

Faculté des bioingénieurs

Caractérisation des externalités d'une exploitation ovine laitière wallonne en lien avec la conduite alimentaire du troupeau : impacts sur le bilan environnemental, l'autonomie et la qualité des produits

Auteur : Maud Gramme

Promoteurs : Eric Froidmont (CRA-W/UCL)
Pierre Rondia (CRA-W)

Lecteurs : Christel Daniaux (SoCoPro asbl)
Yvan Larondelle (UCL/LIBST)

Année académique 2019-2020

Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de
bioingénieur : sciences agronomiques

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mes promoteurs Eric Froidmont et Pierre Rondia pour le suivi, les conseils et le temps qu'ils ont consacré à l'encadrement de mon mémoire.

Je remercie sincèrement Christel Daniaux et Yvan Larondelle d'avoir accepté d'être mes lecteurs.

Je tiens également à remercier Pierre et Julien Artoisenet de m'avoir ouvert les portes de la bergerie. Merci pour cet accueil, ce partage et votre investissement dans ce projet.

Merci également à Eric Mignolet et Elena Debock pour leurs précieux conseils lors de l'analyse du profil en acide gras de mes échantillons.

Merci à Frédéric Dehareng pour l'analyse moyen infrarouge du lait.

Mes remerciements vont également à Astrid Lories et Florence Van Stappen pour leur aide précieuse lors de la prise en main de l'outil DECiDE.

Je tiens également à remercier Virginie Decruyenaere pour son aide lors du calcul de l'ingestion des brebis et Sophie Mathieux pour son aide lors de l'analyse infrarouge des aliments.

Enfin, mes remerciements vont à mes parents, ma sœur et à toutes les personnes qui m'ont soutenue tout au long de ce projet.

Table des matières

Liste des abréviations	1
Liste des figures	2
Liste des tableaux	3
Introduction.....	4
I. Revue bibliographique	5
1. Les ovins laitiers : contextualisation et pratiques d'élevage.....	5
1.1. L'élevage ovin dans le monde et en Europe.....	5
1.2. L'élevage ovin laitier en Wallonie.....	5
1.2.1. La place de l'élevage ovin.....	5
1.2.2. L'évolution du secteur ovin laitier	6
1.2.3. Les circuits de commercialisation des produits laitiers.....	8
1.2.4. Les principales races ovines laitières.....	8
1.3. Les conduites d'élevage en ovin laitier	9
1.3.1. Le schéma type de production et les adaptations	9
1.3.2. Les modes d'élevage : la place de l'agriculture biologique	10
1.3.3. La reproduction	11
1.3.4. La lactation	13
1.3.5. L'alimentation.....	14
2. La durabilité des systèmes de production ovins	15
2.1. L'impact environnemental : focus sur les gaz à effet de serre.....	15
2.2. L'autonomie alimentaire	16
2.3. Tendre vers l'autonomie alimentaire.....	16
3. La composition et l'aptitude à la transformation du lait de brebis.....	17
3.1. Les caractéristiques physico-chimiques	17
3.2. Composition du lait de brebis	18
3.2.1. Les lipides	18
3.2.2. Les hydrates de carbone.....	21
3.2.3. Les protéines	22
3.2.4. Les minéraux.....	23
3.2.5. Les vitamines	23
3.2.6. Les composés phénoliques.....	24
3.3. Les principaux facteurs influençant la quantité et la qualité du lait	25
3.3.1. Le stade physiologique de la brebis	25
3.3.2. L'alimentation.....	25

3.4.	L'aptitude fromagère.....	29
3.5.	La qualité du lait biologique	29
II.	Partie expérimentale.....	31
1.	Objectifs.....	31
2.	Matériel et méthodes.....	31
2.1.	Lieu d'expérimentation	31
2.2.	Bilan environnemental	32
2.2.1.	L'outil DECiDE	32
2.2.2.	L'adaptation du logiciel DECiDE aux ovins.....	32
2.3.	Plan d'échantillonnage	32
2.3.1.	Alimentation du troupeau.....	33
2.3.2.	Composition du lait et du fromage.....	36
2.3.3.	Méthodes de dosage sur les aliments	37
2.3.4.	Méthodes de dosage sur le lait et le fromage.....	37
2.4.	Analyses statistiques	38
III.	Résultats et discussion	40
1.	Bilan environnemental	40
1.1.	Adaptation aux ovins laitiers	40
1.2.	Application de l'outil DECiDE à l'exploitation.....	41
2.	Suivi de l'alimentation des brebis laitières.....	46
2.1.	Ration	46
2.2.	Critères de comparaison des rations.....	49
2.3.	Autonomie alimentaire	51
2.4.	Efficience alimentaire et place des fourrages dans l'alimentation des brebis laitières	52
3.	Qualité du lait	53
3.1.	Taux butyreux et protéique.....	53
3.2.	Profil en acide gras du lait	56
3.2.1.	Prédiction du profil en acide gras par spectrométrie moyen infrarouge.....	62
3.3.	Vitamines E et B12.....	63
3.4.	Rendement fromager	64
3.4.1.	Estimation du rendement fromager.....	65
4.	Qualité du fromage	65
4.1.	Profil en acide gras du fromage frais.....	65
IV.	Discussion générale.....	67
V.	Conclusions et perspectives.....	69
VI.	Références.....	70

VII. Annexes Document annexe

Annexe 1 : Adaptation du calcul des émissions imputables au bétail et à la gestion du fumier de l'outil DECiDE.....	1
---	---

Liste des abréviations

ACV	Analyse du cycle de vie
AG	Acides gras
AGI	Acides gras insaturés
AGMI	Acides gras monoinsaturés
AGPI	Acides gras polyinsaturés
AGS	Acides gras saturés
AGT	Acides gras totaux
AGV	Acides gras volatils
CEL	Cellulose brute
CG	Chromatographie en phase gazeuse
CI	Capacité d'ingestion
CLA	Acides linoléiques conjugués
CRA-W	Centre Wallon de Recherches Agronomiques
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GAE	Equivalents d'acide gallique
GES	Gaz à effet de serre
IR	Infrarouge
MAT	Matières azotées totales
MG	Matières grasses
MIR	Moyen infrarouge
MLB	Mouton Laitier Belge
MPT	Matières protéiques totales
MS	Matière sèche
Oviesem	Ovin de l'Entre-Sambre-et-Meuse
PDI	Protéines digestibles dans l'intestin grêle
PL	Production laitière
PLS	Production laitière standard
PPO	Polyphénol oxydase
PV	Poids vif
SAU	Surface agricole utile
SPW	Service Public de Wallonie
TAN	Azote ammoniacal total
TB	Taux butyreux
TP	Taux protéique
UE	Unité d'encombrement
UEM	Unité d'encombrement mouton
UFL	Unité fourragère lait
UGB	Unité de gros bétail
VA	Acide vaccénique

