



UNIVERSITÀ DI CORSICA

PASQUALE PAOLI

CULLETTIVITÀ DI **CORSICA**  
COLLECTIVITÉ DE **CORSE**

Uffiziu di u Sviluppu  
Agricolu è Ruralu di Corsica  
Office du Développement  
Agricole et Rural de Corse



**Université de Corse Pascal Paoli**  
**Faculté des Sciences et Techniques**  
**MASTER 2 SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'AGRICULTURE, DE**  
**L'ALIMENTATION ET DU VIVANT**  
**PARCOURS Qualité Des Productions Agroalimentaires (QPA)**  
Année universitaire 2019-2020



**CONTRIBUTION A L'ETUDE DU LAIT DE BREBIS DE RACE CORSE**

**Influence du système d'élevage sur la  
composition biochimique du lait de brebis  
(acides gras, protéines, lactose, urée)**

Laboratoire d'accueil : Station expérimentale d'élevage de l'ODARC

Mémoire présenté par **Nina BOUICHOU**

Sous la responsabilité de **M. ANGE BIANCHINI**

Juin 2020

## **PREAMBULE**

Étant donné les évènements liés au contexte sanitaire national engendrés par la Covid-19, le sujet de ce stage a dû être reconsidéré. Les travaux initialement prévus (large échantillonnage, dosage des acides gras par CPG, dosage du lactose et de l'urée par des méthodes enzymatiques, etc.) n'ont pu être réalisés car la mesure de confinement obligatoire décrétée par l'État nous a obligé à stopper toutes nos activités en laboratoire et nous a empêché de prélever les échantillons de lait nécessaires à notre étude. En conséquence, les expérimentations et le nombre de résultats attendus ont été considérablement réduits. Il en est de même de notre collaboration avec le laboratoire Agrolab's situé à Aurillac, vers lequel l'acheminement des échantillons a été sensiblement perturbé durant la période de reprise de nos activités, entraînant d'important retards d'analyses et une réception tardive des résultats.

L'ensemble des données présentées ici s'inscrivent dans le cadre de la thèse d'Ange-Marie Pasquali. Elles sont issues d'analyses effectuées en spectroscopie MIR au laboratoire Agrolab's, et concernent les mois de janvier et mai 2020.

## REMERCIEMENTS

Avant toute chose, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidée à la rédaction de ce mémoire. Je voudrais dans un premier temps remercier grandement Ange Bianchini, responsable technique des filières animales (Division Economie Rurale) au sein de la station de l'ODARC basé à Altiani, pour sa confiance, ses missions valorisantes, mais également d'avoir su trouver du temps pour m'accompagner sans relâche et répondre à mes questions.

Tout comme Monsieur François Casabianca (INRA) pour sa bienveillance à mon égard mais surtout de m'avoir donné la chance de participer au projet de recherche concernant la composition du lait de brebis de race Corse.

Je souhaiterai également témoigner toute ma reconnaissance à Ange Marie Pasquali, doctorant depuis presque un an maintenant au sein de la station, qui a su m'encadrer avec beaucoup de pédagogie, faire de preuve de soutien et d'écoute.

L'enseignement dispensé en Master QPA mais également mes formations ultérieures, m'ont également beaucoup apporté et m'ont permis de mettre en application l'ensemble des compétences acquises durant mes 5 années d'étude.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes amis et collègues, trop nombreux pour les citer, qui m'ont apporté leur soutien moral tout au long du stage et qui m'ont rapidement intégré au sein de l'équipe. Il en va de même pour les éleveurs que j'ai pu rencontrer et les techniciens de la Chambre d'Agriculture de Haute Corse avec qui j'ai réalisé de nombreux Contrôle Laitiers Officiels (CLO) et ce sur l'ensemble du département.

Enfin un grand merci à la station de l'ODARC d'Altiani de m'avoir accueillie dans leurs locaux malgré les circonstances, durant ces différents mois de stage.

## PRESENTATION DE LA STRUCTURE

L'Office du Développement Agricole et Rural de Corse (ODARC) est un Établissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC) placé sous la tutelle de la Collectivité de Corse. Il a pour mission de proposer et de déployer des dispositifs financiers en lien avec les orientations politiques fixées par l'Assemblée de Corse en matière de développement agricole et rural régional. Ces dispositifs financiers prennent la forme de programmes stratégiques opérationnels adaptés aux enjeux spécifiques de la Corse. Il s'agit principalement du Programme de Développement Rural de la Corse (PDRC) ou du Plan d'Avenir (PDA). Chaque programme est doté de fonds spécifiques européens (Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural ou FEADER), régionaux et nationaux qui concourent, notamment, à la modernisation des exploitations agricoles, à l'installation des jeunes agriculteurs, à la mise en place de bonnes pratiques environnementales et au développement des filières de production.

A sa création, l'ODARC a été doté de deux stations expérimentales : l'une, située à Migliacciaru, est dédiée à l'amélioration des cultures de fourrages et de céréales ; l'autre, située à Altiani, est spécialisée dans la conduite d'élevage ovin. C'est au sein de la station expérimentale d'Altiani que j'ai réalisé mon stage. Cette dernière dispose d'une assise foncière constituée de 52 hectares de prairies et parcours ainsi que d'infrastructures dédiées à des fonctions spécifiques : une bergerie et une fromagerie expérimentale, un centre d'insémination artificielle ovin, un haras de boucs, une verraterie et une miellerie. Ces outils sont mis à la disposition de différents groupements professionnels des secteurs ovin, caprin, porcine et apicole. Le site d'Altiani est un Pôle de Compétences en Élevage qui favorise l'échange d'informations entre professionnels.

La plateforme expérimentale d'Altiani sert également de support à des activités de recherche sur la qualité du lait corse menées en collaboration avec différents partenaires institutionnels et professionnels régionaux (INRAE-LRDE<sup>1</sup>, Université de Corse, Chambres d'Agriculture, ILOCC<sup>2</sup>, OS Pecura Corsa<sup>3</sup>...) et nationaux (INRAE, Idele<sup>4</sup>, CNBL<sup>5</sup>...).

---

<sup>1</sup> Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement - Laboratoire de recherche pour le développement de l'élevage

<sup>2</sup> Interprofession laitière ovine et caprine de Corse

<sup>3</sup> Organisme de sélection de la race ovine corse - Pecura corsa

<sup>4</sup> Institut de l'élevage

<sup>5</sup> Comité national brebis laitière

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## **Tableaux**

<i>Tableau I : Composition moyenne (%) du lait de différents ruminants (Lagriffoul et al., 2008)</i>	2
<i>Tableau II : Résultats par groupe typologique (Comité technique OS Corse)</i>	12
<i>Tableau III : Classification des différents systèmes d'élevages</i>	13
<i>Tableau IV : Principales teneurs des composants retrouvés dans le lait de brebis en janvier 2020 selon le SE après analyse MIR (LIAL 2020)</i>	17
<i>Tableau V : Principales teneurs des composants retrouvés dans le lait de brebis en mai 2020 selon le SE après analyse MIR (LIAL 2020)</i>	25

## **Figures**

<i>Figure 1 : Position des carbones n° 1 et 6 sur la molécule d'acide linoléique dans le mode de nomenclature de type « oméga » (d'après (Létondor 2013))</i>	3
<i>Figure 2 : Cercle des corrélations des variables quantitatives (Janvier 2020)</i>	18
<i>Figure 3 : Graphique des individus (Janvier 2020)</i>	20
<i>Figure 4 : Cercle des corrélations des variables quantitatives (Mai 2020)</i>	26
<i>Figure 5 : Graphique des individus (Mai 2020)</i>	26

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

- AG : Acides Gras
- AGI : Acide Gras Insaturés
- AGS : Acide Gras Saturés
- AGMI : Acides Gras Mono-Insaturés
- AGPI : Acides Gras Polyinsaturés
- BH : Biohydrogénation ruminale
- CLO : Contrôle Laitier Officiel
- EMAG : Esters Méthyliques d'Acides Gras
- FI : Fourrager Intensif
- FSI : Fourrager Semi Intensif
- IUPAC : International Union of Pure and Applied Chemistry
- MO : Microorganismes
- MSU : Matière Sèche Utile
- PFaC : Pastoral Faible Complémentation
- PFC : Pastoral Forte Complémentation
- TB : Taux Butyreux
- TP : Taux Protéique
- SE : Système d'Élevage
- SAU : Surface Agricole Utilisée

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>2</b>
<b>A. Le lait et sa composition</b>	<b>2</b>
1) La matière grasse et les acides gras	3
a) Généralités	3
b) Métabolisme des AG du lait	4
c) Les impacts du régime alimentaire	4
2) Le lactose	5
3) Les matières azotées : protéines et urée	6
a) Les protéines	6
b) L'urée	6
<b>B. Approche expérimentale</b>	<b>7</b>
1) Dosage multi-paramètre : la spectroscopie MIR	7
2) Dosage des acides gras : la CPG	8
3) Dosage du lactose : la CLHP et la pH-métrie différentielle	9
4) Dosage des protéines : la CLHP et l'électrophorèse capillaire	9
5) Dosage de l'urée	10
<b>II. MATÉRIELS ET MÉTHODE</b>	<b>11</b>
1) Détermination des systèmes d'élevage	11
2) Échantillonnage	13
3) Analyse des échantillons par spectroscopie MIR	14
4) Méthodes statistiques	14
<b>III. RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>16</b>
1) Étude de l'influence du système d'élevage sur la composition biochimique du lait en période hivernale	16
a) Approche globale de la composition du lait en janvier	16
b) Résultats de l'ACP effectuée sur les échantillons de lait prélevés au mois de janvier	18
c) Discussion et perspectives	21
2) Étude de l'influence du système d'élevage sur la composition biochimique du lait en période printanière	24
a) Approche globale de la composition du lait en mai	25
b) Résultats de l'ACP effectuée sur les échantillons de lait prélevés au mois de mai	25
c) Discussion et perspectives	27
<b>CONCLUSION</b>	<b>29</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>31</b>
<b>ANNEXES</b>	

## INTRODUCTION

En France, l'élevage ovin laitier est présent dans trois bassins traditionnels de production : le Rayon de Roquefort, les Pyrénées Atlantiques et la Corse. Il contribue de façon importante au développement économique et environnemental des territoires de montagne.

Le lait de brebis est principalement utilisé pour la fabrication de fromages. Souvent transformé cru, il requiert une grande qualité, tant du point de vue physico-chimique que biologique. La connaissance de la composition physico-chimique du lait de brebis fait actuellement l'objet d'un intérêt majeur au niveau de la filière laitière nationale. Elle est au centre d'enjeux économiques (paiement du lait à la qualité), technologiques (transformation fromagère) et sociétaux (exigence qualitative des nouveaux modes de consommation). En outre, elle est également source d'indicateurs permettant d'améliorer la conduite des élevages.

Plusieurs études ont déjà été menées sur différents aspects du lait de brebis, mais les connaissances acquises demeurent toujours insuffisantes dans certains domaines particuliers qui concernent, par exemple, l'influence de facteurs exogènes sur la qualité du lait ou encore certains paramètres de fromageabilité. En outre, peu de travaux ont été consacrés à l'étude du lait de brebis corses.

Dans ce contexte, l'ODARC, le laboratoire SPE de l'Université de Corse et l'INRAE-LRDE ont proposé un programme de recherche visant à améliorer nos connaissances de la qualité du lait de brebis de race Corse et des facteurs de variation associés. Ce programme fait actuellement l'objet d'une thèse encadrée par les trois organismes partenaires et menée par Ange-Marie Pasquali, doctorant à l'Université de Corse, sous la direction des professeurs Liliane Berti et Alain Muselli.

En effet, en Corse, on observe des conduites d'élevage très différentes qui sont souvent la résultante d'un ensemble de contraintes et de potentialités d'ordre physique (pente, altitude, végétation, irrigation, etc.), administratif (maîtrise foncière, etc.), technique (savoir-faire, etc.) et financier (investissements, etc.). Ces différences vont se situer, notamment, au niveau des surfaces de pâturages (parcours, prairies), de la complémentation alimentaire (fourrages secs, aliment concentré, céréales) et du mode de traite (mono-traite ou bi-traite).

Dans le cadre de mon stage, nous nous intéresserons plus spécifiquement à **l'influence du système d'élevage sur la composition biochimique du lait de brebis** (acides gras, protéines, urée, lactose).

Il s'agit d'effectuer une étude exploratoire visant à préparer une étude plus complète qui devrait être réalisée lors de la prochaine campagne de production laitière.

# I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

## A. Le lait et sa composition

Le lait et ses produits dérivés sont strictement encadrés d'un point de vue réglementaire. Selon le règlement européen : « *la dénomination lait est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction* » (Règlement (CE) «OCM unique» n°1234/2007 2009).

Le lait est un mélange complexe généralement constitué de 80 à 90 % d'eau selon les espèces (Tableau I). La matière sèche restante comporte :

- une solution vraie : glucides (lactose), protéines solubles, vitamines et minéraux,
- une solution colloïdale : protéines (en particulier les caséines),
- une émulsion : matières grasses.

Tableau I : Composition moyenne (%) du lait de différents ruminants (Lagriffoul et al., 2008)

	Eau	Matière sèche (MS)	Protéines (matières azotées)		Lipides	Lactose (glucides)	Matières minérales
			Totales	Caséines			Totales
Vache	90	13	3,0-3,5	2,7-3,0	3,5-4,0	4,5-5,0	8-10
Chèvre	90	14	3,5-4,0	3,0-3,5	4,0-4,5	4,0-4,5	8-10
<b>Brebis</b>	<b>83</b>	<b>19</b>	<b>4,7-6,0</b>	<b>3,7-5,0</b>	<b>4,0-7,5</b>	<b>4,1-5,5</b>	<b>10-12</b>

Le lait de brebis contient en moyenne 83 % d'eau, 6 % de lipides, 5 % de protéines (caséines, albumines et lactoglobulines), 5 % de glucides et environ 1 % de vitamines et minéraux. Avec une teneur moyenne en matière sèche de 19 %, le lait de brebis est plus riche que les laits de vache et de chèvre. Le taux de lipide peut atteindre jusqu'à 8 % et la teneur en minéraux, 1 à 1,2 % (Comité Lait de Brebis de l'Office de l'Élevage 2008) (Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEM RCN) 2009). La composition qualitative du lait reste relativement similaire pour l'ensemble des mammifères (FAO.org s.d.), tandis que certaines différences apparaissent d'un point de vue quantitatif.

De nombreuses études ont mis en évidence l'influence de différents paramètres sur la composition du lait : facteurs génétiques et race, saison (hiver en bergerie, printemps au pâturage...), système de traite, type d'alimentation, etc. (Bocquier et Caja 2001) (Barillet et al., 2016) (Prache et al., 2018).

