons en notre possessions que les données pour les premières et deuxièmes lactations pour les Pyrénées-Atlantiques, ce qui a réduit considérablement le nombre de brebis par élevages pour les troupeaux du bassin de l'Ossau-Iraty.

L'échantillon était constitué exclusivement de jeunes brebis, ce qui n'était pas vraiment comparable par rapport au bassin de Roquefort qui avait des brebis jusqu'en 9^{ème} lactations.

c. Les profils de NEC

Pour notre traitement statistique, nous avons classé les brebis suivant l'écart de NEC entre les points 1 et 3 qui correspondent à la fin gestation et le premier contrôle. En amont de cette décision, nous avons créé des variables afin de les classer également suivant l'écart entre le point 1 et 2 (allaitement) et le point 2 et 3, afin d'avoir une vision de l'évolution de la NEC plus précise sur cette période. Mais par manque de temps, nous n'avons pas pu pousser l'analyse aussi loin que nous l'aurions voulu. De plus, nous avons créé des profils comme présentés précédemment, nous aurions pu les utiliser pour comparer les composants du lait, mais encore une fois le temps nous a manqué et nous avons préféré privilégier une analyse plus simple mais qui reste pertinente.

4.2.3. Prise de recul sur la méthodologie globale

a. La sélection de l'échantillon

Nous avons débuté cette étude par un échantillon constitué de 15 élevages répartis en deux bassins de production, et 4 races ovines laitières. Très vite nous avons vu des limites à cet échantillon qui sont citées ci-dessus, c'est pourquoi nous avons sélectionné uniquement le bassin de Roquefort en excluant les primipares et les brebis en dehors du lot d'IA. Cette sélection a fait perdre beaucoup de diversité au niveau des données, car nous n'avons plus que la vision sur une race et sur une conduite d'élevage, parmi les nombreuses qui existent en France ; cette étude a donc un regard assez limité qui ne pourra pas s'étendre à l'ensemble des races ovines, même si l'on peut concevoir que les tendances peuvent être les mêmes.

b. Les traitements statistiques

Les traitements statistiques ont pris de plus de temps que prévu car je ne maîtrisais pas suffisamment le logiciel *Rstudio*, ce qui a été pénalisant pour le traitement de données. De nombreuses fois au cours de ce mémoire, il est évoqué le manque de temps pour réaliser les tests et les traitements statistiques. Une des causes de ce retard vient de cette lacune au niveau de la maîtrise de ce logiciel de statistiques. Ce problème aurait pu être anticipé de ma part, ce qui nous aurait fait gagner du temps précieux sur le travail réalisé lors de ce projet.

De plus, le fait d'avoir réalisé mon cursus par apprentissage, je n'étais pas sur le site de l'IDEL et donc les interactions avec mes tuteurs n'étaient pas aussi régulières que si j'avais été sur place.

Mon temps de travail était consacré en grande partie pour le mémoire, et une autre partie dédiée à mon entreprise d'apprentissage.

Enfin, les résultats sur les AG ne nous sont parvenus que les derniers jours du stage, nous obligeant à rapidement analyser ceux qui paraissaient être les plus pertinents. Nous avons réalisé un travail en quelques jours qui aurait dû être fait sur plusieurs semaines, nous sommes peut-être passés à côté d'informations importantes.

4.2.4. Les autres indicateurs non invasifs pour déterminer un déficit énergétique sur la période de début lactation en brebis laitières

Nous avons évoqué dans ce mémoire, des indicateurs de déficit énergétique comme les métabolites sanguins ou les composants du lait. Il existe aujourd'hui d'autres pistes de recherches qui pourraient être étudiées. En effet, notre étude porte sur une période pendant laquelle les brebis produisent du lait, l'analyse des composants du lait est donc facilement réalisable. Néanmoins si l'on veut diffuser un outil qui

Tableau 16 : Effet du régime acidogène sur le pH ruminal, l'équilibre acido-basique et urinaire chez le mouton (BROSSARD et al., 2004).

Compartiment	Paramètres	Heure/repas	Semaines expérimentales							Contrastes		
			F1	B1	B2	F2	F3	F4	SE	F vs B	B1 vs B2	F1 vs F2+F3+F4
Rumen	pH moyen	-	6,69	5,85	5,99	6,69	6,74	6,77	0,08	$P < 0,001$	$P > 0,05$	$P > 0,05$
	Aire sous pH 6 (unité pH x h)	-	0	6,02	6,01	0,1	0	0	0,89	$P < 0,001$	$P > 0,05$	$P > 0,05$
Sang	pH	-1	7,45	7,40	7,42	7,47	7,47	7,45	0,012	$P < 0,001$	$P > 0,05$	$P > 0,05$
		+3	7,44	7,40	7,42	7,46	7,45	7,44	0,014	$P < 0,01$	$P > 0,05$	$P > 0,05$
	[HCO ₃ ⁻] (mM)	-1	27,7	26,0	25,6	27,7	27,4	26,8	0,91	$P < 0,05$	$P > 0,05$	$P > 0,05$
		+3	26,9	24,0	25,1	27,5	25,3	26,5	0,86	$P < 0,01$	$P > 0,05$	$P > 0,05$
Urine	pH	-1	7,87	7,22	6,73	7,64	7,84	7,30	0,31	$P = 0,15$	$P > 0,05$	$P < 0,05$
		+3	7,73	6,69	6,77	7,55	6,20	7,20	0,32	$P = 0,15$	$P > 0,05$	$P < 0,05$

pourrait être utilisé sur toute la campagne laitière, il faudrait des indicateurs que l'on puisse mesurer sur la période de tarissement ou à l'entretien et donc sans lactation. Cela pose une nouvelle limite à notre étude, car elle n'est pas applicable sur toute l'année.

Une étude qui reste à confirmer a été menée sur des moutons de races Texel dans les années 2000, afin de mettre en évidence la relation entre le pH ruminal, sanguin, et urinaire.