Liste des figures

Figure 1 - Situation de l'élevage ovin laitier en Wallonie d'après les données de Sanitrace et du Collège des Producteurs (2015)	7
Figure 2 - Taux de mise bas moyen par système étudié (Bellet & Gautier, 2018)	12
Figure 3 - Prolificité moyenne par système étudié (Bellet & Gautier, 2018)	13
Figure 4 - Evolution de la production laitière (PL) et des taux butyreux (TB) et protéique (TP) du lait au cours de la saison de production (Rondia et al., 2005)	14
Figure 5 - Evolution du degré de saturation des acides gras du lait en fonction du stade de lactation chez les ovins (Esvan et al., 2010)	25
Figure 6 - Evolution des principales familles d'acides gras du lait de brebis en fonction du régime alimentaire (Legarto et al., 2014)	26
Figure 7 - Consommations énergétiques de l'exploitation réparties par poste	42
Figure 8 - Emissions de gaz à effet de serre de l'exploitation réparties par poste	45
Figure 9 - Evolution de la ration des brebis laitières au cours de la période de suivi	46
Figure 10 - Relation entre la biomasse estimée à l'aide des quadrats et estimée par l'éleveur (en kg MS/ha)	47
Figure 11 - Evolution de la part de légumineuses et de graminées dans les prairies	48
Figure 12 - Evolution de la valeur alimentaire du fourrage au cours du fanage	48
Figure 13 - Quantités de fourrages et de concentrés des rations au cours de la période de suivi	49
Figure 14 - Evolution de l'autonomie alimentaire massique, protéique et énergétique au cours de la période de suivi	52
Figure 15 - Apports en protéines et en énergie des fourrages exprimés en pourcentage des apports totaux	53
Figure 16 - Evolution de la production laitière et des taux butyreux et protéique du lait durant la saison de production	54
Figure 17 - Effet du stade de lactation sur la production laitière et les taux butyreux et protéique du lait	55
Figure 18 - Comparaison des profils en acide gras des laits issus d'un régime avec et sans pâturage	59
Figure 19 - Relation entre le pourcentage total de fourrages dans la ration et la teneur en CLA c9t11 et C18:1 t11 du lait (AP : avec pâturage, SP : sans pâturage)	60
Figure 20 - Relation entre le pourcentage total de fourrages de la ration, le pourcentage d'herbe pâturée de la ration et les teneurs en acides linoléique et α -linoléique du lait	61
Figure 21 - Comparaison du profil en acide gras du lait mesuré par chromatographie gazeuse et prédit par spectrométrie moyen infrarouge	62
Figure 22 - Relation entre le rendement fromager observé et théorique	65
Figure 23 - Profil en acide gras des fromages frais et des laits dont ils sont issus	66

Liste des tableaux

Tableau 1 - Composition moyenne des nutriments de base dans les laits de chèvre, de brebis, de vache et humain (Park et al., 2007)	18
Tableau 2 - Profils en acide gras et en triglycérides des laits de vache, de chèvre et de brebis (Balthazar et al., 2017).....	19
Tableau 3 - Teneurs en acides linoléique (C18:2) et α -linolénique (C18:3) et en acides gras totaux d'ensilage d'herbe et de légumineuses (en % MS) (Dewhurst et al., 2003).....	27
Tableau 4 - Effets de différents ensilages d'herbe et de légumineuses sur la composition du lait (en % des acides gras totaux) (Dewhurst et al., 2003)	27
Tableau 5 - Synthèse globale des émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac au sein de l'exploitation.....	44
Tableau 6 - Valeur alimentaire de l'herbe suivant la période de pâturage	50
Tableau 7 - Valeurs énergétique et protéique des concentrés.....	51
Tableau 8 - Extrait de la matrice de corrélation entre les taux butyreux et protéique du lait, la production laitière, le stade de lactation et les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration	53
Tableau 9 - Extrait de la matrice de corrélation entre les acides gras du lait, le stade de lactation et les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration.....	57
Tableau 10 - Extrait de la matrice de corrélation entre la teneur en vitamines E et B12 du lait et les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration.....	63
Tableau 11 - Extrait de la matrice de corrélation entre le rendement fromager, le stade de lactation des brebis, les taux butyreux et protéique du lait et les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration	64

Introduction

En Wallonie, la filière ovine est actuellement en pleine expansion avec un des taux d'installation les plus élevés (FUGEA, 2017). Entre 2010 et 2015, le nombre d'élevages ovins professionnels, détenant au moins 30 brebis, a été multiplié par 1,4. Au niveau de la filière ovine laitière, 19 éleveurs professionnels étaient dénombrés en 2015 pour un taux d'autoapprovisionnement de lait de brebis de moins de 10 %. Le développement de cette filière présente donc un réel potentiel pour l'avenir (Services opérationnels du Collège des Producteurs, 2019)

La bergerie des Fauves Laineux est une exploitation ovine laitière familiale située à Cognelée. A la tête de cette exploitation, Pierre et Julien Artoisenet prônent une agriculture biologique, durable et de qualité. Un intérêt particulier est accordé à l'alimentation des brebis. Cette ferme a en effet presque atteint l'autonomie alimentaire complète, la petite part d'aliments achetés étant presque uniquement destinée à l'engraissement des agneaux. Pour y arriver, ils produisent des fourrages issus d'associations de graminées et de légumineuses ainsi que des concentrés fermiers associant céréales et protéagineux pour couvrir les besoins en énergie et protéines des animaux. Ils veillent aussi à maîtriser la taille du cheptel en fonction du potentiel de production des surfaces agricoles disponibles. Par ailleurs, cette exploitation se caractérise par un atelier de transformation à la ferme ainsi que la vente directe sur l'exploitation.

Cet essai a vu le jour suite à la demande de ces deux éleveurs. Poussés par l'envie de proposer des produits de qualité, ils souhaitent objectiver l'impact des fourrages produits sur l'exploitation sur la qualité du lait et du fromage. Le but de leur démarche est de pouvoir communiquer directement avec les consommateurs à propos de la qualité des produits qu'ils proposent et de l'intérêt de leur activité pour la société.

L'objectif premier de ce travail est d'adapter aux ovins l'outil DECiDE, développé initialement par le CRA-W pour les bovins et les cultures, en vue de mesurer l'impact de l'exploitation sur l'environnement en considérant ses émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac, ainsi que sa consommation énergétique.

Le second objectif est de mettre en évidence l'impact de la succession des pratiques alimentaires au fil des saisons sur la qualité du lait et du fromage. Les fourrages constituant la base de l'alimentation des ruminants en agriculture biologique, la qualité de ceux-ci ainsi que la diversité des espèces implantées (graminées et légumineuses) doivent influencer la qualité du lait et des produits dérivés.

I. Revue bibliographique

1. Les ovins laitiers : contextualisation et pratiques d'élevage

1.1. L'élevage ovin dans le monde et en Europe

Il y environ 10 000 ans, les chèvres et les moutons ont été les premiers animaux domestiqués. Par la suite, de nombreuses races hautement productives ont fait leur apparition notamment en Allemagne, France, Espagne et Méditerranée Orientale. L'intérêt s'est d'abord porté sur la production laitière avant de s'orienter également vers la production de viande, de laine et de mohair (Haenlein, 2007).