## 1) La matière grasse et les acides gras

### a) Généralités

La matière grasse est principalement constituée d'acides gras (AG). Ceux-ci se caractérisent par une chaîne aliphatique hydrocarbonée pourvue d'une fonction carboxylique terminale (-COOH). Dans la nature, les acides gras peuvent s'associer et former, par l'intermédiaire du glycérol, de longues chaînes constituées de 4 à 36 atomes de carbone (4 à 24 atomes de carbone pour le lait de brebis) (Cuvelier *et al.*, 2004). Les AG sont également classés en fonction de leur niveau d'insaturation : les AGS (saturés) ne comportent que des liaisons simples entre les carbones tandis que les AGI (insaturés) présentent une ou plusieurs insaturations.

Plusieurs types de nomenclatures peuvent être utilisées pour dénommer les acides gras : normalisée (règles IUPAC), usuelle (noms triviaux), oméga (numérotation des carbones à partir du groupement méthyle de la chaîne linéaire principale) ou biochimique (International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature 1968;1978). Dans ce mémoire, nous utiliserons la nomenclature usuelle associée à la nomenclature biochimique basée sur le principe « oméga », comme le montre l'exemple de la Figure 1.

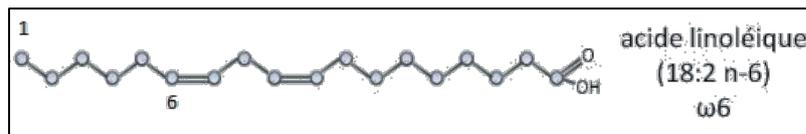


Figure 1 : Position des carbones n° 1 et 6 sur la molécule d'acide linoléique dans le mode de nomenclature de type « oméga » (d'après (Létondor 2013))

Les principaux acides gras du lait de brebis (avec une alimentation classique/témoin) sont en majorité saturés (AGS, environ 70 %). Il s'agit principalement des acides palmitique (C16:0), stéarique (C18:0), myristique (C14:0), caprique (C10:0) et laurique (C12:0). Comme dans les laits issus d'autres espèces de ruminants, l'acide palmitique est le plus représenté (25 à 26 % selon la race ovine considérée). On trouve également 25 % d'AGMI, notamment l'acide oléique, et environ 6 % d'AGPI, majoritairement de l'acide linoléique (Gelée *et al.*, 2014) (Chilliard *et al.*, 2007).

### ***b) Métabolisme des AG du lait***

Les AG du lait, majoritairement présents sous la forme de triglycérides, ont une double origine : soit la glande mammaire les prélève dans le sang artériel, soit elle les synthétise *de novo*, principalement à partir de l'acétate et du  $\beta$ -hydroxybutyrate (Chilliard *et al.*, 2007).

Les AG d'origine sanguine proviennent en majorité de la ration alimentaire servie à l'animal, mais également de la mobilisation des tissus adipeux et, dans une moindre mesure, des microorganismes du rumen. Il s'agit d'AG à longue chaîne (une partie des C16 et les AG à 18 ou plus atomes de carbone), lesquels peuvent éventuellement subir une désaturation au niveau du réticulum endoplasmique.

La synthèse *de novo* conduit à la formation d'AG à chaînes courtes et moyennes constituées d'un nombre pair de 4 à 16 atomes de carbone. Lorsque la quantité d'AG à 16 et 18 carbones prélevés dans le sang par la mamelle s'accroît, par exemple en cas de supplémentation lipidique de la ration alimentaire ou en cas de mobilisation du tissu adipeux, la synthèse *de novo* des AG diminue.

Les lipides alimentaires des ruminants sont riches en AG insaturés, lesquels sont toxiques pour certains microorganismes du rumen. Pour contrer ces effets nocifs, la population microbienne a recours à des mécanismes biochimiques qui lui permettent de saturer les chaînes d'AG lors de leur passage dans le rumen : c'est la biohydrogénation ruminale. L'aboutissement de ce processus est la production d'acide stéarique (C18:0), mais de nombreux AG intermédiaires peuvent être absorbés par les différentes parois du système digestif et se retrouver finalement dans le lait, notamment des AG *trans* (principalement *trans*-11 et *trans*-10) (Chilliard *et al.*, 2007) (Leroux *et al.*, 2013) (Enjalbert et Meynadier 2016).

### ***c) Les impacts du régime alimentaire***

Le régime alimentaire des brebis varie au cours de la campagne de production et peut engendrer une modification rapide et réversible de la composition du lait (Leroux *et al.*, 2013).

Par exemple, la matière grasse (MG) et la matière protéique (MP) sont respectivement corrélées négativement et positivement au bilan énergétique de l'animal. De ce fait, une alimentation trop riche (*ie* supérieures aux besoins) se traduit par une diminution de la teneur en MG et une augmentation de la teneur en MP (Legarto *et al.*, 2014).

En outre, une alimentation trop riche en énergie (aliment concentré, céréales) provoque une augmentation de la biohydrogénation ruminale et une diminution de la synthèse *de novo*.

Cette modification des processus métaboliques conduit à une légère diminution de la teneur en AGS et à un accroissement de la concentration en AGI (Dewhurst *et al.*, 2006). De plus l'acidification causée par un apport trop important d'aliment concentré détourne la biohydrogénation de sa voie principale, ce qui conduit en autres à une nette diminution du taux butyreux (TB) (Doreau *et al.*, 2012).

Les brebis majoritairement nourries à l'herbe, favorisent également le processus de biohydrogénation ruminale qui conduit au ralentissement de la synthèse *de novo*, ce qui tend à augmenter les teneurs en AGI et à diminuer celles en AGS (Chilliard *et al.*, 2007).

Quel que soit le bassin de production, plusieurs producteurs laitiers ovins observent une variation de la teneur en matière grasse au cours de la campagne de production : une phase de croissance de janvier à avril, au cours de laquelle la teneur passe de 20 à 25 %, puis une phase de décroissance durant la période estivale (Comité Lait de Brebis de l'Office de l'Élevage 2008). Cela serait dû à une baisse de la consommation de fourrage causée par le stress de chaleur, conséquence de la thermorégulation de l'animal qui le conduit ainsi à réduire sa consommation alimentaire et donc sa fermentation ruminale (Morand-Fehr et Doreau 2001).

## 2) *Le lactose*

Le lactose est le principal sucre naturellement présent dans le lait. Il est composé de deux sucres simples, le glucose et le galactose, pouvant être scindés par une enzyme, la lactase. Le lactose est synthétisé dans l'appareil de Golgi des acini mammaires à partir du glucose prélevé dans la circulation sanguine (Couteils 2017). Chez la brebis, la synthèse de lactose est un paramètre caractéristique du volume de production laitière (Fayolle 2015).

Dans le lait de brebis, on trouve en moyenne 5 % de lactose, contre 7 % dans le lait humain. Ce paramètre, qui varie en fonction du régime alimentaire auquel est soumis l'animal, permet de suivre l'état de santé de ce dernier et, notamment, de déceler tout risque d'acétonémie (appelée également cétose ou acétose). Cette maladie métabolique est liée à un rationnement alimentaire inadéquat (en excès ou par défaut) entraînant une action toxique sur le système nerveux, pouvant conduire à la mort de l'animal (Bareille *et al* 1995).

Le dosage du lactose est donc un système d'alerte permettant d'agir sur l'équilibre des rations puisqu'en effet, l'acétonémie entraîne une augmentation du taux butyreux (accroissement des teneurs en AG et donc de la synthèse de la matière grasse) et diminue le taux protéique car une

partie des protéines sert à la production d'énergie (Laur 2003). C'est donc un bon indicateur de production lié à la fois à la santé et à l'alimentation de l'animal.

### **3) Les matières azotées : protéines et urée**

Le lait de brebis comprend différentes matières azotées : les matières protéiques (caséines et protéines du lactosérum) et les matières non protéiques (principalement de l'urée).

#### **a) Les protéines**

Les protéines sont constituées par une ou plusieurs chaînes d'acides aminés (AA) pourvus d'une fonction amine (NH<sub>2</sub>). Lors des différentes étapes du métabolisme, les AA sont dégradés et la fonction amine est libérée. Celle-ci peut servir à former de l'ammoniac qui sera ensuite transformé rapidement en urée par le foie.

Les protéines du lait sont majoritairement des caséines (environ 80 %). On y trouve aussi des protéines solubles (albumines, lactoglobulines, etc.) et des enzymes (Comité Lait de Brebis de l'Office de l'Élevage 2008).

Les caséines ne sont pas des entités rigoureusement définies et homogènes. Il en existe en effet plusieurs fractions ( $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa$ ) distinctes par leurs caractéristiques. Chaque fraction possède également plusieurs isoformes.

Une étude a été réalisée par l'institut de l'élevage afin d'étudier l'impact des conduites d'élevages sur la composition protéique. En analysant les teneurs relatives de chacune des protéines ainsi que leur cinétique de protéolyse respective, il a été prouvé qu'en élevage bovin lait, le système d'élevage et la ration alimentaire distribués aux animaux (apport d'herbe ou non, quantité de fourrage, etc.) avait peu d'influence sur la composition et la teneur en matière protéique du lait (Synagri 2014).

#### **b) L'urée**

L'urée provient de la dégradation des protéines. Sa teneur moyenne dans le lait de brebis est voisine de 300 mg/L, mais elle varie fortement selon les élevages (entre 200 et 500 mg/L) (Lagriffoul *et al.*, 1999).

Une ration alimentaire trop riche en protéines se traduit par une augmentation du taux d'urée (SICA-CREOM Centre Départemental de l'Élevage Ovin 2000). La teneur en urée est donc un

bon indicateur de l'équilibre azoté de la ration. Si elle est trop élevée, cela traduit un « gaspillage » de protéines par l'animal et une mise en danger de sa santé.

En outre, le taux d'urée permet à l'éleveur d'ajuster ses dépenses d'alimentation protéique tout en optimisant l'efficacité du rationnement (Lagriffoul *et al.*, 1999).

Un taux élevé d'urée dans le lait peut être également causé par un excès de protéines en relation avec l'énergie disponible pour les utiliser (on parle de statut protéique). Ce ratio protéines/énergie est le facteur nutritionnel ayant le plus d'impact sur le taux d'urée comparé à l'ensemble des matières sèches ingérées car c'est cette énergie qui influence la quantité de protéines utilisée par les microorganismes (Lewis 1957). De ce fait, une augmentation en apport énergétique de la ration permettrait de réduire le taux d'urée. Le fourrage par exemple, source de fibres digestibles, est une forme d'énergie disponible pour la flore microbienne contribuant à la réduction du taux d'urée dans le lait (Conseil des Productions Animales du Québec 1998).

En résumé, un taux élevé d'urée peut traduire à la fois un taux excessif de protéines, un manque d'énergie fermentescible ou bien une mauvaise dégradation ruminale. De plus, il entraîne une diminution anormale du pH dans le rumen qui peut provoquer une acidose ruminale chronique (ARC). Ce trouble induit une réduction de l'efficacité du rumen, donc de la synthèse d'AG et, par réaction en chaîne : une diminution de la production laitière, une détérioration de l'état sanitaire de l'animal et une augmentation des mises à la réforme prématurées (Mutsvangwa 2019).

## **B. Approche expérimentale**

Les constituants du lait sont analysés à l'aide de différentes méthodes dont la mise en œuvre dépend de l'objectif recherché. Globalement, les méthodes de références, spécifiques, coûteuses et chronophages, sont utilisées dans les cas où la précision de la mesure est requise tandis que la spectrométrie dans le moyen infra-rouge (MIR), multi-paramètres, peu coûteuse et très rapide, est plus performante dans l'analyse de routine à grande échelle (Soyeurt *et al.*, 2006) (Revilla *et al.*, 2016). Les méthodes utilisées pour doser les principaux constituants du lait sont présentées à la suite.

### ***1) Dosage multi-paramètre : la spectroscopie MIR***

La spectroscopie MIR permet de mesurer différents paramètres physico-chimiques (matière grasse, matière protéique, densité, etc.) et de doser de nombreux constituants du lait (AG, protéines, lactose, urée, etc.) simultanément, en moins d'une minute et sans préparation d'échantillon, ce qui en fait une méthode de choix pour les analyses à grande échelle.

Cette technique se base sur l'absorption, par la matière organique, de rayons émis dans la région de l'infra-rouge moyen. Les groupements fonctionnels des composants du lait absorbent la lumière à différentes longueurs d'onde qui leur sont spécifiques. Il en résulte un spectre d'absorption qui reflète la composition chimique globale du lait (Gelée *et al.*, 2014).

La détermination et la quantification des constituants est ensuite effectuée en utilisant des équations d'estimation. Celles-ci sont établies à partir d'un jeu d'étalonnage constitué de plusieurs centaines d'échantillons qui sont analysés à la fois par spectroscopie MIR et par des méthodes de référence spécifiques (Bastin et Soyeurt 2010).

Cette méthode a été développée à grande échelle dans le programme de recherche PhenoFinLait au cours duquel plusieurs milliers d'échantillons de lait de vache, de chèvre et de brebis ont permis d'obtenir une première série d'équations d'estimation (Gelée *et al.*, 2014). La filière ovine nationale a ensuite lancé le programme de recherche MIROL (Moyen Infra-Rouge Ovins Lait) pour améliorer la précision des équations et les standardiser pour le lait de brebis (Lagriffoul *et al.*, 2019).

## **2) Dosage des acides gras : la CPG**

La détermination des acides gras contenus dans le lait est principalement effectuée par deux méthodes : la Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG), qui est la méthode de référence, et la Spectroscopie MIR.

Alors que la spectroscopie MIR permet d'analyser directement le lait sans préparation préalable de l'échantillon, l'analyse par CPG requiert de transformer les AG en esters méthyliques d'acides gras (EMAG) afin de rendre les molécules volatiles. Plusieurs méthodes de *transestérification* ont été décrites dans la littérature (Christie 1993) (Ferlay *et al.*, 2013) et une norme a été définie au niveau international (NF ISO 16958). Cette méthode consiste à *transestérifier* les acides gras à l'aide d'un alcool (généralement le méthanol) en présence d'un catalyseur, le méthanolate de sodium.

Une fois les EMAG obtenus, ils sont analysés par CPG. Cette méthode permet d'analyser qualitativement et quantitativement des mélanges de composés volatils.

L'analyse est basée sur le partage des substances entre deux phases, à savoir : une phase mobile contenant un gaz vecteur (dihydrogène, hélium, azote) qui va entraîner les solutés, et une phase stationnaire généralement polaire, qui est greffée dans la colonne.