Il se trouve qu'en cas d'une ration très riche en énergie, le pH ruminal va diminuer provoquant une acidose latente, ce qui entraîne une mobilisation des réserves corporelles alcalines (bicarbonates), afin de limiter la baisse du pH ruminal. Ce phénomène va provoquer d'une part la diminution des concentrations en bicarbonate et du pH sanguin, et d'autre part une diminution du pH urinaire. L'hypothèse probable serait que les ions H⁺ (ion hydrogène) en excès sont éliminés par les urines (Cf. tableau 16) (BROSSARD *et al.*, 2004).

L'urine est donc un milieu qui pourrait être intéressant à explorer comme la variation de son pH ou de ses composants (protéines, corps cétoniques, de glucose, ...) afin de déterminer si une brebis est en déficit énergétique.

4.3. Poursuites de l'étude...

A la fin des traitements statistiques, une demande de l'institut est d'assurer la continuité du travail en mettant au propre l'ensemble des fichiers (R, Excel) utilisés ainsi que les scripts R. Ce travail pourrait être repris dans des exploitations sur la prochaine campagne, afin de vérifier les indicateurs mis en avant dans cette étude.

En effet, afin de compléter cette étude et de réaliser les tests qui n'ont pas pu être effectués, il est prévu de reprendre le protocole IRMA et de l'exécuter sur dix exploitations en ovin lait en France :

- 4 exploitations dans le bassin de Roquefort en race Lacaune qui ont été suivis au cours de ce projet.
- 6 élevages dans les Pyrénées-Atlantiques, avec deux élevages par races laitières pyrénéennes, qui sont déjà suivis dans le cadre d'un autre projet intitulé « *Phénopasto* ».

Phenopasto est un projet mené par de nombreux acteurs dont l'INRAE, IDELE, et le CDEO. L'objectif est de rendre les races locales (département 64) adaptées aux enjeux du changement climatique et de la transition agroécologique.

Le but de la continuité de cette étude est de la dupliquer, tout en tenant compte des limites énoncées précédemment afin de ne pas les reproduire.

Tout d'abord, elle sera construite sur les deux bassins de production, ce qui permettra d'avoir une vision globale des élevages en France.

Ensuite, la collecte des données alimentation sera suivie de manière précise afin de pouvoir utiliser l'ensemble des données et de pouvoir les traiter avec les UEM et les CI si possible.

Enfin, les profils NEC pourront être mis à profit, ce qui permettra d'aiguiser la précision des indicateurs.

Au niveau des composants du lait, l'analyse pourra être poussée plus loin avec l'étude de ratios, de sommes, ou encore des caséines, ce qui permettra d'apporter de nouvelles références pour la brebis laitières. Dans un second temps, l'objectif sera de créer des seuils d'alerte comme pour les ruminants pour les indicateurs les plus pertinents. Ils pourront ensuite être utilisés en élevages par les techniciens ou encore les éleveurs. Ces références serviront à la construction d'un outil d'aide à la décision pour prévenir les déficits énergétiques sur le début de lactation, comme pour les vaches laitières.

Conclusion

La présente étude avait pour but de définir comment caractériser la couverture des besoins alimentaires sur la période de début lactation en brebis laitières.

Nous avons pu mettre en avant que cette période critique pour la filière, était causée principalement par un déficit énergétique engendré par la capacité d'ingestion qui n'est pas suffisamment importante par rapports aux besoins.

La balance énergétique étant négative, le métabolisme va mobiliser les réserves corporelles de l'animal, provoquant une diminution de l'état corporel de la brebis.

Pour limiter ce phénomène, entraînant des conséquences techniques et économiques sur l'élevage, le projet IRMA a pour but de mettre en évidence des liens entre un déficit énergétique et des indicateurs non invasifs mesurables facilement et à moindre coût.

De nombreux indicateurs existent déjà comme des métabolites sanguins (BHB, AGNE), mais ils restent encore trop invasifs, car ils nécessitent une prise de sang, il a alors été réalisé des études sur le lien entre ces métabolites et les composants du lait. Le rapport TB/TP et les acides gras du lait se sont révélés corrélés à la balance énergétique et aux variations des métabolites sanguins en question en vaches laitières.

Ce projet avait donc pour ambition de mettre en évidence les relations entre un déficit énergétique en début de lactation et les acides gras du lait au premier contrôle en brebis laitière.

D'une part certains acides gras à chaîne courte et moyenne (<C17) sont apparus comme significativement différents suivant les variations de NEC des brebis entre la fin gestation et le premier contrôle : le C7 :0, C8 :0, C9 :0, C10 :0, C12 :0 et le C13 :0 sont présents dans des quantités plus importantes pour des brebis ayant une variation de NEC stable ou positive, dont nous pouvons déduire qu'elles possèdent une balance énergétique positive, par rapport à celles qui perdent de l'état corporel et donc sont en déficit énergétique.

D'autre part, les proportions des acides gras long (>C16), et particulièrement la somme des C18 :1cis, sont plus importantes pour les brebis en déficit énergétique, ce qui peut s'expliquer car ils sont originaires des tissus adipeux.

Les acides gras du lait sont donc de bons indicateurs non invasifs pour déterminer si une brebis est en déficit énergétique ou non sur la période de début de lactation. Lors de cette étude, nous n'avons malheureusement étudié que les élevages du bassin de Roquefort, et il reste de nombreux composants du lait qui n'ont pas été analysés.

Par conséquent il reste encore des pistes de recherches après cette étude afin de compléter ces premiers résultats qui restent encourageants et prometteurs.