Selon la FAO, le monde comptait en 2009 1,07 milliard d'ovins ce qui correspond à un recul de 11 % par rapport à 1990. En effet, le cheptel ovin a reculé en Nouvelle-Zélande, en Australie ainsi qu'au sein de l'Union Européenne. Il a par contre progressé en Afrique et en Asie. Actuellement, au niveau mondial, plus de la moitié des ovins se trouvent dans les pays en développement. Dans ces régions, les moutons sont principalement élevés pour leur viande. L'importance du lait de brebis est très marquée au Proche Orient ainsi qu'en Afrique du Nord et en Afrique Sub-Saharienne où il représente respectivement 7,8 % et 4 % de la production totale de lait. Cependant, la majorité du lait de brebis est produite en Chine, en Turquie et en Grèce. Enfin, les pays qui comptent les plus grands troupeaux ovins laitiers sont la Chine, la Syrie, l'Iran, la Turquie et l'Algérie (FAO, 2019).

Au niveau Européen, entre 1990 et 2009, le cheptel ovin est passé de 131 millions d'animaux à 89 millions. Les brebis étant à la fois à vocation laitière et allaitante au sein de l'Union Européenne, Eurostat estime que 44 % des brebis ont été traites au cours de l'année 2009. Ainsi, la production de lait de brebis était de 2,86 millions de tonnes au sein de l'Union Européenne en 2009 ce qui représentait 37 % de la production mondiale. Les brebis laitières sont majoritairement présentes au sud de l'Union Européenne, principalement en Italie, Espagne, Grèce et France. Les laits de petits ruminants sont principalement transformés en fromages (AND international & DG Agri, 2011).

1.2. L'élevage ovin laitier en Wallonie

1.2.1. La place de l'élevage ovin

En Wallonie, l'élevage ovin est principalement une affaire d'hobbyistes avec une part importante d'éleveurs détenant moins de 25 brebis (FUGEA, 2017). Les éleveurs professionnels sont peu nombreux en raison de l'absence de tradition ovine sur le territoire et de l'omniprésence du bovin (Blanc Bleu Belge et Holstein) au sein des exploitations. Ce secteur est principalement axé sur la production d'agneaux de boucherie et l'entretien des réserves naturelles avec une production de lait et de fromages minoritaire. Au sein du secteur ovin, il existe deux types d'élevage suivant leur finalité. Le premier type se base sur la

production de viande et de lait en fournissant aux animaux des aliments plus riches pour optimiser leur production. Ce secteur a tendance de plus en plus à se tourner vers l'agriculture biologique et vers des systèmes extensifs focalisés principalement sur la prairie. Le second type d'élevage repose sur la gestion des espaces naturels employant le troupeau pour entretenir les prairies à haute valeur biologique visant la sauvegarde de la biodiversité. Dans ce type d'élevage, l'exploitant aura tendance à choisir des races locales menacées, en général peu productives mais rustiques, qui apportent une dimension supplémentaire au projet (FUGEA, 2017; Grogna & La Spina, 2013).

Selon la Fédération Unie de Groupements d'Éleveurs et d'Agriculteurs (FUGEA, 2017), la filière ovine est actuellement en expansion. Elle présente un des taux d'installation les plus élevés en raison du faible investissement et de la faible mécanisation nécessaire, de la possibilité de réhabiliter d'anciennes installations qui ne sont plus aux normes mais également en raison de la manipulation aisée des animaux et du coût d'achat relativement abordable. Ce développement est également lié en partie à une nouvelle prime couplée ovine. Celle-ci sera attribuée aux cheptels reproducteurs ayant un minimum de 30 brebis de plus de 6 mois avec un plafond à 400 brebis, ainsi qu'un minimum d'un hectare de surface fourragère pour 30 animaux (Portail de l'agriculture wallonne, 2018).

Entre 2010 et 2015, le nombre d'élevages ovins professionnels (ayant un cheptel de plus de 30 brebis) en Wallonie est passé de 320 à 459, soit une multiplication par 1,4 en 5 ans. Sur les 459 élevages professionnels, seulement 36 d'entre eux détenaient 200 brebis et plus. L'atelier ovin représente donc souvent une spéculation complémentaire visant à diversifier les activités de l'exploitation (notamment céréalières) (CELAGRI, 2019).

1.2.2. L'évolution du secteur ovin laitier

La Fédération Nationale des Éleveurs de Chèvres, Moutons laitiers et Chèvres naines en Belgique a été créée en 1924. Elle recensait environ 15 éleveurs regroupant au total 600 brebis laitières. En 1984, un Plan de Développement Intégré (PDI) se met en place dans la Région des Ardennes belges ayant pour but de développer la filière ovine laitière (Pelzer, 1988). Le 30 octobre 1986 l'A.S.B.L. Oviesem (pour **Ovin** de l'**Entre-Sambre-et-Meuse**), présente officiellement son projet de centre d'expérimentation et de guidance d'un troupeau de moutons laitiers à Bourslers. Ce projet avait comme finalité de développer une nouvelle filière, l'idée venant de la fromagerie de Chimay qui souhaitait mettre au point un nouveau produit original à base de lait de brebis. Les expérimentations visaient l'étude des conditions d'élevage, de production, de transformation et de commercialisation du produit pour développer une nouvelle activité. Cette idée émerge suite à l'instauration des quotas laitiers en 1984 qui a eu comme conséquence une libération de surfaces prairiales au sein des exploitations de la région herbagère des Fagnes. Il était donc nécessaire à cette époque de

diversifier l'agriculture pour obtenir d'autres sources de revenus (A. des Alleis, 1986; CERES, 1986). En 1988, une vingtaine d'éleveurs étaient recensés. La majorité d'entre eux étaient des éleveurs mixtes possédant une vingtaine de brebis. Trois ou quatre éleveurs avaient tout de même de 60 à 80 brebis mais le plus gros troupeau était détenu par le centre d'expérimentation Oviesem avec 180 brebis (Pelzer, 1988).

Actuellement, les brebis laitières sont majoritairement présentes en Région Wallonne. En 2015, la Wallonie recensait 19 élevages ovins laitiers selon les données de Sanitrace complétées par celles du Collège des Producteurs. Cela représentait une collecte annuelle de 493 000 litres de lait et une production de 109 tonnes de fromages, en supposant que l'entièreté du lait est transformé en fromages (figure 1). En réalité, une partie du lait est transformée en glaces, yaourts et beurre mais la ventilation entre ces différents produits n'est pas connue.