C'est grâce à un détecteur placé en sortie de colonne qu'il sera possible d'obtenir un chromatogramme qui représente l'ensemble des solutés élués. Ces derniers sont représentés par des pics dont la surface est proportionnelle à la quantité de chaque soluté dans le mélange. Il est possible d'identifier chaque AG en comparant son temps de rétention avec ceux de constituants de référence (Nudda *et al.*, 2005) (Devle *et al.*, 2012).

### **3) Dosage du lactose : la CLHP et la pH-métrie différentielle**

Les méthodes de référence pour doser le lactose sont la Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP) couplée à un réfractomètre (ISO22662 2007) et la pH-métrie différentielle.

La CLHP permet un dosage efficace et rapide du lactose dans le lait (moins de 20 min). Le lait est mis en solution dans un solvant avant d'être introduit dans la phase mobile liquide (l'éluant). Chaque constituant du mélange interagit plus ou moins, selon son affinité, avec la phase stationnaire présente dans la colonne. La phase mobile, poussée par une pompe, va parcourir l'ensemble du système. En sortie de colonne se trouve le détecteur, généralement un réfractomètre, permettant d'enregistrer un chromatogramme dont chacun des pics représente un constituant. Chaque constituant est, en principe, caractérisé par un temps de rétention qui lui est propre (M. Demaimay et C. Baron 1981).

La pH-métrie différentielle (ISO 26462) est également une méthode d'analyse rapide et fiable qui peut être automatisée. Le lactose peut être dosé de manière précise en moins de quatre minutes, sans traitement préalable. Cette méthode met en jeu des réactions enzymatiques qui causent une variation de pH directement proportionnelle à la concentration de lactose dans les échantillons (Luzzana *et al.*, 2003).

### **4) Dosage des protéines : la CLHP et l'électrophorèse capillaire**

Il existe de nombreuses méthodes de dosage protéique, les plus utilisées restant la CLHP et l'électrophorèse capillaire (EC).

Là encore, la CLHP s'avère être une technique de choix pour un dosage fiable et rapide des protéines du lait. Le principe reste le même que cité précédemment, mais le réfractomètre est remplacé par un détecteur à barrettes de diodes. Le lait est mis en solution et les protéines vont alors interagir avec la phase stationnaire en fonction de leur affinité respective.

Elles seront ensuite détectées en sortie à des temps de rétention qui leurs sont propres, permettant ainsi de les identifier précisément (M. Demaimay et C. Baron 1981) (Romero *et al.*, 1996) (Agilent technologies 2012).

En électrophorèse capillaire, les composés sont séparés à l'aide d'un tube capillaire généralement rempli de silice vierge, ouvert aux deux extrémités et rempli d'un électrolyte. L'application d'un champ électrique entraîne la mise en mouvement des composés selon leur migration électrophorétique (liée au pH, à la force ionique etc.) et l'écoulement électroosmotique (réaction avec les groupements silanols fixés sur les parois internes du tube). Les protéines sont ensuite détectées en sortie grâce un détecteur spectrométrique. C'est une méthode à la fois rapide, efficace et nécessitant peu de solvant (Delaunay 2019).

### **5) Dosage de l'urée**

Le dosage de l'urée dans le lait peut être effectué à l'aide de méthodes colorimétriques (ou directes), enzymatiques (ou indirectes), ou physiques.

Les méthodes colorimétriques consistent à doser le complexe coloré formé entre l'urée et le réactif employé à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible. Deux types de réactifs possible : le DMAB (paradiméthylaminobenzaldéhyde) et le DAM (diacétyl monoxime) qui sont respectivement des méthodes manuelles ou automatisables (Lefier (Cecalait) s.d.).

La méthode enzymatique est l'une des plus utilisées. L'uréase hydrolyse l'urée en ammoniac qui, en présence de 2-glutamate déshydrogénase (GIDH) et de nicotinamide-adénine-dinucléotide (NADH), va réagir avec le 2-oxoglutarate pour donner du L-glutamate tandis que le NADH s'oxyde en  $\text{NAD}^+$ . C'est ce dernier composé qui est dosé. Il s'agit donc d'une méthode de dosage indirecte (Lefier (Cecalait) s.d.).

La pH-métrie différentielle est une méthode physique de référence de dosage de l'urée (NF EN ISO 14637 - FoodLab 2019). Cette dernière est basée sur la mesure de la variation de pH suite à l'hydrolyse de l'urée par l'enzyme uréase. L'action de l'enzyme cause une variation de pH proportionnelle à la concentration en substrat de l'échantillon. Cette méthode est rapide (car automatisée), simple (aucun pré-traitement) et précise (répétabilité de 99,4 %) (Luzzana *et al.*, 1999).

## II. MATERIELS ET METHODE

### 1) Détermination des systèmes d'élevage

Pour évaluer l'influence du système d'élevage sur la composition physico-chimique du lait, nous avons constitué un échantillon de 20 exploitations ovines choisies de façon à obtenir des conditions d'élevage assez contrastées. La moitié des exploitations de l'échantillon est suivie en contrôle de performance (contrôle laitier officiel ou CLO), l'autre moitié n'est pas adhérente au CLO. Cet échantillon d'exploitations contient aussi bien des apporteurs de lait que des transformateurs fermiers.

La typologie des systèmes d'élevage insulaires, réalisée par l'Institut de l'Élevage, présente deux groupes distincts, **Pastoral et Fourrager**, chacun étant constitué de deux sous-groupes qui se différencient surtout en fonction de la conduite alimentaire du troupeau : pastoral faible ou forte complémentation et fourrager intensif ou semi-intensif (Tableau II) :

- **Pastoral pur ou faible complémentation (PFaC)** : ce système d'élevage est caractérisé par une surface de parcours importante (supérieure à 40 %) et un faible chargement. La ration alimentaire des brebis est majoritairement constituée d'herbe pâturée, d'un peu de foin et de l'aliment concentré ne dépassant pas 80kg/an/brebis.
- **Pastoral à forte complémentation (PFC)** : par rapport au système d'élevage précédent, le PFC est caractérisé par un apport d'aliment complémentaire en plus des pâtures. Il s'agit principalement de céréales ou d'aliments concentrés distribués à un volume supérieur à 80 kg/brebis/an.
- **Fourrager intensif (FI)** : caractérisé par des surfaces fourragères dont la superficie est supérieure à 40 % de la Surface Agricole Utile (SAU), le système d'élevage FI se distingue également par une forte complémentation en fourrages, en céréales et en aliments concentrés.
- **Fourrager semi-intensif (FSI)** : dans le système d'élevage FSI, les surfaces fourragères ont une superficie inférieure à 40 % de la SAU. Les apports alimentaires, à base de foin, de céréales et d'aliment concentré sont inférieurs à ceux du système FI.

Cette typologie a servi de point de départ à la constitution de notre échantillon. Ainsi, nous avons préétabli *a priori* quatre groupes équilibrés.

Tableau II : Résultats par groupe typologique (Comité technique OS Corse)

Comité technique OS Corse – 11 juillet 2019				
17				
Résultats techniques par groupe typologique				
Moyennes d'ensemble				
Elevages	Pastoraux		Fourragers	
	faible complémentation	forte complémentation	semi-intensifs	intensifs
	Parcours > 40% de la surface totale		Prairies et cultures fourragères > 60% de la surface totale	
	Moins de 80 kg d'aliments / brebis	Plus de 80 kg d'aliments / brebis	Prairies cultivées et cultures fourragères < 40% de la surface totale	Prairies cultivées et cultures fourragères > 40% de la surface totale
Nombre d'élevages	5	44	45	14
Elevages en CLO [%]	0	32	33	57
Brebis présentes à la mise bas	191	239	272	325
Taux de synchronisation [%]	12	24	23	39
Taux de brebis inséminées [%]	6	14	10	27
Taux de mise bas [%]	77	92	90	94
Brebis ayant mis bas	146	222	243	306
Taux de mise en traite [%]	95	94	94	94
Brebis traites	138	209	229	290
Lait / brebis traite [litres]	96	125	120	155
Volume de lait [litres]	13400	27600	28000	44600
Brebis présentes	187	229	262	310
Lait / brebis présente [litres]	72	115	111	148



Résultats d'appui technique, bassin Corse – campagne 2018

Cependant, en fonction du contexte de la campagne de production (climatique, économique, etc.), certaines exploitations peuvent appartenir à un certain système d'élevage l'année N et à un autre système d'élevage l'année suivante. Ceci ne peut pas être prévu au début de la campagne de production, ce qui implique de reconsidérer les groupes *a posteriori*.

La typologie initiale a donc été retravaillée en cours de campagne sur la base des informations obtenues pour chaque exploitation lors d'enquêtes menées tout au long du suivi : types de rations alimentaires distribuées, types de surfaces exploitées, temps de pâturage, conditions climatiques, pratiques de l'éleveur, etc. Finalement, on obtient la classification présentée dans le Tableau III. On constate que la répartition des exploitations dans les groupes finalement constitués est assez équilibrée.

Tableau III : Classification des différents systèmes d'élevages

Exploitations	Système d'élevage
PAR	<b>PFaC</b>
BO	
CA	
GU	
AC	
NI	<b>PFC</b>
CO	
RA	
RO	
ME	
SP	
ALT	
VE	<b>FSI</b>
ROG	
MA	
GI	
PA	<b>FI</b>
EO	
AL	
HE	

*Les noms des exploitations ont été codés pour des questions de confidentialité*

## 2) Échantillonnage

Les prélèvements sont effectués mensuellement dans toutes les exploitations suivies. L'échantillon est collecté dans le tank à lait qui contient la totalité du lait produit par le troupeau. Dans les exploitations pour lesquelles la traite est effectuée deux fois par jour, le tank à lait peut contenir le lait de la traite du matin additionné à celui obtenu lors de la traite de la veille au soir ou seulement celui de la traite du matin.

Au moment du prélèvement, il faut s'assurer de l'homogénéité du lait car la matière grasse, dont la densité est inférieure à celle du lait, tend à surnager (Institut d'élevage 2015). De ce fait, il est nécessaire de bien brasser le lait pour obtenir un échantillon représentatif du contenu du tank.

Après collecte, les échantillons de lait sont envoyés à un laboratoire spécialisé qui les analyse par spectroscopie MIR. L'envoi est effectué dans des flacons « bronopolés ». Le bronopol, ou 2-bromo-2-nitropropan-1,3-diol, est un alcool fréquemment utilisé comme antimicrobien dans

la filière laitière pour éviter que l'échantillon de lait à analyser ne s'altère durant son transport vers le laboratoire d'analyse (Institut de l'élevage 2015).

Une fraction des échantillons sera conservée à - 20 °C afin de pouvoir procéder, ultérieurement, à des analyses complémentaires.

Le mode de rationnement des brebis est évalué via une enquête effectuée auprès de l'éleveur deux semaines avant le prélèvement d'échantillon, car tout changement alimentaire n'est notable dans le lait qu'au bout de deux à trois semaines minimum (Comité de pilotage qualité du lait interprofession 2001) (Cussonneau 2016). En plus du suivi alimentaire, d'autres données sont récoltées, notamment le volume de production par brebis ainsi que le volume final du tank.

### ***3) Analyse des échantillons par spectroscopie MIR***

Dans le cadre du stage, les échantillons ont été analysés par spectroscopie MIR à l'aide d'un appareillage Foss Milkoscan FT+ dans un domaine de longueurs d'onde qui va de 240 à 1 299  $\mu\text{m}$  (Source interne Agrolab's). Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Agrolab's situé à Aurillac.

Les équations d'estimation fournies par Foss à Agrolab's ont permis de doser les paramètres suivants : AGS, AGI, AGMI, AGPI, matière grasse, matière protéique, caséines, lactose et urée.

### ***4) Méthodes statistiques***

Des méthodes statistiques appropriées sont utilisées afin de mettre en évidence les relations éventuelles entre les composés considérés et les systèmes d'élevage insulaires.

Les matrices constituées à partir des résultats obtenus par spectroscopie MIR ont été soumises à une Analyse en Composantes Principales (ACP) normée qui permet, en première approximation, de développer une approche exploratoire assez large.

Pour cela, nous nous sommes dotés du logiciel R et de ses packages Rcmdr, FactoMineR et Factoshiny. L'ACP est une méthode d'analyse multivariée largement décrite dans la littérature (Escoffier et Pagès 1998). Elle permet de mettre en évidence les relations éventuelles, directes et sous-jacentes, entre plusieurs variables quantitatives. En outre, elle inclut la possibilité de projeter des variables illustratives de nature qualitative ou quantitative sur le plan factoriel sans que cela n'affecte la construction des axes factoriels. Ces projections sont proportionnelles à la corrélation établie entre les variables illustratives et les composantes du plan factoriel.

En complément à l'ACP, la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA), permet de regrouper les individus par classe sur la base du carré des distances calculées entre individus sur les plans factoriels, ceci en fonction des résultats de l'ACP. Cette projection permet de comprendre au mieux la répartition des individus en fonction des variables actives.

En résumé, l'ACP a été réalisée sur la base des critères suivants :

- Variables actives quantitatives (participant à la construction des axes) : les différents acides gras, l'urée, le lactose, les caséines, la MG, MP ainsi que la MSU.
- Variables quantitatives explicatives : la quantité d'aliment distribuée, le ratio MG/MP, la production par brebis et la quantité de lait.
- Variables qualitatives explicatives : le type de prairie (naturelle ou temporaire), présence ou non de parcours, la dose de complémentation, la dose de fourrage et enfin le système d'élevage (SE lié à la ration fourragère et SE lié à la quantité moyenne de complémentation).

*L'ensemble des variables qualitatives et les modalités des différents SE ont été reportés dans Annexe 5.*

L'étude de la MSU (MG + MP) présente un intérêt au niveau du rendement fromager et de la transformation. Elle se base sur un lait « standard » (défini par l'interprofession) à 130 g/L (ou du moins supérieur à 110 g/L) de MSU avec, en moyenne, 75 g/L de MG et 55 g/L de MP (Décret n° 2012-1250 2012).

Pour ce qui est du ratio MG/MP, il représente le rapport « gras » sur « sec », signe de l'efficacité alimentaire et de la santé générale de l'animal. Ce rapport doit être compris en moyenne entre 1 et 1,5 (Cuvelier et Dufrasne 2014).

Le degré de corrélation entre les variables a été appréhendé à l'aide de différentes matrices de corrélation obtenues à partir du logiciel R précédemment cité.

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

L'objectif de notre étude était d'évaluer l'influence du système d'élevage sur la composition biochimique du lait de brebis de race corse (AG, urée, lactose et protéines).

Étant donné que les éleveurs adaptent leur conduite d'élevage aux potentialités fourragères disponibles sur les surfaces exploitées, il était intéressant de considérer deux périodes de la campagne qui offraient des potentialités différentes, l'une en hiver (janvier) et l'autre, au printemps (mai).