Références bibliographiques

1. AJIMOTO., 2019. « *[Physiologie des bovins] Les acides aminés, des éléments indispensables à la fabrication du lait* ». Dans : *Web-agri.fr* [En ligne]. 6 août 2019. [Consulté le 29 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.web-agri.fr/publi-information/article/150935/les-acides-amines-des-elements-indispensables-a-la-fabrication-du-lait>
2. ATTI, N. et NEFZAOUI, A., 1995 ; « *Influence de l'état corporel à la mise bas sur les performances, le bilan énergétique et l'évolution des métabolites sanguins de la brebis Barbarine* ». Dans : Purroy A. (ed.). *Body condition of sheep and goats: methodological aspects and applications*. Zaragoza : CIHEAM. [En ligne]. Janvier 1995, Vol. série A-27, n° 27, p. 25-33. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens). [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/profile/Naziha-Atti/publication/262345786_Influence_de_l'etat_corporel_a_la_mise_bas_sur_les_performances_le_bilan_energetique_et_l'evolution_des_metabolites_sanguins_de_la_brebis_Barbarine/links/0f31752e24eba269fa000000/Influence-de-l'etat-corporel-a-la-mise-bas-sur-les-performances-le-bilan-energetique-et-l'evolution-des-metabolites-sanguins-de-la-brebis-Barbarine.pdf
3. BARON, B. et MORIN, E., 2019. « *Le lait de brebis en France, quelles évolutions ?* ». Dans : *Tech-ovin, Bellac*. [En ligne]. 4 septembre 2019. [Consulté le 26 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : https://fr.slideshare.net/idele_institut_de_l_elevage/techovin-2019-production-lait-de-brebis
4. BAUMONT, R, DULPHY, J-P et DEMARQUILLY, C, 1997. « *Maximiser l'ingestion de fourrages conservés* ». Dans : *Rencontres Recherches Ruminants*. [En ligne]. 1997, n° 4, p. 57-64. 3R. [Consulté le 06 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://journées3r.fr/IMG/pdf/1997_3_ingestion_01_baumont.pdf
5. BERTRAND, E., 2023 "*Urée, des plages de confort et d'inconfort pour la vache*" Dans : *FIDOCL Conseil élevage* [En ligne]. 2023. [Consulté le 29 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <http://www.fidocl.fr/content/uree-des-plages-de-confort-et-dinconfort-pour-la-vache>
6. BILLA, P. A., FAULCONNIER, Y., LARSEN, T., LEROUX, C. et PIRES, J. A. A, 2020. « *Milk metabolites as non-invasive indicators of nutritional status of mid-lactation Holstein and Montbéliarde cows* ». Dans : *Journal of Dairy Science* [En ligne]. Avril 2020, Vol. 103, n° 4, p. 3133-3146. DOI [10.3168/jds.2019-17466](https://doi.org/10.3168/jds.2019-17466). [Consulté le 25 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030220301090>
7. BOCQUIER, F. et CAJA, G., 2001. « *Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation* ». Dans : *INRAE Productions Animales* [En ligne]. Avril 2001, Vol. 14, n° 2, p. 129-140. DOI [10.20870/productions-animales.2001.14.2.3734](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2001.14.2.3734). [Consulté le 26 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://hal.inrae.fr/hal-02682914/document>
8. BOSSIS, N., LEGARTO, J., LEFILEUX, Y., LAZARD, K., RICHARD, V., COURSANGE, H., BLUET, B., BEALU, C., POUPIN, B., LICTEVOUT, V., DESBOS, V., POMMARET, A., BLANCHARD, F., COUTINEAU, H., OUIN, S. et MORGE, F., 2012.

- « Des indicateurs liés à l'observation des troupeaux pour ajuster le rationnement des chèvres laitières. » Dans : *IDELE* [En ligne]. Décembre 2012. [Consulté le 13 décembre 2022]. Systèmes caprins d'alimentation respectueux de l'environnement. Disponible à l'adresse : https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F0952498b-f2fd-4d5e-919d-8e20af8f3258&cHash=acde590438f77558768750240cd12631
9. BOUVIER-MULLER, J., ALLAIN, C., ENJALBERT, F., FARIZON, Y., PORTES, D., FOUCRAS, G. et RUPP, R., 2018. « *Somatic cell count-based selection reduces susceptibility to energy shortage during early lactation in a sheep model.* ». Dans : *Journal of Dairy Science* [En ligne]. Mars 2018, Vol. 101, n° 3, p. 2248-2259. DOI [10.3168/jds.2017-13479](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13479). [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29331464/>
 10. BOUYSSIERE, S. et MORIN, E., 2021. « *Filière lait de brebis, évolutions récentes et perspectives.* ». Dans : *Institut de l'Élevage* [En ligne]. 13 janvier 2022. [Consulté le 26 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/filiere-lait-de-brebis-evolutions-recentes-et-perspectives>
 11. BROSSARD, L, MARTIN, C et MICHALET-DOREAU, B., 2004 « *Evolution comparable du pH ruminal, sanguin et urinaire durant le développement d'une acidose latente provoquée sur moutons et lors de leur rétablissement* ». Dans : *Rencontres Recherches Ruminants*. [En ligne]. 2004, p. 343. [Consulté le 07 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2004_Sante_13_Brossard.pdf
 12. BUTTCHEREIT, STAMER, JUNGE et THALLER. Evaluation of five lactation curve models fitted for fat: protein ratio of milk and daily energy balance. *Journal of dairy science* [En ligne]. J Dairy SCI, Avril 2010, Vol. 93, n° 4. [Consulté le 5 août 2023]. DOI [10.3168/jds.2009-2198](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2198). Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20338448/>
 13. CHILLIARD Y., GLASSER F., ENJALBERT F., FERLAY A., BOCQUIER F., et SCHMIDELY PH., 2007. « *Données récentes sur les effets de l'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache, de chèvre et de brebis.* ». [En ligne]. Rencontre Recherches et Ruminants, 2007. [Consulté le 10 décembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAMQw7AJahcKEwiwwPDU0fn8AhUAAAAAHQAAAAAQAg&url=http%3A%2F%2Fjournees3r.fr%2FIMG%2Fpdf%2F2007_08_nutrition-lipidique_01_Chilliard.pdf&psig=AOvVaw1vvKnZNILpYkufH678vq_D&ust=1675523513089922
 14. COMITÉ NATIONALE DES BREBIS LAITIÈRES., 2019 « *L'alimentation des brebis laitière* ». Dans : *Réussir Pâtre* [En ligne]. 2019. [Consulté le 28 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.reussir.fr/patre/guide-sur-l'alimentation-des-brebis-laitiere>
 15. Commission européenne SMARTER, 2017. Project SMARTER: Research and Innovation action. 196p
 16. COOPER, M., 2023. « *Les Meilleurs Pays Producteurs De Lait De Brebis Au Monde* ». Dans : *ripleybelieves.com* [En ligne]. 1 janvier 2023. [Consulté le 26 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://fr.ripleybelieves.com/top-sheep-milk-producing-countries-in-world-11003>