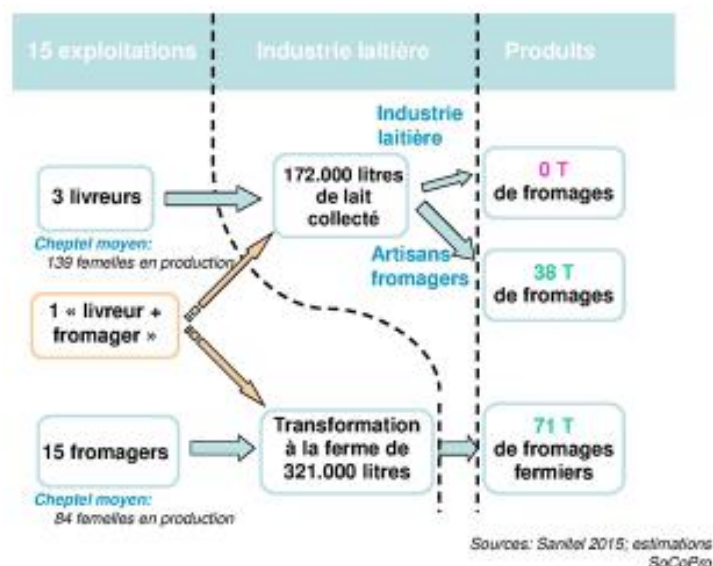


Figure 1 - Situation de l'élevage ovin laitier en Wallonie d'après les données de Sanitrace et du Collège des Producteurs (2015)

Sur base du recensement Sanitrace de décembre 2018, le nombre d'éleveurs ovins laitiers détenant plus de 10 femelles de 6 mois et plus était estimé à 30 pour un total de 2880 brebis. Ce secteur présente donc une progression intéressante au cours de ces dernières années.

Le taux d'auto-apvisionnement du lait de brebis en Wallonie est inférieur à 10 % si on considère une production annuelle de 250 litres par brebis. Cette production est fixée arbitrairement étant donné qu'il n'existe pas de contrôle laitier officiel en Wallonie. De plus, étant donné qu'aucune laiterie ne collecte ce lait, la production est liée uniquement à la transformation fromagère à la ferme ainsi qu'à la production de quelques fromageries artisanales comme la Fromagerie du Gros Chêne.

Selon les données de l'office belge de statistiques (Statbel, 2020), la production de fromages de brebis en Belgique a fortement augmenté ces dernières années passant de 109 tonnes en 2015 à 190 en 2018. Au niveau de la consommation, les Belges sont de grands amateurs de fromages. Il s'agit en effet du principal produit laitier retrouvé dans le panier des acheteurs. En 2017, la consommation totale de fromages a atteint 11,9 kg par habitant dont 16 % étant d'origine belge. Les fromages à pâte dure restent prédominant avec 52,1 % du volume mais les fromages à pâtes molles ainsi que les fromages de brebis et de chèvre gagnent du terrain (GFK Belgium, 2017).

1.2.3. Les circuits de commercialisation des produits laitiers

Au niveau du secteur ovin, il n'y a aucune collecte de lait organisée. Cela oblige donc les exploitants à commercialiser eux-mêmes le lait ou les produits dérivés. La transformation fromagère à la ferme ainsi que la vente directe sont privilégiées (2/3 de la production), ce qui assure une plus-value à l'éleveur. En contrepartie, cette voie de diversification est gourmande en main d'œuvre. Il en résulte que la taille du cheptel va varier selon les orientations prises par l'exploitant (Daniaux, 2011). D'autres éleveurs décident de vendre leur lait à un artisan fromager comme la « Fromagerie du Gros Chêne », la « Fromagerie des Ardennes », la « Fromagerie des 3 laitières » ou encore la « Fromagerie du Samson ». Ils doivent dans ce cas détenir un cheptel plus grand pour assurer la rentabilité de l'exploitation. Enfin, les éleveurs ont également la possibilité de valoriser les brebis de réforme dans la filière viande bio. Certains éleveurs laitiers se lancent également dans la vente de viande d'agneau (Goffin, 2015).

1.2.4. Les principales races ovines laitières

Le cheptel ovin laitier est principalement représenté par deux races en Wallonie : la Lacaune et le Mouton Laitier Belge (MLB).

La Lacaune était initialement une race ovine française mixte dont la sélection a donné deux rameaux : l'un viandeux et l'autre laitier. Un programme de sélection optimisé a permis d'augmenter la quantité de lait produit, de garantir sa qualité (taux butyreux (TB), taux protéique (TP) et cellules somatiques) et d'adapter par exemple la morphologie des trayons à la traite mécanique. La Lacaune est principalement exploitée dans le rayon Roquefort pour y fabriquer le célèbre fromage mais elle est également exportée dans de nombreux pays d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Amérique en raison de sa bonne adaptation à divers milieux et systèmes d'élevage (UPRA Lacaune, s. d.). Cette race présente une très bonne production avoisinant les 330 litres sur une période moyenne de 173 jours (Thomas et al., 2019).

A l'inverse de la Lacaune, le MLB est une race purement laitière qui trouve son origine à la fin du 19^{ème} siècle. Elle a par la suite subi de nombreux croisements qui ont, dans les années 70, presque entraîné sa disparition. Grâce à quelques éleveurs, le MLB a réussi à perdurer mais les effectifs réduits empêchent toute sélection et peuvent poser des problèmes de consanguinité (difficulté de trouver des béliers reproducteurs et surtout de connaître leur potentiel laitier). Le MLB fait actuellement l'objet d'une aide sous forme de prime (30€/ ovin) dans le cadre des mesures agro-environnementales pour la conservation des races locales menacées (Goffin, 2015). Ce mouton est reconnu pour son excellente production laitière avoisinant les 220 litres par an. Sa valorisation bouchère est cependant limitée en raison d'un manque de conformation. Une étude comparative par rapport à deux races viandeuses (races Ile de France et Vendéen) a montré que le MLB présentait une carcasse plus allongée et moins engraisée. En effet, la note d'état d'engraissement était de 1,25 pour le MLB alors qu'elle était de 2,25 et 2,50 respectivement pour les races Ile de France et Vendéen. Cependant le poids carcasse était d'environ 19 kg pour les trois races. Des mesures des teneurs en protéines et en lipides sur le muscle Psoas major ont mis en évidence la teneur plus élevée en protéines de la viande de MLB ainsi que sa richesse moindre en gras intramusculaire (Rondia et al., 2011).

1.3. Les conduites d'élevage en ovin laitier

1.3.1. Le schéma type de production et les adaptations

La conduite la plus fréquemment rencontrée suit le schéma en vigueur dans le rayon de Roquefort : une phase d'allaitement des jeunes (de 4 à 5 semaines) précède celle de la traite. Toutefois, les mères allaitantes peuvent être traitées une fois par jour durant cette période si la quantité de lait produit dépasse les besoins de leurs agneaux. Après le sevrage, les brebis sont traitées deux fois par jour (matin et soir) jusqu'à la fin de la lactation. Peu avant le tarissement, elles ne sont plus traitées qu'une fois par jour le matin. Cette phase d'allaitement permet un bon démarrage des agneaux dont l'engraissement constitue une source de revenu appréciable.

Les agneaux sont soit abattus après le sevrage (agneaux de lait) ou bien engraisés, sur l'exploitation ou dans un centre d'engraissement. Une partie des agnelles, issues des meilleures laitières, est conservée par l'éleveur pour renouveler le troupeau. En effet, environ 30 % de l'effectif est renouvelé chaque année (Goffin, 2015; UPRA Lacaune, s. d.).