#### *1) Étude de l'influence du système d'élevage sur la composition biochimique du lait en période hivernale*

Nous avons débuté notre étude par l'analyse statistique des échantillons du mois de janvier. A cette période, les ressources disponibles sur les prairies et parcours sont relativement faibles. L'essentiel de la ration alimentaire est donc apporté par l'éleveur. Les principaux aliments distribués aux animaux sont des fourrages secs, de l'aliment concentré et des céréales. Cette complémentation est, en principe, plus ou moins équilibrée en fonction des besoins physiologiques de l'animal.

##### *a) Approche globale de la composition du lait en janvier*

Pour des questions de lisibilité, le tableau récapitulatif complet des résultats a été placé en annexe (Annexe 1).

Au préalable, une matrice de corrélation a été éditée à l'aide du logiciel R (Annexe 3) afin de montrer les relations entre les différentes variables et le degré d'influence qu'elles ont les unes sur les autres. Par convention, seules les valeurs supérieures à 0,5 (d'après l'indice KMO<sup>6</sup>) en valeur absolue présentent un intérêt et nous renseignent sur la qualité des corrélations (UNIV Lyon 2014). Toutefois comme nous travaillons sur des tendances, il est possible de tenir compte de valeurs un peu plus faibles.

Une première approche de la problématique est effectuée en calculant les teneurs moyennes des constituants du lait des exploitations appartenant à un même système d'élevage, ainsi que les valeurs moyennes de la MSU et du rapport MG/MP. Les résultats sont donnés dans le Tableau

#### **IV.**

---

<sup>6</sup> C'est le calcul de cet indice qui permet de synthétiser l'information et d'évaluer la cohérence entre les composantes (et donc de conclure que les corrélations supérieures à 0,5 sont significatives)

Tableau IV : Principales teneurs des composants retrouvés dans le lait de brebis en janvier 2020 selon le SE après analyse MIR (LIAL 2020)

Composants	Moyenne lait collectif PFaC	Ecart type	Moyenne lait collectif PFC	Ecart type	Moyenne lait collectif FSI	Ecart type	Moyenne lait collectif FI	Ecart type
AGS (g/100g)	66,54	3,87	<b>71,34</b>	2,88	69,79	3,77	70,58	3,37
AGI (g/100g)	<b>33,55</b>	3,94	28,66	2,91	30,21	3,82	29,42	3,40
AGMI (g/100g)	<b>28,39</b>	2,84	24,94	2,66	25,60	2,68	25,65	3,12
AGPI (g/100g)	<b>6,09</b>	0,64	6,00	0,37	5,79	0,29	5,86	0,52
Urée (mg/L)	426	145	<b>482</b>	73	479	69	394	50
Lactose (g/L)	50,22	1,53	50,64	1,24	48,76	2,48	50,83	1,07
Caséines (g/L)	49,12	1,46	48,58	1,67	44,99	3,35	47,52	2,44
MG (g/L)	<b>74,86</b>	6,34	71,08	7,29	64,62	4,88	66,65	11,28
MP (g/L)	<b>57,04</b>	1,79	56,60	1,96	52,76	3,81	55,65	2,86
MSU (g/L)	<b>131,90</b>	8,13	127,68	9,25	117,38	8,69	122,30	14,14
MG/MP	<b>1,31</b>	0,09	1,26	0,19	1,22	0,12	1,15	0,21

On observe tout d'abord que les écart-types calculés sont assez faibles. En effet on considère un fort écart-type lorsqu'il est supérieur à 0,5 moyenne. Dans notre cas cela traduit une certaine homogénéité des compositions biochimiques du lait des exploitations appartenant à chaque système d'élevage.

On remarque ensuite que certaines teneurs de constituants sont différentes selon que l'on considère un système d'élevage plutôt pastoral ou plutôt intensif. Ainsi, le lait des systèmes pastoraux se caractérise notamment par un lait plus riche en MSU (environ 128 à 132 g/L pour PFC et PFaC) et par un plus grand rapport MG/MP (1,26 à 1,31 pour PFC et PFaC) que celui des systèmes plus intensifs (117 à 122 g/L de MSU et un rapport MG/MP de 1,15 à 1,22 pour FI et FSI).

Au niveau des acides gras, on observe que la teneur en AGS est minimale dans le système d'élevage PFaC (environ 67 g/100 g) et plus élevée dans les autres systèmes (autour de 70 g/100 g). Au contraire, les concentrations en AGI sont maximales dans le système PFaC (près de 34 g/100 g) et plus faibles dans les autres systèmes d'élevage (environ 29 à 30 g/100 g). Concernant l'urée, sa teneur est plus faible chez les PFaC (426mg/L) et les FI (394mg/L).

En revanche, les teneurs protéines et en lactose du lait semblent plutôt indépendantes des systèmes d'élevage.

En première approximation, cette approche globale permet donc de mettre en évidence certains critères qualitatifs des systèmes d'élevage. Nous allons approfondir ces résultats par la mise en œuvre d'une ACP en intégrant, en plus de la composition biochimique du lait, des variables qualitatives et quantitatives qui pourraient expliquer les différences observées.

**b) Résultats de l'ACP effectuée sur les échantillons de lait prélevés au mois de janvier**

Pour chaque exploitation, la composition chimique des échantillons de lait ainsi que les attributs caractéristiques du système d'élevage auquel elles appartiennent ont été reportés dans une matrice, laquelle a été soumise à une ACP. Les graphiques issus de cette analyse sont reportés à la suite.

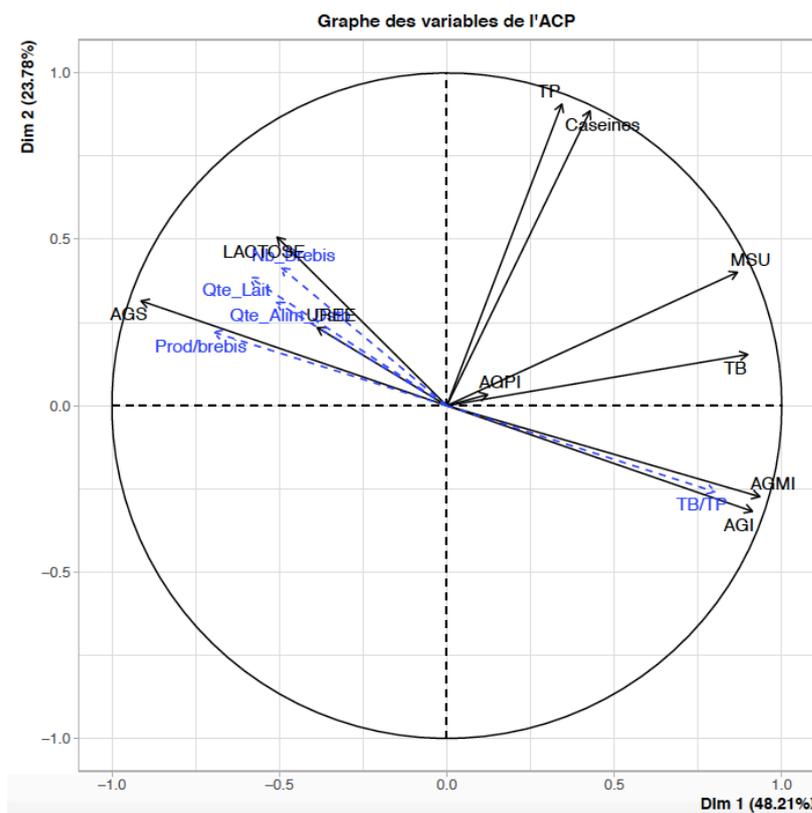


Figure 2 : Cercle des corrélations des variables quantitatives (Janvier 2020)

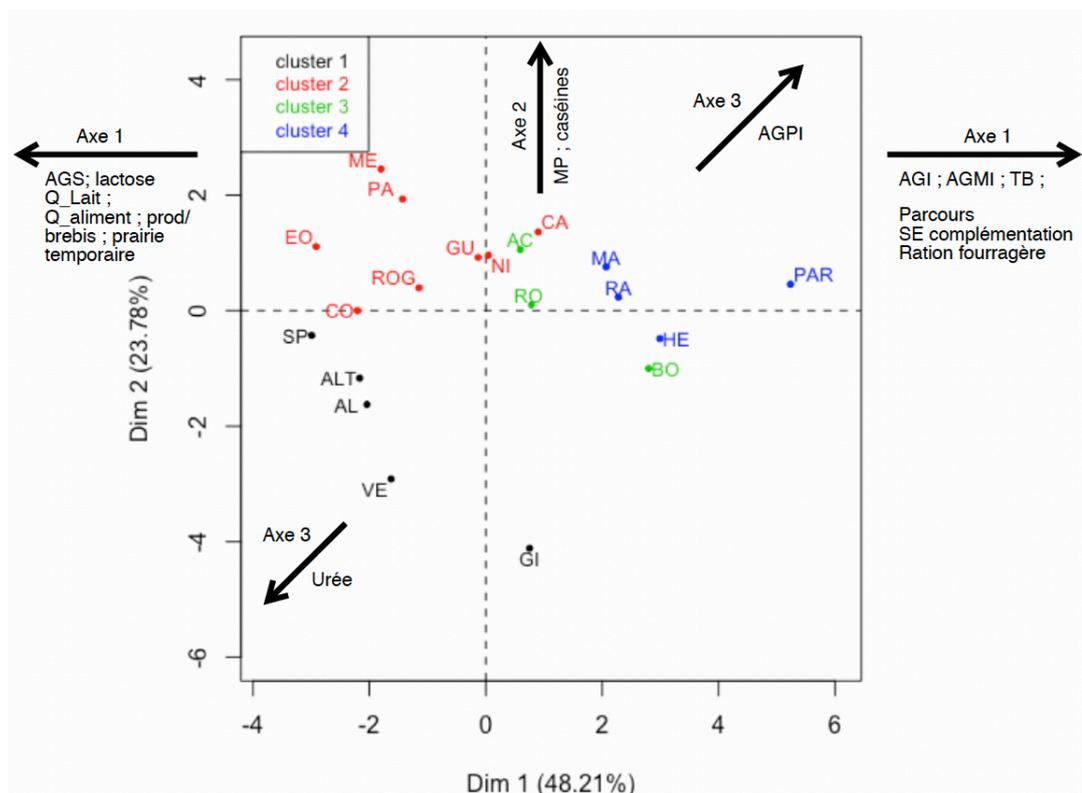


Figure 3 : Graphique des individus (Janvier 2020)

Les 3 premières dimensions de l'ACP expriment 84,43 % de l'information. C'est donc à partir de l'étude de ces 3 axes que nous tirerons et interpréterons nos résultats.

On considère que les variables proches du cercle des corrélations contribuent le plus à la construction des axes factoriels. *A contrario*, celles qui sont proches de l'origine sont mal représentées. Lorsque l'angle entre deux variables est voisin de 90 °C, elles sont indépendantes entre-elles.

### **Concernant les variables quantitatives actives**

Le cercle des corrélations (figure 3) présente la projection des variables quantitatives sur les deux premiers axes de l'ACP. Sur l'axe 1, on observe une nette opposition entre le groupe de variables actives MSU, TB, AGMI, TB/TP, AGI et celui des variables actives AGS, Lactose et Urée. Les variables MP et Caséines contribuent surtout à l'axe 2 tandis que la variable AGPI ne contribue que faiblement aux deux premiers axes. En revanche, cette dernière semble avoir une contribution significative sur l'axe 3 (non représenté ici), tout comme l'Urée.

On note que les corrélations suivantes sont évidentes et présentent donc un intérêt relatif :

- Corrélation négative entre AGI et AGS. Celle-ci semble surtout être artéfactuelle du fait que la somme de ces deux variables est égale à 100 % d'AG.
- Corrélation positive entre AGI et AGMI, car la majorité des AGI retrouvés dans le lait sont des AGMI (notamment l'acide oléique) ;
- Corrélation positive entre MP et caséines, les caséines constituant la très large majorité des protéines du lait.

### ***Concernant les variables quantitatives explicatives***

Les variables quantitatives explicatives sont toutes corrélées positivement entre elles sur l'axe 1. Elles sont également corrélées positivement avec les variables AGS, Lactose et Urée, et négativement avec les variables MSU, TB, AGI, AGMI et TB/TP.

La variable Quantité de lait semble liée négativement aux variables AGI et Quantité d'aliments distribués.

De plus une quantité faible de complémentation (notamment en PFaC) semble corrélée avec une plus forte MSU, sans pour autant augmenter la production de lait. Pour ce qui est des complémentations moyenne à élevée, on n'observe que peu d'influence sur la composition du lait.

On note également que la quantité d'aliment ne semble avoir qu'un faible impact sur le taux d'urée.

### ***Concernant les variables qualitatives explicatives***

Parmi les variables qualitatives que nous avons considérées, on effectue les observations suivantes :

- La variable Prairies temporaire s'oppose aux variables, Parcours, SE\_Comémentation et Ration fourragère sur l'axe 1. Elle semble corrélée positivement aux variables AGS, Lactose et de la quantité de lait.
- Le groupe de variables Parcours, Ration fourragère et SE\_Comémentation semble corrélé positivement aux variables AGI, AGMI, TB et négativement au groupe de variables AGS, Lactose, Quantité de lait, Quantité d'aliment, Production/brebis.
- Les autres variables (Type de traite, Prairies naturelles, etc.) ne semblent pas être discriminantes.

### ***Concernant la projection des individus***

Les individus ont été projetés sur les deux premiers axes de l'ACP (Figure 3). Une classification hiérarchique ascendante a permis d'obtenir 4 groupes d'individus séparés sur la base de

l'influence des variables considérées. Nous avons reporté, sur les axes, les variables les plus discriminantes. Ainsi :

- La composition du lait des individus du groupe 1 va présenter de faibles valeurs de Caséines, TP, MSU et TB.
- Le lait des individus du groupe 2 est caractérisé par de fortes valeurs d'AGS et d'urée ainsi que par de faibles valeurs d'AGMI, d'AGI et du rapport TB/TP.
- Les individus du groupe 3 présentent un lait plus riche en AGPI et plus pauvre en urée.
- Le groupe 4 est constitué d'individus dont le lait est caractérisé par de plus fortes valeurs des variables TB, MSU, TB/TP, AGI et de plus faibles valeurs de la variable AGS.

On observe que les groupes d'exploitations constitués *a posteriori* à partir de la classification hiérarchique ne correspondent pas à ceux de notre propre classification (Tableau III). Le système d'élevage tel que catégorisé *a priori* ne semble donc pas être lié aux tendances observées. L'étude portera donc sur l'influence des modalités liés aux systèmes d'élevage présentées ci-avant dans le Annexe 5. En outre, la classification en groupes d'individus tels que définis par l'ACP ne semble pas pertinente à ce stade car les variations de composition du lait observées entre exploitations appartenant à des groupes différents ne sont pas assez tranchées (certaines exploitations sont « à cheval » entre deux systèmes).