17. COULON, J B, REMOND, B, DOREAU, M, JOURNET, M, FLECHET, J., LEFAIVRE, R., MARQUIS, B et SORNET, C., 1985 « *ÉVOLUTION DE DIFFÉRENTS PARAMÈTRES SANGUINS DU MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE CHEZ LA VACHE LAITIÈRE EN DÉBUT DE LACTATION* ». Dans : *Annales de Recherches Vétérinaires*. Janvier 1985, Vol. 16, n° 3, p. 185-193. hal-00901572. [En ligne]. 1 janvier 1985. [Consulté le 26 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://hal.science/hal-00901572/document>
18. CORBIERE F., ASTRUC JM., COSTES-ORI V., EL JABRI M., FANCA B., HASSOUN P., MACHEFERT C., MARIE-ETANCELIN C., MEYNADIER A., et LAGRIFFOUL G., 2022. « *Dynamique énergétique et des réserves corporelles en début de lactation chez les brebis laitières* » [En ligne]. 2022. [Consulté le 16 décembre 2022]. Disponible à l'adresse : http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/texte_5_alimentation_f-corbiere.pdf
19. CNIEL, 2023. « *Laits liquides* ». Dans : *La filière laitière française* [En ligne]. 2023. [Consulté le 25 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.filiere-laitiere.fr/fr/laits-liquides>
20. CTFC et ENILBIO., 2014. « *Evaluation de la performance matière en transformation fromagère* ». Dans : *Guide Méthodologique* ». [En ligne]. Décembre 2014, p. 32. Guide d'évaluation de la performance matière en transformation fromagère. [Consulté le 03 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.enil.fr/docs/r&d/GUIDE-METHODOLOGIQUE-Evaluation-de-la-performance-matiere.pdf>
21. DE BOISSIEU C., MORIN E., MURAT C., VIDAL J.C., RIVEMALE N., DROCHON L., LIQUIERE B., NOUBEL G., MATHIEU J.C., 2021. « *Systèmes ovins laitiers présents en Pyrénées-Atlantiques (AOP Ossau-Iraty) _cas-types en conjoncture 2019_* ». Dans : *IDELE*. [En ligne]. Décembre 2021. [Consulté le 29 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F972cb090-e671-4e25-abce-3531371a59fa&cHash=40d4b513201a9d3a3db03302f0ba78a1
22. DEGHNOUCHE K., TLIDJANE T. et TOUFIK M., 2011. « *Effects of the physiological stage on some blood biochemical parameters in Ouled Djellal ewes from arid Southeast Algeria* ». Dans : *Revue de Médecine Vétérinaire*. [En ligne]. Janvier 2011, Vol. 162, p. 3-7. [Consulté le 28 décembre 2022] Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/profile/Kahramen-Deghnouche/publication/286021776_Effects_of_the_physiological_stage_on_some_blood_biochemical_parameters_in_Ouled_Djellal_ewes_from_arid_South_East_Algeria/links/5c64906e92851c48a9d250ac/Effects-of-the-physiological-stage-on-some-blood-biochemical-parameters-in-Ouled-Djellal-ewes-from-arid-South-East-Algeria.pdf
23. DESANLIS B., 2023. « *Comment améliorer le taux Butyreux en caprin* ». Dans : *FIDOCL conseil Elevage*. [En ligne]. 2023. Consulté le 29 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <http://www.fidocl.fr/content/comment-ameliorer-le-taux-butyreux-en-caprin>
24. DÓREA, J. R. R., FRENCH, E. A. et ARMENTANO, L. E, 2017. « *Use of milk fatty acids to estimate plasma non esterified fatty acid concentrations as an indicator of animal energy balance* ». Dans : *Journal of Dairy Science* [En ligne]. Elsevier, Août 2017, Vol. 100, n° 8, p. 6164-6176. DOI [10.3168/jds.2016-12466](https://doi.org/10.3168/jds.2016-12466). [Consulté le 25 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)30524-6/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)30524-6/fulltext)