Toutefois, la conduite du troupeau peut différer de ce schéma type suivant les choix opérés par l'éleveur. Ainsi, la durée d'allaitement peut être réduite si l'éleveur veut privilégier la production laitière. Cette pratique nécessite par la suite un allaitement artificiel (poudre de lait) des agneaux. La mono-traite peut être pratiquée par des producteurs qui veulent se

dégager du temps pour une transformation fromagère exclusive. Enfin, la technique de désaisonnement permet de produire du lait toute l'année.

1.3.2. Les modes d'élevage : la place de l'agriculture biologique

L'élevage ovin est une spéculation qui se prête particulièrement bien aux modes de production prônés par l'agriculture biologique. Il n'est donc pas surprenant que la proportion d'éleveurs en « bio » soit supérieure à celle d'autres spéculations. En effet, un quart des producteurs ovins se sont engagés dans cette voie (CELAGRI, 2019). En outre, une majorité des élevages wallons de plus de 50 brebis sont soumis à la réglementation bio (Beaudelot, 2013).

Pour qu'une exploitation soit certifiée biologique, il est nécessaire de respecter un cahier des charges. En ce qui concerne les productions animales, cette réglementation reprend quatre points principaux. Pour ce qui est tout d'abord de l'origine des animaux, il est recommandé d'opter pour des races rustiques, adaptées aux conditions locales et résistantes aux maladies. Le deuxième point est lié aux pratiques d'élevage. L'élevage hors sol est interdit en agriculture biologique. Les animaux doivent obligatoirement avoir accès à un parcours extérieur et dès que les conditions sont favorables, les herbivores doivent aller au pâturage. Les animaux doivent également disposer d'un endroit couvert dont la surface est de 1,5 m² et 0,35 m² par mouton et par agneau respectivement. De plus, la charge totale en animaux ne peut dépasser 2 UGB (unités de gros bétail) par hectare de surface agricole utile (SAU), ce qui équivaut à 13,3 brebis (agneaux inclus) par hectare. Il est primordial de garantir le bien-être, le confort et la souffrance réduite des animaux et ce durant toute leur durée de vie. Un autre point majeur concerne l'alimentation des animaux qui doit être exclusivement issue de l'agriculture biologique et ne peut provenir d'organismes génétiquement modifiés. Pour les herbivores, au minimum 60 % des aliments doivent être produits directement sur l'exploitation, ou en coopération avec d'autres fermes biologiques situées à proximité. Le recours aux concentrés est limité. En effet, les fourrages grossiers doivent représenter au minimum 60 % de la matière sèche ingérée par les ruminants. Enfin, les jeunes mammifères doivent être nourris au lait maternel, ou éventuellement nourris avec un autre lait naturel, durant au moins 45 jours pour les ovins. Le dernier axe concerne la santé des animaux en mettant l'accent sur les mesures prophylactiques. L'importance de la prévention passe par le choix d'animaux rustiques, des pratiques d'élevage adaptées, des aliments de qualité, ... Les traitements sont utilisés uniquement à des fins thérapeutiques en favorisant l'homéopathie et la phytothérapie. Des médicaments vétérinaires allopathiques chimiques de synthèse, comme les antibiotiques et les vermifuges, peuvent être utilisés en cas de nécessité (CERTISYS, 2019).

1.3.3. La reproduction

L'activité sexuelle des ovins est fortement saisonnée. Elle se caractérise en général par une seule mise-bas qui a lieu en février-mars. La durée de gestation est de 5 mois (Goffin, 2015).

Un des enjeux principaux de la filière ovine est donc de pouvoir gérer la saisonnalité de la reproduction qui entraîne une offre irrégulière. L'activité sexuelle est maximale en général d'août à janvier et minimale de février à juillet. Différentes solutions s'offrent aux éleveurs pour palier à cela, la plus répandue étant le traitement hormonal d'induction et de synchronisation des chaleurs et des ovulations. Il s'agit de la technique majoritairement adoptée lorsqu'on opte pour une insémination artificielle. Cependant, l'utilisation d'hormones n'est pas autorisée par le cahier des charges en agriculture biologique. L'alternative consiste à réaliser un traitement photopériodique pour synchroniser les chaleurs. Cette technique repose sur le principe que le cycle saisonnier de reproduction du mouton est conditionné par des changements progressifs de la durée d'éclairement. Cela est dû à une hormone, la mélatonine, qui permet à l'animal de mesurer la longueur du jour. Les jours longs ont tendance à inhiber la reproduction alors que les jours courts la stimulent. Ce traitement consiste donc à soumettre les brebis à des jours longs pendant l'hiver et ensuite à des jours courts pendant l'été pour stimuler l'activité sexuelle en contre-saison. Cette technique est cependant assez peu utilisée en élevage ovin et ne permet pas une synchronisation suffisante que pour opter pour l'insémination artificielle. Enfin, il est également possible de stimuler l'activité ovulatoire des brebis en introduisant des béliers sexuellement actifs dans l'enclos. C'est ce que l'on appelle l'effet mâle (Lurette et al., 2016).

Les éleveurs laitiers optent en général pour un agnelage par an et par brebis mais réparti sur deux périodes de mise-bas au cours de l'année. Le choix de ces deux périodes dépend des éleveurs. Certains optent pour une première période à la fin de l'été et une seconde au début de l'hiver ou encore une première période en fin d'hiver et une seconde à l'automne. L'agnelage en fin d'hiver permet une mise à l'herbe des brebis avec leurs agneaux et ainsi un maximum d'engraissement des agneaux à l'herbe (Fiorelli et al., 2011). De plus, cela permet de faire coïncider le pic physiologique de lactation avec le pic de disponibilité de l'herbe ce qui réduit la consommation de concentrés et renforce donc l'autonomie fourragère (Atti et al., 2011).

Le réseau SheepNet qui regroupe 6 pays de l'Union Européenne (Espagne, France, Irlande, Italie, Roumanie et Royaume-Uni), ainsi que la Turquie, a publié des résultats de reproduction au sein des systèmes laitiers de ces différents pays. Plus précisément, cette étude reprend les résultats de 7 systèmes laitiers et de 2 systèmes mixtes. Les systèmes laitiers regroupent 3 systèmes espagnols dont 2 ayant opté pour l'accélération du rythme de reproduction avec pâturage en zones de plaine ou pastorale (races Churra et Manchega), ou bien sans pâturage (race Assaf) et le dernier ne pratiquant pas d'accélération de la reproduction et se situant en

zone de montagne (race Latxa). Les autres systèmes laitiers coïncident avec des bassins particuliers : Rayon de Roquefort (race Lacaune) et Pyrénées-Atlantiques (races Manech tête noire ou tête rousse) en France, et Sardaigne (race Sarde) en Italie. Enfin, les systèmes mixtes sont issus de Roumanie et de Turquie.

Le taux de mise bas ou fertilité apparente correspond au nombre d'agnelage divisé par le nombre de brebis laitières destinées à produire au cours de l'année. Les systèmes accélérés espagnols présentent un taux de mises bas avoisinant les 90 % alors que le système non accéléré a un taux de 83 %. Seule la moyenne des 10 % supérieurs du système espagnol accéléré en zone de plaine et pastorale, ayant opté pour 3 agnelages sur 2 ans, est bien plus élevée (figure 2).