De ce fait nous effectuerons donc une analyse globale, sans tenir compte *a priori* des groupes établis. Seules les tendances marquantes relatant l'influence des variables explicatives quantitatives et qualitatives sur les constituants (lactose, urée) et groupes de constituants (protéines, matière grasse, familles d'acides gras) seront présentées.

### *c) Discussion et perspectives*

#### *i. La matière grasse*

##### *Matière sèche utile,*

Les laits issus des exploitations pastorales, notamment PFaC, présentent de meilleurs taux de MSU que ceux produits dans les exploitations des systèmes FI et FSI. Or, la MSU présente une forte corrélation avec la MG ( $R^2 = 0,96$ ). De ce fait, une baisse de la MG entraîne mécaniquement une diminution de la MSU et donc, de la qualité du lait.

Les plus faibles teneurs de MG observées dans les laits des exploitations FI et FSI pourraient en partie s'expliquer par une alimentation riche en foin de luzerne et en concentré. Il a été montré que ces aliments étaient défavorables à la MSU (Fauchoux 2017). De nombreuses études suggèrent d'apporter aux brebis une alimentation composée majoritairement de graminées, de luzerne déshydratée et de pâturage, complémenté d'un peu de foin de luzerne et

de concentré, afin d'apporter de la stabilité à la ration (*ie* en augmentant le pH ruminal) et donc la production d'AG pour obtenir un lait homogène au fil des traites (Faucheux 2017) (P. Le Mézec et J. Jurquet (Institut de l'Elevage). 2017).

De plus, on observe une corrélation négative entre la quantité de lait produit et sa richesse en MSU ( $R^2 = -0,40$ ), laquelle est corroborée par certains auteurs (Barillet et Bonaiti 1992).

De même on note une corrélation positive entre la MSU et la présence de parcours. L'apport d'herbe stimulerait ainsi la production de matière grasse et par déduction de la MSU (Faucheux 2017).

### ***Ratio MG/MP,***

En moyenne, le ratio MG/MP est d'environ 1,2 pour nos différents SE (la norme se situant entre 1 et 1,5). C'est le signe d'une alimentation équilibrée et ce, pour l'ensemble des SE, qu'ils soient fourragers (faiblement complémentés ou non) ou pastoraux (intensifs ou non). On notera qu'une tendance positive se dégage entre la ration fourragère et le TB.

### ***Quantité de lait,***

On observe une corrélation inverse entre la variable Quantité de lait et le TB ( $R^2 = -0,56$ ) qui est corroborée par l'étude de (Barillet *et al.*, 2016) stipulant que « la quantité de lait est négativement corrélée à sa composition, notamment le TB ».

Au contraire, les prairies temporaires semblent corrélées positivement à la quantité de lait produite. A l'inverse des prairies naturelles qui elles, sont corrélées négativement. Dans notre étude nous sommes face à une majorité de PN, donc pauvre en herbes (car n'étant pas irriguées) et donc en énergie. Ce qui expliquerait l'homogénéité de production entre les différents SE (environ 1L/brebis/jour). S'ajoute à cela la quantité d'aliment supplémentaire distribuée (concentré etc.) qui ne semble avoir qu'un faible impact sur la quantité de lait produite.

### ***ii. Les acides gras***

Les forts taux d'AGS observés dans le lait des exploitations des systèmes FI et FSI pourrait s'expliquer par la richesse en fibres des fourrages. En effet ces fourrages riches en fibre sont utiles pour stimuler la mastication et la salivation, activant d'autant plus rumen et donc la synthèse d'AGS (Faucheux 2017). De plus si elle n'est pas assez fibreuse, la ration est ingérée plus rapidement. Ceci engendre des décharges insuliniques qui favorisent l'anabolisme énergétique au dépend de la synthèse lipidique et donc des AG (Sauvant et Dulphy 1995).

*A contrario* les systèmes pastoraux apportant d'autant plus de concentré, réduisent considérablement le fonctionnement du rumen et donc de la synthèse d'AGS. Ce qui explique ainsi la forte teneur en AGI de leur lait.

En revanche, les teneurs en urée, protéines et en lactose du lait semblent plutôt indépendantes des variables liées aux systèmes d'élevage prises en compte dans notre étude.

### **iii. L'urée et les matières protéiques**

La teneur en urée est représentative de la quantité d'énergie ingérée. Dans notre cas, les teneurs en urée (aux environs de 450 mg/L) restent dans la moyenne supérieure énoncée dans la littérature (les teneurs étant comprises entre 200 et 500 mg/L) (Bocquier et Caja 2001) (Ferrand *et al.*, 2009) même si les systèmes PFaC et FI présentent des taux légèrement plus faibles. Cela pourrait s'expliquer par le fait que d'un côté (PFaC) la complémentation reste faible et de l'autre (FI) le fort apport de fourrage sec contrebalance le faible apport de concentré. Cette dose de concentré plus élevée en PFC et FSI pourrait être à l'origine de ses teneurs en urée plus fortes. Il serait intéressant de comparer cette hypothèse aux résultats obtenus par l'étude de (Synagri 2014) où il avait été prouvé en élevage bovin que le SE et la ration alimentaire avaient peu d'influence sur la composition et la teneur en matière protéique. Concernant ces teneurs en protéines, elles restent similaires pour les différents SE.

### **iv. Le lactose**

Selon nos résultats (Annexe 1 et Tableau IV), il semblerait que le SE n'ait aucun impact sur la quantité de lait produite ni même sur la teneur en lactose (qui est de 50g/L en moyenne).

Or d'après (Shahbazkia *et al.*, 2010) et (Pollott 2004) la synthèse du lactose serait un paramètre du volume de production laitier qui lui-même dépend de la quantité d'aliment. Pour certains auteurs, un apport trop élevé en aliment concentré n'entraînerait pas de hausse au niveau de la teneur en lactose du lait (Sigl *et al.*, 2014). Dans l'étude de (Huang *et al.*, 2014), cela serait même associé à une chute de la teneur en lactose.

D'après la littérature le dosage du lactose serait un système d'alerte permettant d'agir sur l'équilibre des rations (afin d'éviter la diminution trop élevée de MG couplé à une augmentation de la MP lié à un dosage alimentaire) (Laur 2003). Le lactose serait donc un bon indicateur de production lié à la fois à la santé et à l'alimentation de l'animal.

### ***En résumé,***

Nous avons vu qu'un système d'élevage se caractérise par la conduite des troupeaux, notamment l'alimentation (concentré et fourrage) et le pâturage/parcours. C'est en faisant varier l'ensemble de ces facteurs qu'il est possible de voir l'impact sur le lait final.

A la vue de nos résultats, il est possible de tirer les conclusions suivantes :

On constate un plus fort taux de MG (et par déduction de MSU et MG/MP) en système pastoral, notamment en PFaC. Le taux d'AGS est quant à lui plus fort en systèmes fourragers (le fourrage favorisant l'action du rumen et donc des AG).

Les teneurs en urée, protéines et lactose du lait semblent ne pas être influencées (ou du moins très faiblement) par les différents SE. Cela pourrait être due au type d'alimentation qui est assez faible en protéines ou bien à des facteurs génétiques liés à la race des brebis.

### ***2) Étude de l'influence du système d'élevage sur la composition biochimique du lait en période printanière***

A cette période, les disponibilités fourragères sur prairies et parcours sont maximales. Les éleveurs complètent leurs animaux relativement aux ressources disponibles, mais également en fonction des objectifs de production recherchés. Les principaux aliments distribués aux animaux sont des fourrages secs, de l'aliment concentré et des céréales, ceci dans des proportions généralement inférieures à celles distribuées en hiver.

Pour des questions de lisibilité, le tableau récapitulatif complet des résultats ainsi que la matrice de corrélation ont été placés en annexe (Annexe 2 ; Annexe 4)

**a) Approche globale de la composition du lait en mai**

Tableau V : Principales teneurs des composants retrouvés dans le lait de brebis en mai 2020 selon le SE après analyse MIR (LIAL 2020)

Composants	Moyenne lait collectif PFaC	Ecart type	Moyenne lait collectif PFC	Ecart type	Moyenne lait collectif FSI	Ecart type	Moyenne lait collectif FI	Ecart type
AGS (g/100g)	71,58	4,51	73,32	4,16	71,26	4,13	<b>75,89</b>	4,11
AGI (g/100g)	28,42	4,51	26,68	4,13	<b>28,74</b>	4,15	24,11	4,04
AGMI (g/100g)	24,43	4,95	23,86	2,64	<b>24,97</b>	3,08	23,47	1,81
AGPI (g/100g)	6,01	0,57	5,68	1,13	<b>6,45</b>	0,41	4,35	1,36
Urée (mg/L)	551	80	<b>626</b>	86	622	92	572	29
Lactose (g/L)	49,75	0,79	47,43	4,97	49,63	2,05	48,90	1,99
Caséines (g/L)	48,95	3,40	45,56	5,63	46,51	1,67	46,90	1,55
MG (g/L)	61,88	6,78	<b>65,13</b>	10,08	56,70	9,63	53,43	10,95
MP (g/L)	<b>58,00</b>	3,83	54,43	6,00	55,43	1,91	56,43	1,79
MSU (g/L)	<b>119,88</b>	10,61	119,56	16,08	112,13	11,51	109,86	12,74
MG/MP	1,06	0,05	0,92	0,13	<b>1,07</b>	0,14	0,98	0,17

On observe qu'en mai, les variations de la composition biochimique moyenne des laits des différents systèmes d'élevage suit les mêmes tendances générales que celles constatées en hiver. On notera qu'en cette période, les systèmes PFC et FI présentent des ratio MG/MP en dessous de la norme (respectivement 0,92 et 0,98). Un rééquilibrage alimentaire pourrait être nécessaire si ce dernier ne cesse de diminuer. On note également, au niveau de la MSU, que l'ensemble des exploitations présente des teneurs inférieures à la référence (130 g/L) définie par le (Décret n° 2012-1250 2012).

**b) Résultats de l'ACP effectuée sur les échantillons de lait prélevés au mois de mai**

Les variables « SE\_complémentation » et « SE\_fourrage » ne sont plus pris en compte dans l'ACP car l'ensemble des exploitations, à l'arrivée du printemps, présente le même schéma alimentaire. Seule la variable « Quantité d'aliment distribuée » est discriminante dans ce cas.

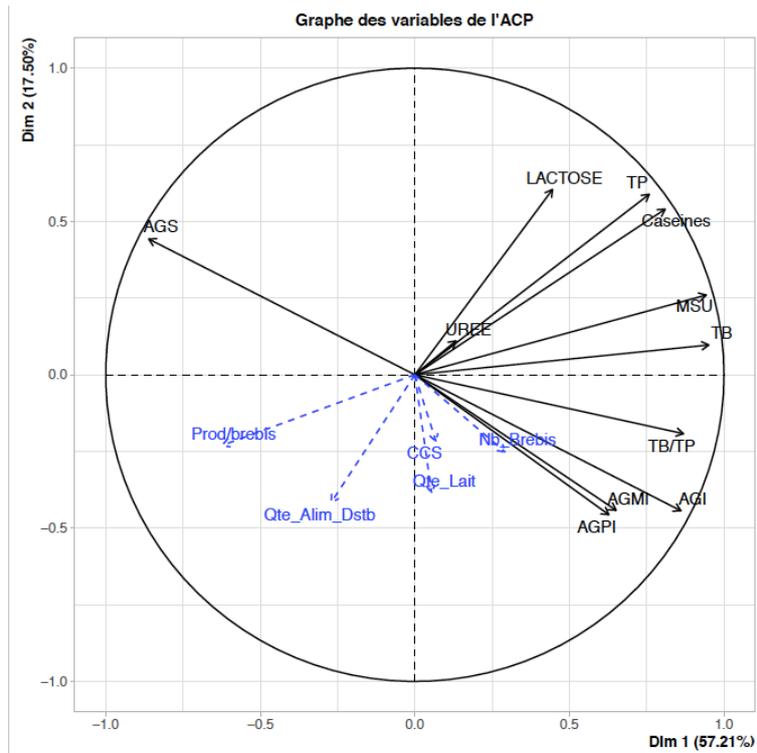


Figure 4 : Cercle des corrélations des variables quantitatives (Mai 2020)

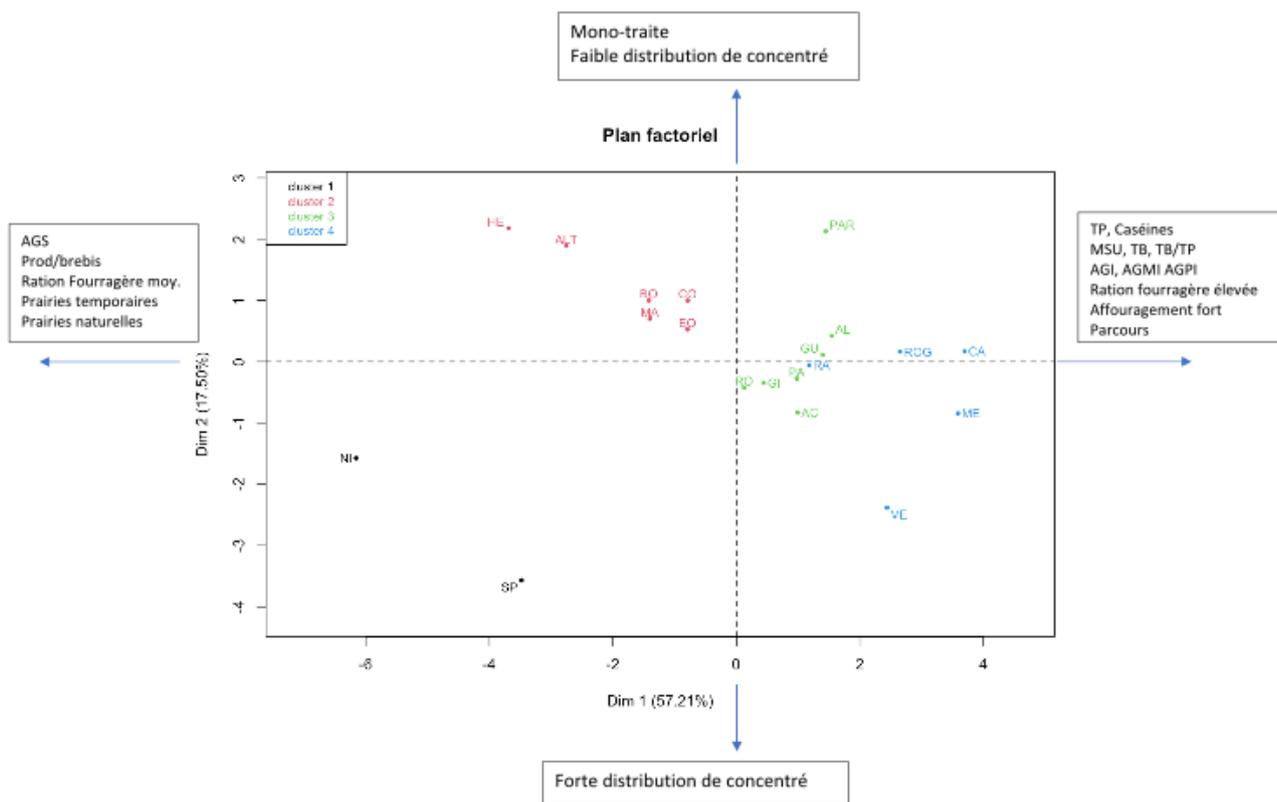


Figure 5 : Graphique des individus (Mai 2020)

Seuls les deux premiers axes de l'ACP sont pertinents à interpréter. On observe une opposition entre deux groupes de variables sur l'axe 1 (TP, caséines, MSU, TB, TB/TP, AGI, AGMI, AGPI, Lactose vs AGS, Prod.brebis). L'axe 2 n'est défini que par les variables Lactose, TP, Caséines et AGPI). On n'observe aucune influence significative des variables qualitatives.