25. DUBOIS-FRAPSAUCE, C., 2014. « *Synchronisation des chaleurs : Pourquoi, comment ? Exemple chez la brebis.* » Dans : *Alliance élevage* [En ligne]. 1 mai 2014. [Consulté le 27 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.alliance-elevage.com/informations/article/synchronisation-des-chaleurs-pourquoi-comment-exemple-chez-la-brebis>
26. DUFLOT, B., BELLET, V., MATRAS, C. et MORIN, E., 2023. « *Dossier Annuel Ovins, Année 2022 - Perspectives 2023* ». Dans : *IDELE* [En ligne]. 19 avril 2023. Dossier Economie de l'Élevage n° 539 - Avril 2023 [Consulté le 25 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/dossier-annuel-ovins-annee-2022-perspectives-2023>
27. FRANCE BREBIS LAITIÈRE, 2022. « *La filière française du lait de brebis.* ». Dans : *France Brebis Laitière* [En ligne]. 25 octobre 2022. [Consulté le 26 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://france-brebis-laitiere.fr/la-filiere/>
28. GAYRARD V., 2023 « *Physiologie de la reproduction des mammifères* ». Dans : *ENVT, Unité Associé INRA de Physiopathologie et Toxicologie Expérimentales*. [En ligne]. 2023. [Consulté le 03 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://slideplayer.fr/slide/504158/>
29. GELÉ, M., MINERY, S., ASTRUC, J. M., BRUNSCHWIG, P., FERRAND-CALMELS, M., LAGRIFFOUL, G., LARROQUE, H., LEGARTO, J., LERAY, O., MARTIN, P., MIRANDA, G., PALHIÈRE, I., TROSSAT, P. et BROCHARD, M., 2014. « Phénotypage et génotypage à grande échelle de la composition fine des laits dans les filières bovine, ovine et caprine ». *INRAE Productions Animales* [En ligne]. Octobre 2014, Vol. 27, n° 4, p. 255-268. DOI [10.20870/productions-animales.2014.27.4.3072](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2014.27.4.3072). [Consulté le 25 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://productions-animales.org/article/view/3072>
30. GROSS, J. J. et BRUCKMAIER, R. M., 2019. « *Review: Metabolic challenges in lactating dairy cows and their assessment via established and novel indicators in milk.* ». Dans : *Animal : An International Journal of Animal Bioscience* [En ligne]. Juillet 2019, Vol. 13, n° S1, p. s75-s81. DOI [10.1017/S175173111800349X](https://doi.org/10.1017/S175173111800349X). [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31280745/>
31. IDELE, 2021. « *Objectifs et actions, une association de 37 acteurs techniques et génétiques.* » Dans : *CNBL* [En ligne]. 2021. [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/cnbl/objectifs-et-actions>
32. IDELE et CNE, 2022. « *Les chiffres clés du GEB, ovins 2022, Productions lait et viande* ». Dans : *IDELE*. [En ligne]. 7 septembre 2022. [Consulté le 26 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/les-chiffres-cles-du-geb-ovins-2022>
33. IDELE et CNBL, 2009. « *La composition fine du lait de brebis précisée* ». Dans : *Réussir Pâtre* [En ligne]. 2 avril 2009. [Consulté le 21 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.reussir.fr/patre/la-composition-fine-du-lait-de-brebis-precisee>
34. INN'OVIN, 2023. « *La filière ovine.* ». Dans : *Inn'ovin* [En ligne]. 2023. [Consulté le 26 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.inn-ovin.fr/filieres-et-metiers/la-filiere-ovine/>
35. HERISSET, R. et LE CLAINCHE, R., 2008. "A quoi sert le taux d'urée du lait.". Dans : *Alimentation conduite*. [En ligne]. Mars 2008, n° 22, p. 18-20. [Consulté le 27 mars 2023]. Disponible à l'adresse :

[https://www.bretagne.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/08065/\\$File/R%C3%A9gime%20ma%C3%AFs%20des%20vaches%20laiti%C3%A8res%20-%20A%20quoi%20sert%20le%20taux%20d'ur%C3%A9%20du%20lait.pdf?OpenElement](https://www.bretagne.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/08065/$File/R%C3%A9gime%20ma%C3%AFs%20des%20vaches%20laiti%C3%A8res%20-%20A%20quoi%20sert%20le%20taux%20d'ur%C3%A9%20du%20lait.pdf?OpenElement)

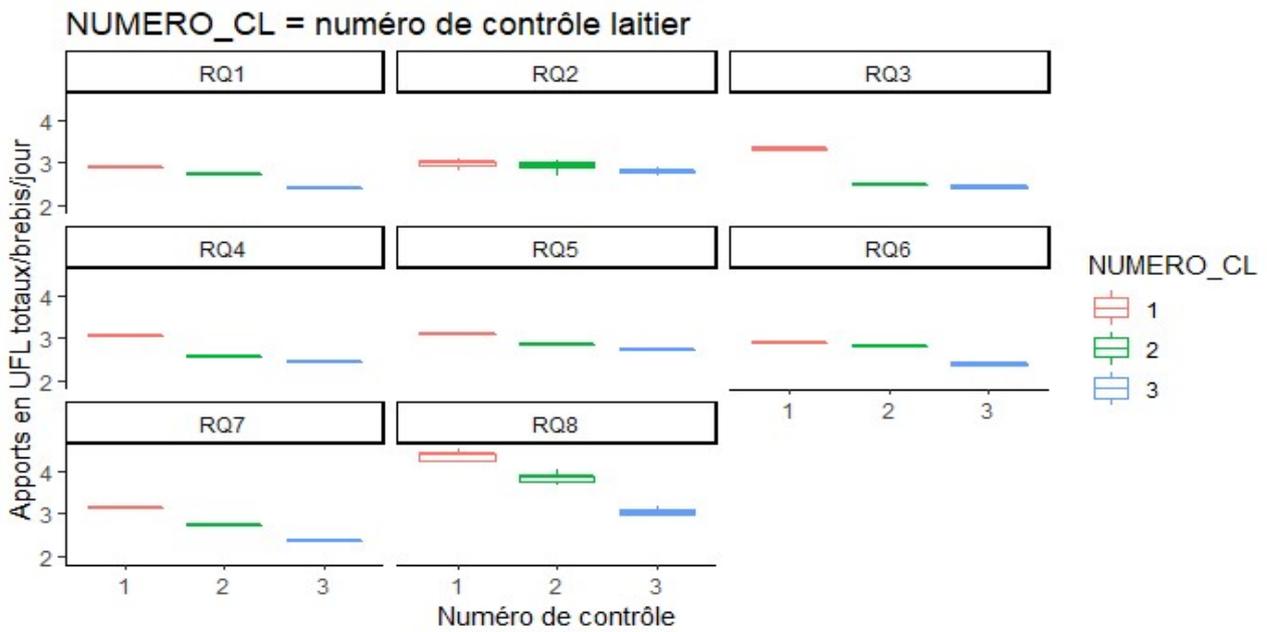
36. JOUASSARD., 2023. « *Acides gras et acétonémie : indicateurs de la santé de mon troupeau.* » Dans : *FIDOCL Conseil Elevage* [En ligne]. 2023. [Consulté le 5 août 2023]. Disponible à l'adresse : <http://www.fidocl.fr/content/acides-gras-et-acetonemie-indicateurs-de-la-sante-de-mon-troupeau>
37. LAGRIFFOUL, G., 2020. « *Pour un lait de brebis de qualité* ». Dans : *Réussir Pâtre* [En ligne]. 8 décembre 2020. [Consulté le 4 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.reussir.fr/patre/pour-un-lait-de-brebis-de-qualite>
38. LAGRIFFOUL, G., EL JABRI M., FERLAY A., GELE M., DELAVAUD C., 2019. « *Vers l'utilisation des spectres moyens infrarouges (SMIR) pour mieux valoriser le lait de brebis.* ». Dans : *Rapport de réalisation FranceAgriMer*. MIROL. 57 pages.
39. LAGRIFFOUL, G., MORIN, E., ASTRUC, J-M., BOCQUIER, F., DE BOISSIEU, C., HASSOUN, P., LEGARTO, J., MARNET, P-G., POULET, J-L., et BARILLET, F., 2016. « *Panorama de la production de lait de brebis en France et son évolution depuis 50 ans.* ». Dans : *Productions Animales -Paris- Institut National de la Recherche Agronomique* [En ligne]. Janvier 2016, Vol. 29, p. 7-18. DOI [10.20870/productions-animales.2016.29.1.2512](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2016.29.1.2512). [Consulté le 27 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/303818221_Panorama_de_la_production_de_lait_de_brebis_en_France_et_son_evolution_depuis_50_ans
40. LAROCLETTE, B. et SANCHEZ-GONZALEZ, J., 2015. « *Cinquante ans de consommation alimentaire : une croissance modérée, mais de profonds changements.* ». Dans : *INSEE Première* [En ligne]. 09 octobre 2015, n° 1568. [Consulté le 27 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1379769>
41. LEGARTO, J., GELÉ, M., FERLAY, A., BERTHOU, C., LAGRIFFOUL, G., PALHIÈRE, I., PEYRAUD, J-L., ROUILLÉ, B et BRUNSCHWIG, P., 2014. « *Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéique et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évaluée par spectrométrie dans le moyen infrarouge* ». [En ligne]. Janvier 2014. [Consulté le 4 avril 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/282864842_Effets_des_conduites_d_elevage_sur_la_production_de_lait_les_taux_butyreux_et_protéique_et_la_composition_en_acidesgras_du_lait_de_vache_chèvre_et_brebis_évaluée_par_spectrométrie_dans_le_moyen_infrarouge
42. MACHEFERT C., 2021. « *Efficiéce alimentaire : quelles sont les relations entre les dynamiques des réserves corporelles et les performances zootechniques chez les brebis laitières ?* ». Lieu de soutenance : Rennes. Nombre de pages : 49
43. MANN, S., NYDAM, D. V., LOCK, A. L., OVERTON, T. R. et MCART, J. a. A, 2016. « *Short communication: Association of milk fatty acids with early lactation hyperketonaemia and elevated concentration of non esterified fatty acids* ». Dans : *Journal of Dairy Science* [En ligne]. Elsevier, Juillet 2016, Vol. 99, n° 7, p. 5851-5857. DOI [10.3168/jds.2016-10920](https://doi.org/10.3168/jds.2016-10920). [Consulté le 25 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(16\)30267-3/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30267-3/fulltext)