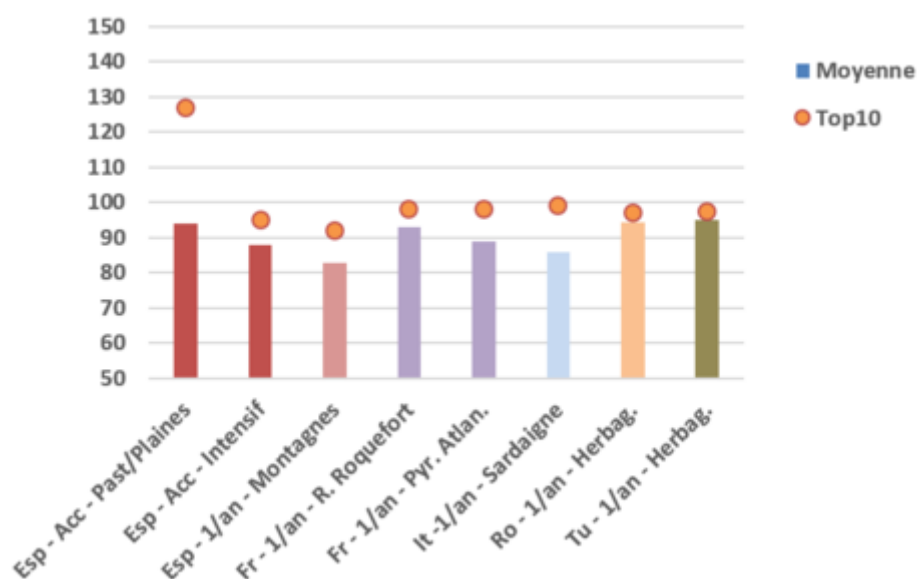


Figure 2 - Taux de mise bas moyen par système étudié (Bellet & Gautier, 2018)

La prolificité représente le nombre d'agneaux nés rapporté au nombre de mises bas. Cette donnée peut cependant être faussée si les morts-nés et avortons ne sont pas comptabilisés. Globalement, la prolificité est comprise entre 1,2 et 1,4. Deux pics sont observés pour le Rayon de Roquefort (1,5) et pour le système espagnol accéléré sans pâturage (1,6) qui peuvent s'expliquer par le recours à la synchronisation des chaleurs en vue de l'insémination (figure 3).

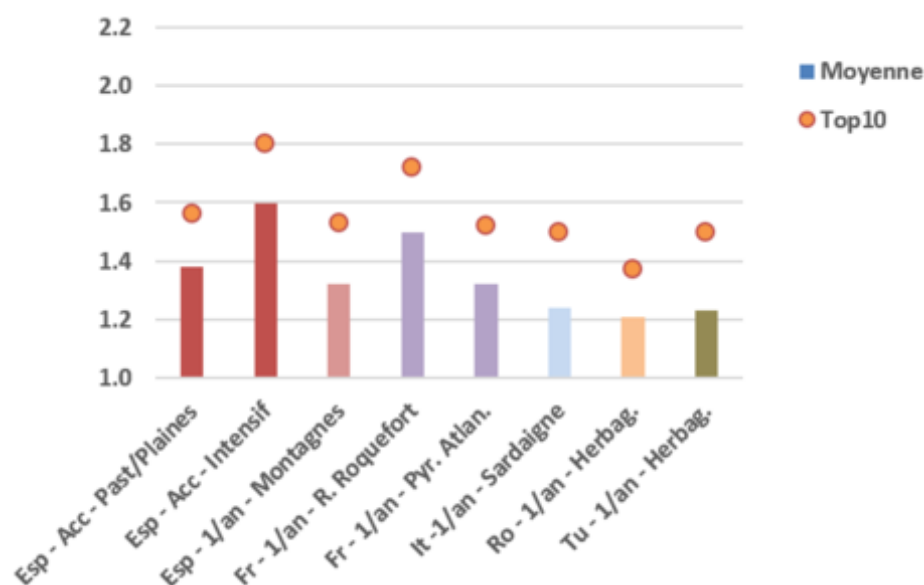


Figure 3 - Prolificité moyenne par système étudié (Bellet & Gautier, 2018)

La mortalité des agneaux est notamment corrélée à la prolificité. En effet, le poids de naissance plus faible ainsi que le partage de la production de lait maternel entre les agneaux multiples les rend plus vulnérables à la naissance (Bellet & Gautier, 2018). Après 10 jours de vie, ce sont les diarrhées, troubles respiratoires et autres maladies infectieuses qui sont fatales pour les agneaux. Concernant les brebis laitières traites, les principales causes de réforme sont les problèmes liés à la mamelle, que ce soit les mammites ou la conformation, ainsi que les problèmes liés à la reproduction comme l'infertilité ou les problèmes lors de la mise bas (Gautier et al., 2013).

1.3.4. La lactation

Selon les résultats de contrôles laitiers réalisés sur plus de 3000 brebis par l'Association Wallonne de l'Elevage, la durée de lactation des brebis de race MLB est de 180 jours avec une production de 220 litres (Rondia et al., 2005). Pour la race Lacaune, selon les résultats du contrôle laitier réalisé en France en 2019, la production est en moyenne de 330 litres sur une durée moyenne de 173 jours (Thomas et al., 2019). Ce différentiel entre les deux races s'explique notamment par les nombreux programmes de sélection qui ont été mis en place depuis plus de 50 ans en Lacaune pour améliorer la production laitière (Rondia et al., 2005). Les teneurs en matières utiles du lait issu de deuxième lactation sont respectivement de 6,1 et 5,6 % pour les TB et TP chez le MLB et de 5,7 et 5,5 % chez la brebis Lacaune. Ces valeurs correspondent à la lactation standard qui est la traite calculée sur une période de 120 jours après 30 jours d'allaitement (Gillon et al., 2007).

La courbe de production laitière (PL) d'une brebis en fonction des mois de lactation (figure 4) montre que la quantité de lait produit diminue au fur et à mesure des mois contrairement aux

TB et TP qui augmentent. Le lait s'enrichit donc suivant l'avancement de la lactation. Notons qu'à partir du mois d'août, la hausse importante des matières utiles du lait résulte d'un phénomène de concentration en raison de la production moindre de lait. Le pic de lactation n'est pas représenté sur ce graphique car il a lieu 3 à 4 semaines après l'agnelage c'est-à-dire en période d'allaitement.