Pour ce qui est de l'analyse des variables (Tableau V) on note quasiment les mêmes observations qu'en janvier. Quelques différences sont tout de même notables avec une nouvelle corrélation entre le lactose, les protéines. Et les AGPI.

### *c) Discussion et perspectives*

Sur la base des résultats présentées dans le Tableau V, les différentes exploitations, notamment FI, FSI et PFaC, présentent des laits de composition biochimique quasi-similaire et une production laitière plus faible qu'en hiver. Seules les exploitations PFC se démarquent, avec une production laitière nettement supérieure. Cela peut s'expliquer par une quantité d'aliment concentré qui reste relativement élevée pour la saison (autour des 750 g/brebis/jour contre 200 à 400 g pour le reste des exploitations).

Étonnamment, les résultats obtenus concernant les AG ne sont pas totalement en accord avec ce qui était attendu si l'on considère la BH et la synthèse *de novo*. En effet, dans la littérature (Demarquilly et Journey 1962) (Courtet 2010), il est indiqué que plus l'animal est nourri à l'herbe (donc en période printanière riche en AGI), plus le phénomène de biohydrogénation est actif, car l'ingestion d'AGI est augmentée. Cela induit alors une diminution de la synthèse *de novo* et donc une augmentation de la synthèse d'AGI ainsi qu'une diminution de la teneur en AGS. Toutefois il est nécessaire de préciser qu'au mois de mai, la qualité du pâturage est inférieure à un mois d'Avril où l'herbe est jeune et fraîche. De ce fait en mai, le stade d'épiaison est passé rendant l'herbe de moins bonne qualité. Ainsi on peut en conclure que nous ne sommes pas totalement en désaccord avec ce qui est reporté dans la littérature.

En passant d'un régime hivernal, constitué de foin, à un régime à base d'herbe, on note dans notre cas (Tableau IV ; Tableau V) une diminution de la production laitière (passant de 1L à 0,7L/brebis/jour) avec une stabilisation du taux protéique ainsi que de matière azotée (variation de +/- 1g/L) et une diminution du TB (de 6 à 10g/L). Cela confirme les résultats obtenus chez les bovins laitiers où le TP et la production sont améliorés lorsque la quantité d'herbe disponible au pâturage augmente alors que le TB est diminué (Delaby *et al.*, 2001) (Legarto *et al.*, 2014).

Ce TB est également un paramètre à surveiller. En effet en-dessous de ce taux, cela peut être le signe d'une acidose des brebis (notamment une baisse brutale du pH ruminal, signe d'une suralimentation), le taux de MG est alors faible dans le lait, ce qui, en plus d'être dangereux pour l'animal, rend le lait difficilement fromageable (Commission Ovine - Poncelet 2003). L'accroissement de la proportion de concentrés (céréales etc.) dans la ration entraîne une baisse de la teneur en MG (baisse perceptible au-delà de 600 g/brebis/jour, ce qui correspond à notre système PFC) (Comité de pilotage qualité du lait interprofession 2001).

Au-dessus de ce taux, cela peut être le signe d'une acétonémie de l'animal. Le taux de MG est alors très élevé car l'animal mobilise ses réserves corporelles (Fauchaux 2017).

Concernant l'urée, les teneurs obtenues en mai restent relativement élevées (environ 600 mg/L). **Erreur ! Nous n'avons pas trouvé la source du renvoi.** Le manque de fourrage (l'ensemble des exploitations diminuent leur apport en fourrage passant ainsi en catégorie 1) peut-être en cause car ce dernier est riche en fibres digestibles, stimulant en temps normal le rumen et donc l'assimilation, ce qui a pour effet de réduire la quantité d'urée produite. Cela se confirme après enquête auprès des exploitants. En effet avec l'arrivée de la saison estivale et la fin de campagne, les apports d'aliments, et en particulier de fourrage, sont considérablement réduits (voir nuls) jouant ainsi sur le taux d'urée.

La surveillance de ce taux par l'éleveur est essentielle, afin qu'il puisse optimiser le rationnement des animaux et donc ajuster ses dépenses (Lagriffoul *et al.*, 1999). Étant donné la douceur du printemps Corse et les fortes teneurs en urée observées dans les laits à cette période, sans doute signe d'une suralimentation, il semble intéressant d'étudier plus en détail les pratiques d'alimentation des éleveurs afin d'essayer de les optimiser.

Autre point important pouvant être pris en compte dans l'étude du lait de troupeau : les cellules somatiques. Le comptage des cellules somatiques (SCC) est un marqueur largement utilisé dans l'étude de la santé de la mamelle et la qualité du lait (Fayolle 2015). Le SCC étant un indicateur de référence fiable de mammite, on parle de « *gold standard* » pour évaluer l'inflammation mammaire (Rehbein *et al.*, 2013). Or ici elles ont peu d'intérêt car on trouve dans le tank des valeurs moyennes de cellules étant donné qu'elles sont ici diluées. Ces teneurs peuvent considérablement varier entre les individus, mais faiblement entre les laits de tank, ce point serait donc à vérifier sur les laits individuels de brebis pour lesquelles on peut parfois dénombrer un grand nombre de cellules (variant de 400 000 à parfois plusieurs millions).

De plus il a été prouvé que la concentration en lactose diminue avec l'augmentation du comptage cellulaire somatique. Il existerait une corrélation négative entre ces deux paramètres (Macciotta *et al.*, 2012) (Melzer *et al.*, 2013).

### ***En résumé,***

A la vue de nos résultats, il est possible de tirer les conclusions suivantes :

Comme en période hivernale, on constate un plus fort taux de MG (et par déduction de MSU, ainsi qu'un rapport MG/MP plus élevé) en système pastoral. Le taux d'AGS est quant à lui plus fort en système « intensif » (à la fois en fourrager et pastoral). Concernant les teneurs en protéines et lactose, ils sont équivalents entre les SE. Toutefois en période printanière le taux d'urée est nettement supérieur, cela pourrait être du à une alimentation trop riche pour la saison. La production laitière, quant à elle diminue, tout comme le taux de MG.

## **CONCLUSION**

L'étude que nous avons réalisée visait à répondre à la question suivante : Les systèmes élevages ont-ils une influence sur la composition biochimique du lait de brebis ?

L'intérêt de cette étude était d'évaluer l'influence éventuelle de critères associés aux différents systèmes d'élevages (quantité d'aliment distribuée, parcours, prairies, etc.) sur les constituants du lait de brebis (AG, urée, lactose, protéines etc.). Ces constituants jouent un rôle important en transformation fromagère : la matière grasse apporte l'onctuosité et l'arôme, la matière protéique permet au fromage de « se tenir », les minéraux solidifient le caillé, et le lactose alimente les germes nécessaires à l'affinage. C'est en mesurant correctement ces facteurs qu'il sera alors possible de comprendre chaque système d'élevage afin de pouvoir potentiellement influencer sur la qualité du lait et, ce faisant, en optimiser les paramètres technologiques (Chauhan et Hayes 1991) (Pacheco 2016).

Au regard de nos résultats, nous avons pu mettre en évidence que les laits produits par les différentes exploitations présentent certaines différences significatives spécifiques qui, malgré tout, ne suffisent pas à conclure à une influence marquée du système d'élevage sur la composition biochimique du lait. Ces systèmes d'élevage, bien que différents les uns des autres au niveau de leurs modalités de production, présentent des pratiques globalement peu

différentes en termes d'alimentation des brebis, que ce soit en période hivernale ou printanière, ce qui pourrait expliquer la relative homogénéité de la composition biochimique des échantillons de lait étudiés.

Toutefois, nous avons tout de même observés quelques tendances marquées. Ainsi, les systèmes pastoraux tendent à produire un lait plus riche en MG et présentant des quantités de MSU plus élevés que celui produit dans les autres systèmes d'élevage. Les laits issus des systèmes pastoraux est également plus riche en AGI. Les systèmes fourragers produisent, quant à eux, des laits présentant des teneurs plus élevées en AGS. En outre, la concentration d'urée dans le lait semble s'accroître au printemps. Généralement, cet accroissement est lié à une alimentation trop riche. En revanche, les teneurs en protéines et en lactoses varient peu dans les laits des différents systèmes d'élevage étudiés.

Cette étude se voulait être un travail préparatoire à une étude plus large et plus détaillée qui devrait être mise en œuvre durant la prochaine campagne laitière. Elle avait notamment pour objectif de rendre compte des difficultés d'échantillonnage, de qualification des systèmes d'élevage, etc. En outre, elle devait également permettre d'évaluer la méthode statistique utilisée.

En ce sens, quelques points pourraient être améliorés dans la prochaine étude, notamment au niveau de la définition des systèmes d'élevage, pour lesquels certaines modalités choisies (quantité de fourrage ou de concentré par exemple) se sont avérés trop larges et mériteraient d'être précisées. Le point le plus crucial pour conduire une telle étude est le choix de l'échantillon, qui doit contenir des exploitations très différentes du point de vue du système de production. En outre, le classement *a priori* des exploitations dans un système d'élevage donné n'est pas un paramètre pertinent. Une enquête sur la réalité des systèmes de production serait intéressante à mener en amont de l'étude proprement dite afin de mieux catégoriser les exploitations et de mieux définir leurs modalités associées. Il serait également approprié d'évaluer d'autres méthodes statistiques plus adaptées à la problématique de traitement de données quantitatives et qualitatives.

Un système d'élevage se caractérise par de nombreux paramètres : conduite du troupeau, système d'alimentation (concentré et fourrage), pâturage, etc. C'est en étudiant de façon plus systématique l'ensemble des modalités associées à chaque système qu'il sera possible d'observer de façon plus approfondie leur impact sur le lait.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Agilent technologies. 2012. *Manuel d'utilisation - Détecteur à barrettes d'iodes Agilent Infinity série 1200*.
2. ANSES, AFSSA. 2003. *Acides gras alimentaires et cancers : état des connaissances et perspectives*.
- Association Interprofessionnelle du Lait et Produits Laitiers de Brebis des Pyrénées-Atlantiques. 2012. *Modalités en matière de paiement du lait de brebis à la qualité selon le Décret et un Arrêté n° 2012-1250 du 9 novembre 2012*".
3. Bareille et al., 1995. *La cétose des Ruminants, Le point vétérinaire*, 27, 727-738.
4. Barillet et al., 2016. *Francis Barillet, Gilles Lagrioul, Pierre-Guy Marnet, Helene Larroque, Rachel Rupp, et al.. Objectifs de sélection et stratégie raisonnée de mise en oeuvre à l'échelle des populations de brebis laitières françaises. INRA Productions Animales, Paris: INRA, 2016, 29 (1), pp.19-40. 10.20870/productions-animales.2016.29.1.2514 . hal-01519345*
5. Bastin et Soyeurt. 2010. «Utilisation de l'information infrarouge moyen dans l'élevage laitier.» <http://hdl.handle.net/2268/84578>.
6. Baumgard et al., 2011. *Postabsorptive carbohydrate adaptations to heat stress and monensin supplementation in lactating Holstein cows J. Dairy Sci.*, 94, 5620-5633.
7. Biolabo. 2011. *Ammoniac méthode enzymatique*.
8. Bleck et al., 2009. *Lactose synthase components in milk : concentrations of  $\alpha$ -lactalbumin and  $\beta$ 1,4-galactosyltransferase in milk of cows from several breeds at various stages of lactation Reprod. Dom. Anim.*, 44, 241-247.
9. Bocquier et Caja. 2001. *Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation INRA Prod. Anim.*, 2001, 14 (2), 129-140.
10. —. 2001. *Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation INRA Prod. Anim.*, 14(2), 129-140.
11. Chauhan et Hayes. 1991. *Genetic Parameters for First Lactation Milk Production and Composition Traits for Holsteins Using Multivariate Restricted Maximum Likelihood*.
12. Chilliard et al., 2007. *Chilliard Y. (1), Glasser F. (1), Enjalbert F. (2), Ferlay A. (1), Bocquier F. (3), Schmidely Ph. (4) Données récentes sur les effets de l'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache, de chèvre et de brebis*.
13. —. 2009. *Yves Chilliard, Frederic Glasser, Yannick Faulconnier, François Bocquier, Isabelle Veissier, Michel Doreau. Ruminant physiology: Digestion, metabolism and effects of nutrition on reproduction and welfare HAL Id : hal-02823762, version 1 DOI : 10.3920/978-90-8686-683-0 PRODINRA : 26484*.
- Christie. 1993. *Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. Advances in lipid methodology 2(69):e111*.
14. Comité Lait de Brebis de l'Office de l'Elevage. 2008. *COMPOSITION FINE DU LAIT ET DES FROMAGES DE BREBIS*.
15. Commission Ovine - Poncelet . 2003. *Compte rendu réunion qualité du lait confédération générale de roquefort - 14 Novembre 2003*.
16. Conseil des Productions Animales du Québec . 1998. *L'urée du lait : les sources de variation et les implications*.
17. Courtet. 2010. *Courtet. Thèse "qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation." Créteil: Faculté de médecine, 2010, 120p*.
18. Couteils. 2017. *Couteils, Thomas . Étude de la relation entre le déficit énergétique des brebis Lacaune et les diarrhées des agneaux. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2017, 74 p*.
19. Cussonneau. 2016. «Changement d'alimentation : viser trois semaines de transition.» <https://www.paysan-breton.fr/2016/12/changement-d'alimentation-viser-trois-semaines-de-transition/>.
20. Cuvelier et al., 2004. *Acides gras : nomenclature et sources alimentaires Ann. Méd. Vét.*, 2004, 148, 133-140.
21. Decaen et al., 1970. *C. Decaen, M. B. Ghadaki, Renée Lefèvre, A. Hoden, Y. Manis. Variation de la sécrétion des acides gras des matières grasses du lait de vache à la mise à l'herbe et au cours des six premières semaines d'exploitation du fourrage vert. Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences, 1970, 19 (4), pp.399-411. hal-00887017*.
22. Décret n° 2012-1250. 2012. *Jean-Marc Ayrault. Décret n° 2012-1250 du 9 novembre 2012 relatif aux modalités de paiement du lait de vache, de brebis et de chèvre en fonction de sa composition et de sa qualité. JORF n°0263 du 11 novembre 2012 page 17880 texte n° 5* .
23. Delaby et al., 2001. *Effect of the level of concentrate supplementation, herbage allowance and milk yield at turn-out on the performance of dairy cows in mid lactation at grazing. Volume 73, Issue 1 August 2001 , pp. 171-181*.
24. Delaunay. 2019. «Techniques de l'ingénieur. Électrophorèse capillaire - Principes. P3365 v2.»
25. Demarquilly et Journey. 1962. *Variations de la composition du lait à la mise à l'herbe. XVI Congrès Int. de Laiterie, Kobenhavn*.
26. Devle et al., 2012. « *A Comparative Study of Fatty Acid Profiles in Ruminant and Non-Ruminant Milk* ». *European Journal of Lipid Science and Technology 114 (9): 1036-43* .