44. MÄNTYSAARI, P., MÄNTYSAARI, E. A., KOKKONEN, T., MEHTIÖ, T., KAJAVA, S., GRELET, C., LIDAUER, P. et LIDAUER, M. H., 2019. « *Body and milk traits as indicators of dairy cow energy status in early lactation* ». Dans : *Journal of Dairy Science* [En ligne]. Elsevier, Septembre 2019, Vol. 102, n° 9, p. 7904-7916. DOI [10.3168/jds.2018-15792](https://doi.org/10.3168/jds.2018-15792). [Consulté le 25 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(19\)30585-5/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(19)30585-5/fulltext)
45. MORIN E., de BOISSIEU C., MURAT C., VIDAL J.C., RIVEMALE N., DROCHON L., LIQUIERE B., NOUBEL G., MATHIEU J.C., 2021. « *Systèmes ovins laitiers présents en Occitanie (AOP Roquefort) _cas-types en conjoncture 2020.* ». Dans : *IDELE*. [En ligne]. Décembre 2021. [Consulté le 29 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : https://idele.fr/inosys-reseaux-elevage/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fa275ba39-0d6b-4790-abb7-581e9b270f6d&cHash=c58d6084d43025c631a724d5607d8836
46. NATUROSAPIENS, 2023. « *Les bienfaits du lait cru* ». Dans : *Alimentation*. [En ligne]. 26 juillet 2023. [Consulté le 09 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://naturesapiens.fr/bienfaits-du-lait-cru/#identifier_2_3086
47. PIRES, J. a. A., LARSEN, T. et LEROUX, C., 2022. « *Milk metabolites and fatty acids as non-invasive biomarkers of metabolic status and energy balance in early-lactation cows* ». Dans : *Journal of Dairy Science* [En ligne]. Elsevier, Janvier 2022, Vol. 105, n° 1, p. 201-220. DOI [10.3168/jds.2021-20465](https://doi.org/10.3168/jds.2021-20465). [Consulté le 25 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(21\)00929-2/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(21)00929-2/fulltext)
48. RICORDEAU, G. et LEFEBVRE, J., 1978. « *Paramètres génétiques de la quantité de lait et de la composition du lait en matière grasse, protéique et calcium.* ». Dans : *Station de génétique quantitative et appliquée* [En ligne]. 1978, p. 189. Journée de génétique animale. [Consulté le 27 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://gsejournal.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/1297-9686-1-2-188B.pdf>
49. RYSCHAWY, J., TICHIT, M., BERTRAND, S., ALLAIRE, G., PLANTUREUX, S., AZNAR, O., PERROT, C., GUINOT, C., JOSIEN, E., LASSEUR, J., AUBERT, C., TCHAKERIAN, E. et DISENHAUS, C., 2020. « *Comment évaluer les services rendus par l'élevage ? Une première approche méthodologique sur le cas de la France* ». Dans : *INRA Productions Animales* [En ligne]. Janvier 2020, Vol. 28, n° 1, p. 23-38. DOI [10.20870/productions-animales.2015.28.1.3008](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2015.28.1.3008). [Consulté le 03 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://hal.science/hal-01198278/document>
50. SMITH, S. L., DENHOLM, S. J., COFFEY, M. P. et WALL, E., 2019. « *Energy profiling of dairy cows from routine milk mid-infrared analysis.* ». Dans : *Journal of Dairy Science* [En ligne]. Décembre 2019, Vol. 102, n° 12, p. 11169-11179. DOI [10.3168/jds.2018-16112](https://doi.org/10.3168/jds.2018-16112). [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31587910/>
51. SMETI, S, ATTI, N, MAHOUACHI, M et MEDNINI, M., 2012. « *Effets de la nature du fourrage sur l'ingestion, la digestibilité et la croissance chez des agneaux en finition de races Barbarine et Noire de Thibar* ». Dans : *Livestock Research for Rural Development*. [En ligne]. Janvier 2012, Vol. 24. [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/236151929_Effets_de_la_nature_du_fourrage_sur_l%27ingestion_la_digestibilite_et_la_croissance_chez_des_agneaux_en_finition_de_races_Barbarine_et_Noire_de_Thibar