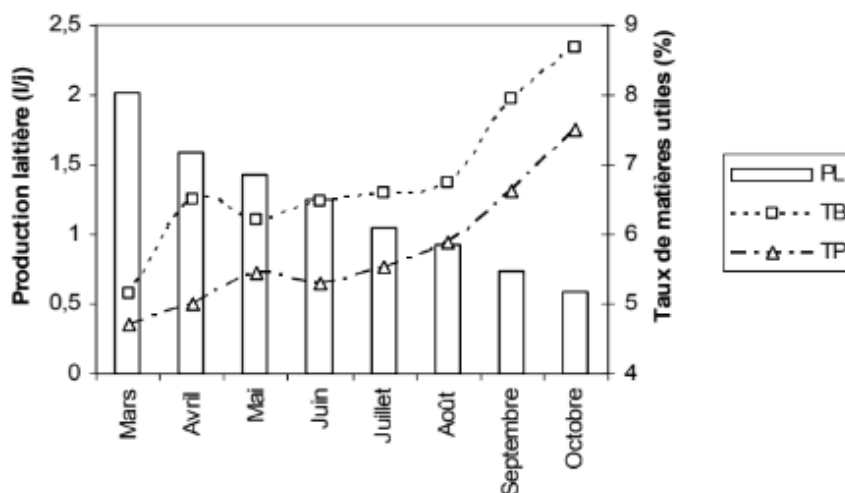


Figure 4 - Evolution de la production laitière (PL) et des taux butyreux (TB) et protéique (TP) du lait au cours de la saison de production (Rondia et al., 2005)

1.3.5. L'alimentation

Une attention particulière doit être accordée à l'alimentation des brebis laitières. En effet, celles-ci présentent des besoins spécifiques élevés. De plus, l'alimentation va avoir un impact sur la quantité et la qualité du lait produit.

La ration de base des brebis est constituée de fourrages (foin et herbe pâturée). A cela s'ajoute la distribution de concentrés (orge, avoine, ...) pour équilibrer la ration (Goffin, 2015; Rondia et al., 2005). La quantité de concentrés apportée dans la ration va varier selon le stade physiologique de l'animal. En fin de gestation, une limitation de la capacité d'ingestion des brebis est observée. La densité de la ration doit donc être supérieure pour couvrir les besoins des animaux. En début de lactation, une hausse des besoins est observée mais elle est compensée par l'augmentation de la capacité d'ingestion des brebis (Rondia, 2003).

La mise à l'herbe des brebis a lieu vers la mi-avril. Pour assurer une transition en douceur, les brebis sont rentrées la nuit en bergerie durant les 10-15 premiers jours. Le pâturage prend généralement fin en octobre-novembre. Un pâturage tournant est recommandé d'une part pour permettre aux brebis en lactation d'être en permanence sur les meilleures parcelles et d'autre part pour prévenir les problèmes de parasitisme (Goffin, 2015).

2. La durabilité des systèmes de production ovins

La durabilité des systèmes de production actuels est remise en cause, en raison notamment de leur impact sur le climat.

2.1. L'impact environnemental : focus sur les gaz à effet de serre

Outre les retombées positives de l'élevage sur l'environnement, incluant la gestion du territoire ou encore la conservation de la fertilité des sols, le secteur des productions animales peut constituer aussi une source importante d'émissions de gaz à effet de serre (GES) (Hautier et al., 2014). Selon l'Agence Wallonne de l'Air et du Climat, en Wallonie, 12,8 % des émissions de GES seraient d'origine agricole. Parmi ces GES, l'agriculture est responsable de 79 % des émissions de méthane (CH_4) et de 82 % des émissions de protoxyde d'azote (N_2O) (AWAC, 2020). Au sein des exploitations, les émissions sont principalement liées aux engrais de ferme et à la production de méthane entérique par les ruminants (Hautier et al., 2014). Pour objectiver l'impact environnemental des exploitations agricoles et identifier les mesures correctives éventuelles, différents outils de diagnostics sont actuellement disponibles (CAP'2ER, DECiDE).

Différents leviers, permettant de réduire la production de GES, ont été identifiés dans la littérature. Parmi ceux-ci, la recherche d'autonomie alimentaire - et plus particulièrement d'autonomie protéique - permettrait de diminuer ces types d'émissions (voir paragraphe suivant pour des précisions sur l'autonomie alimentaire). Un autre levier important pour gérer la production de protoxyde d'azote concerne la gestion de la fertilisation azotée. En effet, si l'azote est apporté en excès, il risque d'y avoir lessivage ou encore perte par émission de protoxyde d'azote. Une optimisation de la valorisation des déjections animales et le recours à la fixation d'azote par les légumineuses contribueraient à la diminution d'émission de GES notamment par l'utilisation moindre d'engrais de synthèse qui émet du dioxyde de carbone (CO_2) au cours de sa fabrication. La diminution de la part de déjections stockées en augmentant la part d'animaux au pâturage constituerait un autre levier pour diminuer l'émission de GES (Béchu et al., 2014; Dollé et al., 2011).

Cependant, pour mesurer l'impact réel de la mise en place de ces différents leviers, il est important d'avoir une vue globale du système. Pour ce faire, il est nécessaire d'opter pour une analyse du cycle de vie (ACV) qui inclut l'ensemble des étapes nécessaires à la production d'un produit jusqu'aux portes de l'exploitation (Béchu et al., 2014). Cette approche inclut toutes les étapes allant de l'acquisition des matières premières à la gestion des déchets.

2.2. L'autonomie alimentaire

L'autonomie alimentaire représente la part des aliments consommés par les animaux et produits sur l'exploitation. Elle va permettre de limiter l'apport d'intrants alimentaires et de valoriser les ressources autoproduites.

Il est possible d'exprimer une autonomie alimentaire massique, énergétique et protéique. L'autonomie massique représente les quantités de matière sèche produites sur l'exploitation exprimées en kg de matière sèche (MS) par rapport aux quantités consommées. Si on regarde cela d'un point de vue énergétique, on parlera des quantités d'énergie produites sur l'exploitation exprimées en unités fourragères (UF) par rapport aux quantités consommées. Enfin, l'autonomie protéique est quant à elle exprimée en matières azotées totales (MAT) (Vandiest, 2015).

$$\text{Autonomie alimentaire (\%)} = 100 \times \frac{\text{aliments produits}}{\text{aliments achetés} + \text{aliments produits}} \quad (1)$$

L'autonomie concerne donc à la fois les fourrages et les concentrés mais c'est l'autonomie en concentrés qui est en général plus difficile à satisfaire. Viser une plus grande autonomie alimentaire va permettre à l'exploitant une meilleure résilience face à la volatilité des prix ainsi que l'adoption d'une démarche de protection de l'environnement en favorisant la biodiversité via la mise en place d'assolements diversifiés (Jousseins et al., 2015). L'autonomie alimentaire s'inscrit également dans une démarche d'amélioration de l'alimentation en assurant une meilleure traçabilité (Rouillé et al., 2014).

2.3. Tendre vers l'autonomie alimentaire

Un des leviers principaux pour tendre vers cette autonomie est la valorisation de l'herbe pâturée comme celle conservée (foin ou ensilage). L'herbe pâturée est un aliment économique à ne pas négliger puisqu'il ne nécessite que peu de mécanisation (pas de récolte, pas de stockage...) et qu'il constitue un aliment intéressant d'un point de vue énergétique et protéique (Rouillé et al., 2014). Toutefois, un choix judicieux du couvert végétal et une conduite suivie et adaptée sont nécessaires. Il faut tout d'abord favoriser l'implantation de prairies à flore diversifiée présentant à la fois des graminées et des légumineuses. Ces dernières présentent une meilleure résistance aux sécheresses et températures élevées permettant de sécuriser le pâturage d'été et d'automne (J. P. Coutard & Pierre, 2012). De plus, les légumineuses permettent également de valoriser l'azote de l'air grâce à leur capacité de fixation ce qui est particulièrement important en agriculture biologique où les intrants chimiques sont interdits. Une autre adaptation importante est l'ajustement du chargement. Une diminution du chargement permet de produire davantage à partir des fourrages produits sur l'exploitation, en particulier à l'herbe. Un autre moyen de valoriser au mieux les ressources herbagères consiste à répartir les mises bas. Opter pour plusieurs périodes d'agnelage sur

l'année entrainera la présence simultanée d'animaux présentant des besoins différents qui pourront ainsi valoriser l'ensemble des ressources fourragères, plus ou moins abondantes suivant les saisons (Pottier et al., 2009).