26. Dewhurst et al., 2006. Dewhurst, R. J.; Shingfield, K. J.; Lee, M. R. F.; Scollan, N. D., 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 131 (3-4): 168. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 168-206.
27. Doreau et al., 2012. Doreau, Michel and Fievez, Veerle and Troegeler-Meynadier, Annabelle and Glasser, Frédéric *Métabolisme ruminal et digestion des acides gras longs chez le ruminant :le point des connaissances récentes.* (2012) INRA Productions Animales, 25 (n° 4). pp. 361-374. ISSN 0990-0632.
28. DRAAF. 2019. *Rapport d'activité Édition 2018.*
29. Enjalbert et Meynadier . 2016. *ALIMENTATION DES VACHES LAITIÈRES ET COMPOSITION EN ACIDES GRAS DU LAIT.* Bull. Acad. Vét. France 2016 - Tome 169 - N°3.
30. Ennuyer et al. 2013. *VADE-MECUM de gestion de l'élevage bovin laitier* Editions MED'COM, Paris, 478p.
31. Escoffier et Pagès. 1998. Escoffier, B., et Pagès, J. 1998. *Analyse factorielles simples et multiples : Objectifs, méthodes et interprétation.* 3e éd. Paris: Dunod.
- FAO.org. s.d. *Laits d'animaux laitiers.*
32. Fauchoux. 2017. *Fauchoux. Mémoire de fin d'étude. L'ANALYSE DES FACTEURS DE VARIATION DES TAUX DE MSU DES LAITS DE BREBIS DES PYRENEES-ATLANTIQUES.* Angers: Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers, 2017, 92p.
33. Fayolle. 2015. *Fayolle. Le lactose, indicateur de déficit énergétique chez la vache laitière ?.* Vet.Agro. Lyon : Université Claude Bernard, 2015, 143p.
34. Ferlay et al., 2013. Ferlay, A., Doreau, M., Martin, C. et Chilliard, Y. 2013. « Effects of Incremental Amounts of Extruded Linseed on the Milk Fatty Acid Composition of Dairy Cows Receiving Hay or Corn Silage ». *Journal of Dairy Science* 96 (10): 6577-95.
- Ferrand et al., 2009. *Détermination du profil en acides gras des laits de brebis et de chèvre par spectrométrie moyen infrarouge.* Renc. Rech. Ruminants, 2009, 16.
35. Gargouri. 2005. *Production et composition du lait de brebis : effets de l'apport de lipides protégés* March 2005- *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 58(3):183.
36. Gelée et al., 2014. «M. Gelé, S. Minery, J.-M. Astruc, P. Brunschwig, M. Ferrand-Calmels, G. Lagriffoul, H. Larroque, J. Legarto, O. Leray, P. Martin, G. Miranda, I. Palhière, P. Trossat, M. Brochard. Phénotypage et génotypage à grande échelle de la composition fine des laits dans les filières bovine, ovine et caprine.» *RA Prod. Anim.*, 2014, 27 (4), 255-268 .
37. Gonzalez et al., 1982. Gonzalez, J.S. et al. 1982. *The effect in ewes of source and level of dietary protein on milk yield, and the relationship between the intestinal supply of non-ammonia nitrogen and the production of milk protein.* *Animal science*, volume 3, issue 1, p.31
38. Grenet et Besle. 1991. *Microbes and fibre degradation.* In : *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion.* INRA Editions, p 107-129.
39. Griinari et al. 2000. *Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by delta 9-desaturase.* *J. Nutr.*, 130, 2285-2291.
40. Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEM RCN). 2009. *Specification technique de l'achat public laits et produits laitiers.*
41. Guillou et al., 1986. H. Guillou, J.P. Pelissier, R. Grappin. *Méthodes de dosage des protéines du lait de vache.* *Le Lait*, INRA Editions, 1986, 66 (2), pp.143-175. hal-00929062 .
42. Guitard et al., 1996. *Production laitière et quantités ingérées par des brebis laitières selon le niveau d'apport de luzerne déshydratée.*
43. Huang et al., 2014. *Effect of reduced energy density of close-up diets on dry matter intake, lactation performance and energy balance in multiparous cows* *Journal of Animal Science and Biotechnology* 2014, 5:30.
44. Institut de l'élevage . 2019. *Résultats techniques par groupe typologique - Comité technique OS Corse.*
45. Institut de l'élevage. 2015. *Institut de l'élevage – Contrôle des Performances Lait – 25/03/2015 Protocoles et méthodes de qualification des lactations.*
46. Institut d'élevage. 2015. *Contrôle des performances du lait.*
47. International Union of Pure and Applied Chemistry and International Union of Biochemistry Commission on Biochemical Nomenclature . 1968;1978..
48. ISO22662. 2007. *ISO 22662:2007 [IDF 198:2007] Lait et produits laitiers — Détermination de la teneur en lactose par chromatographie liquide haute performance (Méthode de référence).*
- Jouany. 1994. J.-P. Jouany. *Les fermentations dans le rumen et leur optimisation.* INRA Productions Animales, Paris: INRA, 1994, 7 (3), pp.207-225. hal-00896087 .
49. Lagriffoul et al., 1999. G.Lagriffoul(I),J.P.Guitard(1,2),J.M.Arranz(I),P.Autran (I),B.Drux (I),G.Delmas(I),J.M.Gautier(I), J.P.Jaudon (I),E. Morin (I).C.Saby (I),C. Vacaresse(I),E. Vanquackebeke(I),F. Bocqueler ( I ). *Influence du taux de couverture des besoins azotés des brebis laitières sur la production de lait et sa teneur en urée.*
50. Lagriffoul et al., 2008. *Composition of goat and sheep milk products.*
51. Laur. 2003. *Laur. CETOSE ET TOXEMIE DE GESTATION : ETUDE COMPAREE.* Docteur vétérinaire. Toulouse: Université Paul-Sabbatier, 2003, 110p.

52. Lefier (Cecalait). s.d. *Méthodes de détermination de la teneur en urée dans le lait.*
53. Legarto et al., 2014. Legarto, M. Gelé, A. Ferlay, C. Hurtaud, G. Lagriffoul, Palhière J.-L. Peyraud, B. Rouillé, P. Brunschwig. *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.* INRA Prod. Anim., 2014, 27 (4), 269-282.
54. Leroux C.— 2013. Leroux C., Bernard L., Dessauge F., Le Provost F., Martin P., 2013. *La fonction de lactation : régulation de la biosynthèse des constituants du lait.* In : Numéro spécial, La vache et le lait. Faverdin P., Leroux C., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 26, 117-128.
55. Létondor. 2013. *E ets des acides gras polyinsaturés n-3 sur les processus cibles des rétinoides impliqués dans la plasticité synaptique et la mémoire au cours du vieillissement.*
56. Lewis. 1957. *Blood-urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant.* J. Agri. Sci. (Camb.) 48 : 438-446.
57. LIAL. 2020. *Résultats MIR 2020.*
58. Luzzana et al., 2003. Massimo Luzzana, Dario Agnellini, Paola Cremonesi, Giancarlo Caramenti, Silvia de Vita. *Milk lactose and lactulose determination by the differential pH technique.* Le Lait, INRA Editions, 2003, 83 (5), pp.409-416. 10.1051/lait:2003022 . hal-00895507 .
59. —. 1999. Massimo Luzzana, Ra aella Giardino. *Urea determination in milk by a differential pH technique.* Le Lait, INRA Editions, 1999, 79 (2), pp.261-267. hal-00929648 .
60. M. Demaimay et C. Baron. 1981. M. Demaimay, C. Baron. *Détermination rapide et spécifique du taux d'hydrolyse du lactose par chromatographie liquide à haute performance à l'aide d'un étalon interne.* Le Lait, INRA Editions, 1981, 61 (605\_606), pp.261-274. hal-00928890 .
61. Macciotta et al., 2012. *Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows* J. Dairy Sci., 95, 7346-7354.
62. Melzer et al., 2013. *Investigating associations between milk metabolite profiles and milk traits of Holstein cows* J. Dairy Sci., 96, 1521-1534.
63. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales. 2010. *La teneur en protéines des rations modernes pour ovins.*
64. Morand-Fehr et Doreau. 2001. *Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur.* Productions Animales 1 (14), 15-27. (2001).
65. Mutsvangwa. 2019. *L'acidose ruminale chronique (arc) chez la vache laitière.* Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales.
66. NF EN ISO 14637 - FoodLab. 2019. *Détermination du taux d'urée dans le lait .*
67. NF ISO 16958. 2016. *Normes lait et produits laitiers.*
68. NF V 04-217 FoodLab. 2019. *Analyse de l'ammoniac dans le lait .*
69. Nudda et al., 2005. *Seasonal Variation in Conjugated Linoleic Acid and Vaccenic Acid in Milk Fat of Sheep and its Transfer to Cheese and Ricotta .* Journal of Dairy Science 88 (4): 1311-1319.
70. PhenoFinLait. s.d. *Outils et perspectives en filière ovine laitière: fruits de 5 ans de recherche .*
71. Pollott. 2004. *Deconstructing milk yield and composition during lactation using biologically based lactation models* J. Dairy Sci., 87, 2375-2387.
72. Prache et al., 2018. *Diversité dans la lière Petits Ruminants : une source de résilience*
73. Projet MIROL. 2018. *Utilisation des SMIR pour valoriser le lait de brebis.*
74. Règlement (CE) «OCM unique» n°1234/2007, Annexe XII. 2009. *Lait et produits laitiers.*
75. Rehbein et al., 2013. *Inferring relationships between clinical mastitis, productivity and fertility : A recursive model application including genetics, farm associated management, and cow-specific antibiotic treatments* Preventive Veterinary Medicine, 112, 58-67.
76. Revilla et al., 2016. *Analysis and modelling of predation on biofilm activated sludge process: Influence on microbial distribution, sludge production and nutrient dosage.* Bioresource Technology Volume 220, November 2016, Pages 572-583.
77. Rico et al., 2014. *Within-milking variation in milk composition and fatty acid profile of Holstein dairy cows* J. Dairy Sci., 97, 4259-4268.
78. Romero et al., 1996. *Detection of cow's milk in ewe's or goat's milk by HPLC.* 42, pages181-184(1996).
79. S. Niemczycki, K. Gerhardt. 1936. *L'AMMONIAQUE DU LAIT ET SON DOSAGE.*
80. Sautet. 1995. *L'appareil digestif et ses adaptations.* In : *Nutrition des ruminants domestiques.* INRA Editions, p 183-222.
81. Sauviant et Dulphy. 1995. *La fibrosité des rations des ruminants.* Renc. Rech. Ruminants 1995, 2, 465 - 468.
82. Schmidely et Sauviant. 2001. *Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants : effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré* INRA Prod. Anim., 14(5), 337-354.
83. Semence de France. 2016.
84. Shahbazkia et al., 2010. *Associations among milk production traits and glycosylated haemoglobin in dairy cattle ; importance of lactose synthesis potential* Vet Res Commun, 34
85. Sica Creom. 2000. *Alimentation et qualité du lait, Fiche technique.*
86. —. 2000. *Conduites d'élevage et qualité du lait, Fiche technique.*

87. SICA-CREOM Centre Départemental de l'Élevage Ovin. 2000. *Intérêt du dosage de l'urée dans le lait pour apprécier le bilan azoté de la ration.*
88. Sigl et al., 2014. *Multiparous cow categorized by milk protein concentration and energy-corrected milk yield during early lactation-metabolism, productivity and effect of a short-term feed restriction Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 97, 278-296.*
89. Soyeurt et al., 2006. *Estimating Fatty Acid Content in Cow Milk Using Mid-Infrared Spectrometry. Journal of Dairy Science Volume 89, Issue 9, September 2006, Pages 3690-3695.*
90. Synagri. 2014. *Gelé. Institut de l'élevage. Conduite d'élevage et protéines laitières.*
- SYRSTAD. 1977. *Day-to-day variation in milk yield, fat content and protein content Livestock Production Science, 4, 141-151.*
91. Talpur et al. 2009. *Milk fatty acid composition of indigenous goat and ewe breeds from Sindh, Pakistan.*
92. Troegeler-Meynadier et al., 2004. *Rates and efficiencies of reactions of ruminal biohydrogenation of linoleic acid according to pH and polyunsaturated fatty acids concentrations. Reprod. Nutr. Dev., 2006b, 46, 713-724.*
93. UNIV Lyon. 2014. *Description de l'indice KMO (Kaiser – Mayer – Olkin).*
94. Univ Mrs. s.d. *Interprétation d'une ACP.*

# ANNEXES

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des résultats de janvier 2020, (LIAL)