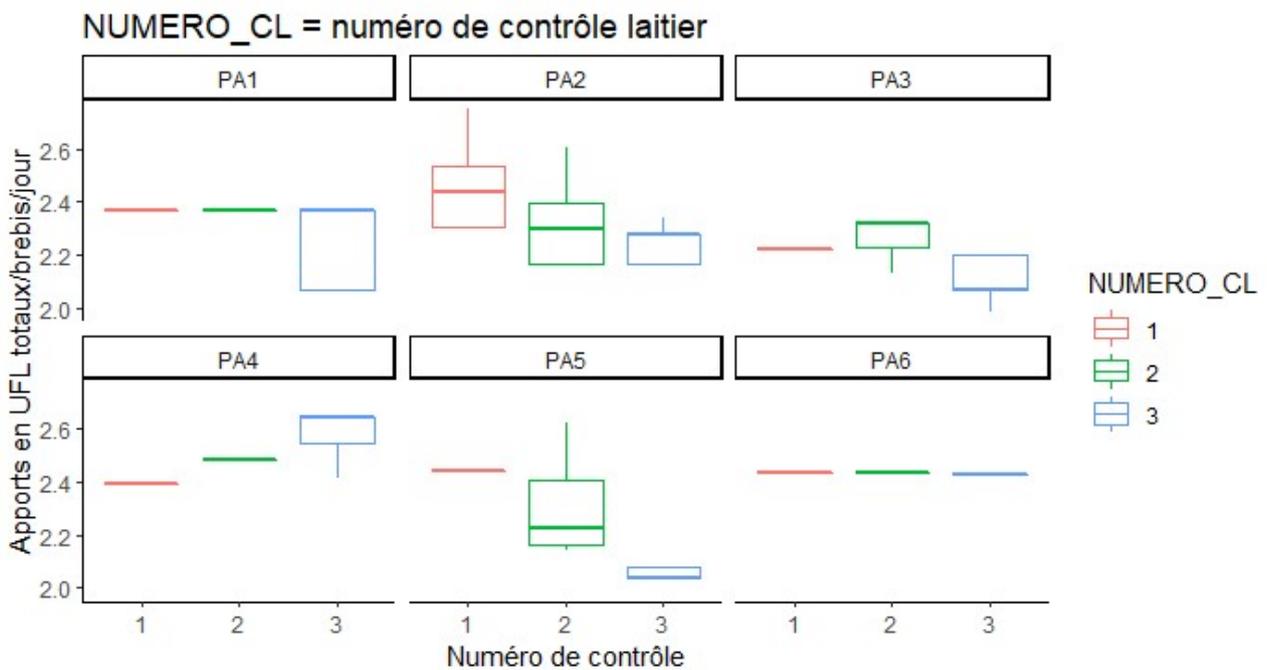
52. SOYEURT, H., DARDENNE, P., DEHARENG, F., LOGNAY, G., VESELKO, D., MARLIER, M., BERTOZZI, C., MAYERES, P. et GENGLER, N., 2006. « *Estimating fatty acid content in cow milk using mid-infrared spectrometry.* » Dans : *Journal of Dairy Science* [En ligne]. Septembre 2006, Vol. 89, n° 9, p. 3690-3695. DOI [10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72409-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72409-2). [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16899705/>
53. VLAEMINCK, B., FIEVEZ, V., CABRITA, A. R. J., FONSECA, A. J. M. et DEWHURST, R. J., 2006. « *Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review* ». Dans : *Animal Feed Science and Technology* [En ligne]. Décembre 2006, Vol. 131, n° 3, p. 389-417. Special Issue : Modifying Milk Composition. DOI [10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017). [Consulté le 30 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840106002707?via%3Dihub>

Tables des annexes

Annexe 1 : Apports totaux en UFL/ jours/brebis sur les trois premiers contrôles en fonction des élevages sur le bassin de Roquefort (source personnelle).....	
Annexe 2 : Apports totaux en UFL/jours/brebis sur les trois brebis contrôles en fonction des élevages sur le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).	
Annexe 4 : Apports totaux en g de PDI/jours/brebis sur les trois premiers contrôles en fonction de l'élevage sur le bassin de Roquefort (source personnelle).	
Annexe 3 : Apports totaux en g de PDI/jours/brebis sur les trois premiers contrôles en fonction des élevages sur le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).	
Annexe 5 : Présentation de la structure d'une partie de la base de données finale utilisée pour les traitements statistiques (source personnelle).....	



Annexe 1 : Apports totaux en UFL/ jours/brebis sur les trois premiers contrôles en fonction des élevages sur le bassin de Roquefort (source personnelle).



Annexe 2 : Apports totaux en UFL/jours/brebis sur les trois brebis contrôles en fonction des élevages sur le bassin des Pyrénées-Atlantiques (source personnelle).

	CAMP	ORGA	RACE	NULAOO	DATAGO	MOREPO	PORTEO	AGAGNE	DUTRAO	PRLAIO
1	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	729	191	536.0
2	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	729	191	536.0
3	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	729	191	536.0
4	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	729	191	536.0
5	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	729	191	536.0
6	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	729	191	536.0
7	2020	UNOT	10	2	2020-01-18	3	1	745	175	399.9
8	2020	UNOT	10	2	2020-01-18	3	1	745	175	399.9
9	2020	UNOT	10	2	2020-01-18	3	1	745	175	399.9
10	2020	UNOT	10	2	2020-01-18	3	1	745	175	399.9
11	2020	UNOT	10	2	2020-01-18	3	1	745	175	399.9
12	2020	UNOT	10	2	2020-01-05	1	1	732	188	355.8
13	2020	UNOT	10	2	2020-01-05	1	1	732	188	355.8
14	2020	UNOT	10	2	2020-01-05	1	1	732	188	355.8
15	2020	UNOT	10	2	2020-01-05	1	1	732	188	355.8
16	2020	UNOT	10	2	2020-01-05	1	1	732	188	355.8
17	2020	UNOT	10	2	2020-01-05	1	1	732	188	355.8
18	2020	UNOT	10	2	2020-03-07	3	2	793	76	214.1
19	2020	UNOT	10	2	2020-03-07	3	2	793	76	214.1
20	2020	UNOT	10	2	2020-03-07	3	2	793	76	214.1
21	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	728	191	517.1
22	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	728	191	517.1
23	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	728	191	517.1
24	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	728	191	517.1
25	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	728	191	517.1
26	2020	UNOT	10	2	2020-01-02	1	1	728	191	517.1
27	2020	UNOT	10	2	2019-12-18	9	2	712	206	449.7
28	2020	UNOT	10	2	2019-12-18	9	2	712	206	449.7
29	2020	UNOT	10	2	2019-12-18	9	2	712	206	449.7

Annexe 5 : Présentation de la structure d'une partie de la base de données finale utilisée pour les traitements statistiques (source personnelle).

Camp : campagne laitière

Orga : Organisme de suivi

Race : 10 = Lacaune

Nulao = numéro de lactation

Datago = date de mise bas

Morepo = mode de reproduction

Porteo = prolificité à l'agnelage

Agagne = âge à l'agnelage

Dutrao = durée de traite en jours

Prlaio = production laitière totale sur la campagne



PRIVAT, Anthony, 2023, « Comment caractériser la couverture des besoins alimentaires au cours de la période de début lactation à partir de la composition du lait des brebis laitières ? », 40 pages, Mémoire de fin d'études, VetAgro-Sup - Campus agronomique de Clermont – 89 Avenue de l'Europe, 63370 Lempdes.

STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES :

- ◆ Institut de l'Elevage (IDELE)
- ◆ Institut nationale de la recherche Agronomique et de l'Environnement (INRAE)
- ◆ Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT)
- ◆ Union Ovine Technique (UNOTEC)

ENCADRANTS :

- ◆ Tuteurs de stage : CORBIERE Fabien (INRAE-ENVT), FANCA Barbara (IDELE), LAGRIFFOUL Gilles (INRA)
- ◆ Tuteur pédagogique : BEDUE Anaïs (VetAgro-Sup)
- ◆ Maître d'apprentissage : BATUT Laurent (UNOTEC)

OPTION : Adapter l'Elevage aux nouveaux Enjeux (A2E)

RESUMÉ

Dans le cadre du projet IRMA, 15 élevages commerciaux ont été mobilisés, dont 7 dans les Pyrénées-Atlantiques (races Basco-Béarnaise, Manech tête noire et rousse) et 8 dans le rayon de Roquefort (en race Lacaune), afin de collecter des données liées à l'alimentation, les notes d'état corporel et les performances laitières. L'objectif était de mettre à en avant le lien entre les composants du lait au premier contrôle laitier et un déficit énergétique sur la période critique de début de lactation en brebis laitières. De nombreux effets du bilan énergétique sur les composants du lait ont pu être mis en évidence dans la littérature, notamment en vaches laitières sur les acides gras du lait.

A partir des variations de l'état corporel entre la fin gestation et le premier contrôle laitier, des groupes de brebis ont été définis. Faute de temps le bassin des Pyrénées-Atlantiques ainsi que l'ensemble des composants du lait non pas pu être étudiés, néanmoins il est apparu des différences au niveau des acides gras : certains à chaînes courtes et moyennes (<C17) comme le C7 :0, C9 :0 et le C10 :0 sont présents en quantités plus importantes pour les brebis avec un bilan énergétique positif.

A contrario, la proportion de certains acides gras longs (>C16), et particulièrement le C18 :1cis (acide oléique), augmentent en cas de mobilisation des réserves corporelles car ils sont issus des tissus adipeux.

Mots clés : Ovin lait – Début lactation – Déficit énergétique – Note d'Etat Corporel (NEC) – Technologies MIR – Acides gras du lait

ABSTRACT

As part of the IRMA project, 15 commercial farms were mobilized, including 7 breeders in Pyrénées-Atlantiques (Basco-Béarnaise and Manech black and red head) and 8 herds in the Roquefort area (Lacaune breed), to collect data related feed, body condition scores and dairy performances. The objective was to highlight the link between the components of milk at first milk recording and a negative energy balance during the critical period of the beginning of the lactation in dairy ewes.

Numerous effects of the energy balance on the components of milk have been put forward in the literature, particularly in dairy cows on the milk fatty acids.

From the variations in body condition between the end of gestation and the first milk recording, groups of ewes were created. Due to lack of time, the breeders in Pyrénées-Atlantiques as well as the whole milk components could not be studied, nevertheless there are differences between the groups for fatty acids : some short and medium fatty acids (<C17) such as C7:0, C9:0 and C10:0 are present in bigger quantities for ewes with a positive energy balance.

On the other hand, the proportion of certain long fatty acids (>C16), and specially C18:1cis (oleic acid) increases in the case of body reserves mobilizations because it provides by fat tissue.

Key words: Dairy ewes – beginning of lactation – negative energy balance – Body Condition Scoring (BCS) – Mid infra-red spectra technologies – Milk fatty acids