Exploitation	Traite tank	Type traite	SE Complémentation	SE Fourrage	Qte Aliment (g/brebis/jour)	Ration Fourrage	PN	PT	Parcours	Qte Lait (L)	Nb Brebis	Prod/brebis (L)	AGI (g/100g)	AGMI (g/100g)	AGPI (g/100g)	AGS (g/100g)	Caseines (g/L)	Lactose (g/L)	TB (g/L)	TP (g/L)	Uree (mg/L)	TB/TP	MSU (g/L)
GU	M	mono-traite	SE CC 1	SE Aff 3	320	RF 3	PN 1	PT 0	Prc 0	106	123	0,861788618	19,81	16,55	3,8	48,06	48,86	49,8	71,4	56,9	510	1,254833	128,3
PAR	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 3	630	RF 3	PN 0	PT 1	Prc 0	324	336	0,964285714	15,75	14,09	3,69	45,22	49,93	51	64,2	58,9	450	1,089983	123,1
VE	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 3	460	RF 3	PN 0	PT 1	Prc 0	201	201	1	17,01	14,7	3,46	43,06	42,46	47,7	63,2	50	380	1,264	113,2
EO	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 1	600	RF 3	PN 0	PT 1	Prc 0	760	677	1,122599705	13,54	11,35	2,97	37,8	48,41	52,4	54	57,2	475	0,944056	111,2
SP	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 2	760	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	298	231	1,29004329	14,98	13,05	3,19	44,14	45,16	50,6	62,2	52,9	530	1,175803	115,1
CO	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 2	600	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	114	93	1,225806452	16,31	14,5	3,6	43,76	45,9	52,6	63,2	53,7	510	1,176909	116,9
ALT	M	mono-traite	SE CC 2	SE Aff 2	500	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	113	137	0,824817518	16,39	13,92	3,47	39,62	44,62	51,6	59	52,2	555	1,130268	111,2
MA	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 1	660	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	76	108	0,703703704	22,83	19,23	3,88	45,25	50,51	48,6	71,7	59,1	450	1,213198	130,8
RA	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 3	660	RF 3	PN 1	PT 0	Prc 1	100	112	0,892857143	25,52	22,78	4,61	53,07	48,28	49,4	82,7	55,8	490	1,482079	138,5
AL	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 3	400	RF 3	PN 1	PT 0	Prc 0	218	257	0,848249027	16,14	14,08	2,95	39,39	44,15	52,1	58,5	52	365	1,125	110,5
AC	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 1	400	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	207	206	1,004854369	20,03	17,17	4,45	47,35	49,58	50,5	70,9	57,8	355	1,226644	128,7
ME	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 2	600	RF 2	PN 1	PT 1	Prc 0	418	544	0,768382353	15,77	13,83	3,77	48,03	50,27	50,9	67,2	58,8	545	1,142857	126
CA	MS	bi-traite	SE CC 1	SE Aff 2	300	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 1				22,81	19,7	4,2	49,55	49,29	51,2	76	57,4	635	1,324042	133,4
HE	MS	bi-traite	SE CC 1	SE Aff 2	200	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	120	136	0,882352941	26,89	23,81	4,41	52,18	47,69	49,5	83,2	55,3	340	1,504521	138,5
BO	M	bi-traite	SE CC 1	SE Aff 1	0	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 1	25	65	0,384615385	25,32	20,91	4,8	42,72	47,88	50,3	71,6	55,3	375	1,294756	126,9
PA	M	mono-traite	SE CC 1	SE Aff 1	300	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 1	80	180	0,444444444	30,95	25,85	4,48	49,92	51,35	47,9	84,9	59,4	350	1,429293	144,3
ROG	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 2	800	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	225	264	0,852272727	16,61	13,86	3,74	41,09	48,3	50,7	60,7	56,4	420	1,076241	117,1
NI	M	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 2	800	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	180	200	0,9	19,25	16,6	3,63	45,31	49,32	49,8	68	57,9	505	1,174439	125,9
GI	MS	bi-traite	SE CC 1	SE Aff 2	350	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	77	150	0,513333333	22,03	18,04	3,76	41,79	42,19	45,3	67	49,6	480	1,350806	116,6
RO	M	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 3	600	RF 3	PN 1	PT 0	Prc 1				21,61	18,36	4,5	48,53	47,74	51,9	73,8	55,2	265	1,336957	129

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des résultats de mai 2020, (LIAL)

Exploitations	Traite tank	Type traite	SE Complémentation	SE Fourrage	Qte Aliment (g/brebis/jour)	Ration Fourrage	PN	PT	Parcours	Qte Lait (L)	Nb Brebis	Prod/brebis (L)	AGI (g/100g)	AGMI (g/100g)	AGPI (g/100g)	AGS (g/100g)	Caseines (g/L)	Lactose (g/L)	TB (g/L)	TP (g/L)	Uree (mg/L)	TB/TP	MSU (g/L)
GU	M	mono-traite	SE CC 1	SE Aff 3	200	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	102,21	153	0,66803922	17,17	14,83	3,36	40,73	49,71	50,4	60,9	59,3	435	1,026981	120,2
PAR	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 3	420	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	213	368	0,57880435	17,24	15,97	3,08	45,13	47,44	46,3	65,7	57,4	595	1,144599	123,1
VE	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 3	300	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	180	288	0,625	20,62	17,61	4,13	39,68	46,74	47	63,5	55,1	680	1,15245	118,6
EO	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 1	300	RF 1	PN 0	PT 1	Prc 0	485	777	0,62419562	13,04	11,32	2,82	38,76	47,01	49,3	54,5	56,3	560	0,968028	110,8
SP	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 2	750	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	312	306	1,01960784	10,36	9,72	2,68	30,53	37,48	41,7	43	45,6	585	0,942982	88,6
CO	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 2	600	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	155	148	1,0472973	12,57	10,57	2,93	38,11	47,38	51,7	53,3	56	615	0,951786	109,3
ALT	M	mono-traite	SE CC 2	SE Aff 2	600	RF 2	PN 1	PT 0	Prc 0	202	195	1,03589744	8,6	10,13	2,02	39,31	46,25	47,3	50,4	56,5	805	0,892035	106,9
MA	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 1	300	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	110	115	0,95652174	11,21	10,16	2,75	35,02	45,74	52	48,7	54,8	690	0,888686	103,5
RA	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 3	660	RF 3	PN 1	PT 0	Prc 1	80,2	129	0,62170543	16,79	13,62	3,84	41,85	47,54	50,6	61,7	55,8	770	1,105735	117,5
AL	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 3	550	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	205	302	0,67880795	17,27	15,26	3,4	43,03	49,85	49,3	63,5	59,7	620	1,063652	123,2
AC	MS	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 1	400	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	206,5	300	0,688333333	17,16	15,17	2,94	38,13	46,87	50	58,2	55,5	590	1,048649	113,7
ME	MS	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 2	600	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	420	643	0,65318818	21,43	20,04	4,47	44,69	50,27	50,1	69,6	58,8	705	1,183673	128,4
CA	M	bi-traite	SE CC 1	SE Aff 2	300	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 1				21,36	18,76	4,53	46,8	53,42	48,6	71,7	62,8	615	1,14172	134,5
HE	MS	bi-traite	SE CC 1	SE Aff 2	207	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	100	130	0,76923077	7,74	9,07	1,06	31,81	46,26	51,1	41,6	55,6	560	0,748201	97,2
BO	M	bi-traite	SE CC 1	SE Aff 1	0	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 1	30	65	0,46153846	11,74	9,22	3,37	42,15	45,81	50	56,7	54,4	565	1,042279	111,1
PA	M	mono-traite	SE CC 1	SE Aff 1	300	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	45	150	0,3	15,75	14,61	3,12	46,69	53,94	47,8	65,7	64,5	625	1,018605	130,2
ROG	M	mono-traite	SE CC 2	SE Aff 2	400	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	218	280	0,77857143	20,23	16,67	4,16	47,77	49,66	49,4	71,6	59	665	1,213559	130,6
NI	M	bi-traite	SE CC 3	SE Aff 2	800	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0				6,5	7,24	1,28	26,96	38,04	41,1	35,2	46,4	565	0,758621	81,6
GI	MS	bi-traite	SE CC 1	SE Aff 2	300	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 0	83	120	0,69166667	15,29	13,07	3,61	39,67	47,05	49,9	57,9	56,4	495	1,026596	114,3
ROG	M	bi-traite	SE CC 2	SE Aff 3	300	RF 1	PN 1	PT 0	Prc 1				14,28	13,11	2,49	33,11	48,98	48,2	49,9	58,5	565	0,852991	108,4

NB :

- SE\_Fourrage, SE\_complémentation, et Ration\_fourrage sont classés en fonction de la dose attribuée de 1 à 3 (faible, moyenne, forte).
- PN, PT et Parcours sont également codés : 0 pour absence, 1 pour présence.
- M (matin) et MS (matin + soir) correspondant à/aux traite(s) présente(s) dans le tank au moment du prélèvement.

Annexe 3 : Matrices de corrélation de l'ACP de janvier 2020

	AGI	AGMI	AGPI	AGS	Caséines	Lactose	Urée	TB	TP	TB/TP	MSU	Quantité lait	Quantité aliment
AGI	1,00												
AGMI	0,99	1,00											
AGPI	0,82	0,82	1,00										
AGS	-0,95	0,71	0,72	1,00									
Caséines	0,32	0,33	0,44	0,51	1,00								
Lactose	-0,50	-0,46	-0,25	-0,2	0,18	1,00							
Urée	-0,33	-0,32	-0,35	-0,07	0,10	0,11	1,00						
TB	0,91	0,95	0,85	0,90	0,45	-0,39	-0,23	1,00					
TP	0,23	0,24	0,34	0,43	0,99	0,20	0,4	0,36	1,00				
TB/TP	0,87	0,89	0,75	0,77	0,02	-0,53	-0,27	0,90	-0,07	1,00			
MSU	0,85	0,88	0,83	0,89	0,68	-0,27	-0,18	0,96	0,61	0,75	1,00		
Quantité lait	-0,64	-0,62	-0,56	-0,36	0,12	-0,40	0,21	-0,56	0,21	-0,69	-0,40	1,00	
Quantité aliment	-0,55	-0,51	-0,45	-0,15	0,07	-0,29	0,25	-0,39	0,13	-0,48	-0,29	0,39	1,00

Annexe 4 : Matrices de corrélation de l'ACP de Mai 2020

	AGI	AGMI	AGPI	AGS	Caséines	Lactose	Urée	TB	TP	TB/TP	MSU	Quantité lait	Quantité aliment
AGI	1,00												
AGMI	0,96	1,00											
AGPI	0,90	0,81	1,00										
AGS	-0,77	0,74	0,78	1,00									
Caséines	0,67	0,69	0,56	0,80	1,00								
Lactose	0,29	0,22	0,30	0,40	0,62	1,00							
Urée	0,10	0,15	0,18	0,23	0,09	0,05	1,00						
TB	0,92	0,89	0,89	0,95	0,79	0,37	0,18	1,00					
TP	0,61	0,65	0,49	0,78	0,99	0,58	0,07	0,76	1,00				
TB/TP	0,90	0,84	0,93	0,85	0,52	0,21	0,21	0,92	0,47	1,00			
MSU	0,87	0,87	0,81	0,95	0,90	0,46	0,16	0,98	0,87	0,88	1,00		
Quantité lait	0,18	0,26	0,12	-0,04	-0,18	-0,29	0,11	0,06	-0,19	0,18	-0,01	1,00	
Quantité aliment	-0,17	-0,10	-0,15	-0,28	-0,46	-0,51	0,41	-0,24	-0,46	-0,10	-0,33	0,40	1,00

Annexe 5 : Récapitulatif des modalités des systèmes d'élevage

<b>Traite tank</b>	Traite(s) présente(s) dans le tank au moment du prélèvement. Codé M (matin) ou MS (matin + soir)
<b>Type_traite</b>	Traite unique le matin (mono-traite) ou 2 traites réalisées le matin et le soir (bi-traite)
<b>SE_Complementation</b>	Niveau de distribution d'aliment concentré ou de céréales sur l'ensemble de la campagne laitière (Modalités de 1 à 3 en fonction de la quantité distribuée)
<b>SE_Fourrage</b>	Niveau de distribution de fourrage sur l'ensemble de la campagne laitière (Modalités de 1 à 3 en fonction de la quantité distribuée)
<b>Qte_Aliment (g/brebis/jour)</b>	Quantité moyenne d'aliment concentré ou de céréales distribuée aux brebis dans la période où les prélèvements d'échantillons de lait ont été effectués
<b>Ration_Fourrage</b>	Quantité moyenne de fourrage distribuée aux brebis dans la période où les prélèvements d'échantillons de lait ont été effectués
<b>PN</b>	Prairie naturelle (espèces fourragères spontanées)
<b>PT</b>	Prairie temporaire (espèces fourragères cultivées)
<b>Parcours</b>	Surfaces naturelles à faibles valeurs nutritionnelles pâturées par le bétail

## **RESUME**

En Corse, la maîtrise de la filière laitière ovine en vue de la transformation fromagère est un enjeu économique majeur. Dans le cadre de ce stage, nous avons porté notre intérêt sur la composition biochimique du lait de brebis (en particulier les acides gras, les protéines l'urée et le lactose) et ce, au sein de différentes exploitations appartenant à différents systèmes d'élevages (fourrager intensif, fourrager semi-intensif, pastoral faible et forte complémentation).

Cette étude a été effectuée à partir de prélèvements de plusieurs laits de troupeaux réalisés auprès de 20 exploitations différentes réparties dans toute la Corse en janvier et mai 2020. Il nous a été possible, via la spectroscopie MIR (Moyen Infra-Rouge) et une analyse en composantes principales, d'étudier la variabilité des différents constituants de ces échantillons. Notre objectif était d'analyser l'influence de ces différents systèmes d'élevages sur le lait ovine produit.

La composition du lait de brebis de race Corse présente, de façon générale, les mêmes caractéristiques que celles reportées dans la littérature. Il s'avère qu'en fonction du système d'élevage, la teneur de ses composants peut varier. On trouve notamment d'autant plus d'AGI lors d'une faible complémentation contre une forte teneur en AGS pour les plus complémentés. *A contrario*, les teneurs en urée, lactose et protéines semblent stables entre les systèmes.

## **ABSTRACT**

In Corsica, controlling sheep dairy sector for cheese processing is an economic challenge. During this internship, we focused on physical sheep milk composition (especially fatty acids, proteins, urea and lactose) and this, on different farms with different farming systems (intensive fodder, half-intensive fodder, low and large pastoral complementation). This study was realised from different milk flock, on 20 farms split throughout Corsica in January and May 2020. It was possible for us, via MIR spectroscopy and Principal Component Analysis, to study the variability of these different samples. The final objective was to analyse the influence of these different « farming systems » on sheep milk.

Composition of Corsican sheep milk has the same characteristics as those reported in literature. Depending on farming system, the content of components can vary. In particular, there are more AGI in low complementation contrary to high complementation where there are more AGS. In contrast, urea, lactose and protein levels appear to be stable between systems.

## **MOTS CLES**

Lait de brebis, systèmes élevages, urée, lactose, acides gras