Cependant, le pâturage n'étant possible qu'une partie de l'année, il est nécessaire de créer des stocks de fourrages au printemps pour garantir leur disponibilité au cours de l'hiver. Il existe différentes méthodes de conservation des fourrages. Le fanage (dessiccation du fourrage jusqu'à une teneur en MS de 85 %) constitue la première méthode. Au cours des différentes étapes de conservation, les plantes fourragères vont subir diverses transformations qui vont impacter leur valeur alimentaire. Pour éviter les pertes de feuilles et de glucides solubles au cours de la période de respiration suivant la coupe, il est nécessaire de veiller à avoir une période de séchage la plus courte possible et également une mécanisation la plus douce possible pour éviter d'abimer les plantes. Le second moyen de conservation est l'ensilage qui nécessite d'être en condition d'anaérobiose avec acidification du milieu. Là aussi différentes transformations sont observées comme la solubilisation des protéines et la production de produits secondaires de fermentation à partir des glucides solubles. Pour contrer ces modifications, il faut que l'acidification soit la plus rapide possible. Une autre possibilité pour obtenir des ensilages de qualité est d'augmenter au préalable la teneur en MS du fourrage, c'est ce que l'on appelle le préfanage (Baumont et al., 2011).

La production d'aliments concentrés constitue le dernier levier pour tendre vers l'autonomie alimentaire. En agriculture biologique, ce sont principalement les associations céréales – protéagineux qui sont utilisées comme complément énergétique aux rations des ruminants. Cette combinaison a l'avantage d'être relativement riche en matières azotées. En effet, les protéagineux présentent une teneur en matières azotées supérieure aux céréales. Par ailleurs, la présence de protéagineux entraine une augmentation de la teneur en MAT des céréales qui peut atteindre 150 g/kg MS alors que la teneur en MAT varie habituellement entre 90 et 140 g/kg MS. Le triticale est l'espèce de céréale la plus utilisée car elle a l'avantage d'être rustique et de former une bonne association avec les protéagineux en leur servant de tuteur (J. Coutard, 2010).

3. La composition et l'aptitude à la transformation du lait de brebis

3.1. Les caractéristiques physico-chimiques

Le pH du lait varie de 6,51 à 6,85 (Yabrir et al., 2013). Il s'agit globalement de la même gamme de pH que pour le lait bovin et caprin (Park et al., 2007). Le pH dépend des constituant tels que les phosphates, citrates et caséines que l'on retrouve en quantité plus importante dans le lait de brebis (Mati et al., 2011). Le taux d'acidité du lait fluctue lui entre 18 et 22 °D, sachant que 1 °D (1 degré Dornic) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait. En ce qui concerne la densité, elle est supérieure à celle du lait de vache et se situe entre 1,030 et 1,037

(Belabbes, 2019). Enfin, le point de congélation a une valeur moyenne de -0,64 °C ce qui est inférieur à la valeur des autres types de lait. Le point de congélation est en effet négativement corrélé à la richesse en matière du lait (Mati et al., 2011).

3.2. Composition du lait de brebis

Il a été mis en évidence que le lait de brebis présentait des teneurs plus élevées en protéines, lipides, minéraux et vitamines que les laits de chèvre et de vache, ce qui lui procure une valeur nutritionnelle supérieure (tableau 1) (Park et al., 2007).

Tableau 1 - Composition moyenne des nutriments de base dans les laits de chèvre, de brebis, de vache et humain (Park et al., 2007)

Table 1
Average composition of basic nutrients in goat, sheep, cow and human milk

Composition	Goat	Sheep ^a	Cow	Human
Fat (%)	3.8	7.9	3.6	4.0
Solids-not-fat (%)	8.9	12.0	9.0	8.9
Lactose (%)	4.1	4.9	4.7	6.9
Protein (%)	3.4	6.2	3.2	1.2
Casein (%)	2.4	4.2	2.6	0.4
Albumin, globulin (%)	0.6	1.0	0.6	0.7
Non-protein N (%)	0.4	0.8	0.2	0.5
Ash (%)	0.8	0.9	0.7	0.3
Calories/100 ml	70	105	69	68

Data from Posati and Orr (1976), Jenness (1980), Larson and Smith (1974) and Haenlein and Caccese (1984).

^a Anifantakis et al. (1980).

En moyenne, le lait de brebis contient 81 % d'eau, 7 % de lipides, 6 % de protéines, 5 % de glucides et environ 1 % de minéraux et vitamines. Cette composition est évidemment variable. Elle dépend de nombreux facteurs comme la race, la saison, l'alimentation, l'environnement, ... (Lagriffoul et al., 2008)

3.2.1. Les lipides

Le contenu en matières grasses (MG) est une des composantes les plus variables du lait. Le lait de brebis contient entre 63 et 77 g/l de MG dont plus de 99 % de lipides. Le Comité Lait de Brebis de l'Office de l'Elevage en France a mis au point une étude ayant pour but de caractériser la composition fine du lait de brebis. Pour ce faire, 55 échantillons de lait de brebis ont été analysés et au total 68 acides gras (AG) ont été identifiés. Il a également été mis en évidence que la matière grasse du lait est constituée de 64 à 74 % d'acides gras saturés (AGS) et de 21,5 à 30,5 % d'acides gras insaturés (AGI), principalement sous forme monoinsaturée (AGMI) (Lagriffoul et al., 2008).

Au niveau de la taille des globules gras, on retrouve une plus grande proportion de globules de petite taille chez les petits ruminants comparé aux bovins. Le diamètre est en moyenne de 3,3 μm dans le lait de brebis contre 4,5 μm dans le lait de vache. Cette taille réduite concourt à une meilleure digestibilité et un métabolisme plus efficace des lipides (Park et al., 2007).

Le tableau 2 présente une étude détaillée des profils en AG et en triglycérides présents notamment dans le lait de brebis. Ces derniers constituent la part la plus importante des lipides dans le lait de brebis, à savoir presque 98 % (Balthazar et al., 2017).

Tableau 2 - Profils en acide gras et en triglycérides des laits de vache, de chèvre et de brebis (Balthazar et al., 2017)

Lipids	Cow milk	Goat milk	Sheep milk
<i>Fatty acids</i>			
C4:0 (g/100g)	3.90	2.18	3.51
C6:0 (g/100g)	2.50	2.39	2.90
C8:0 (g/100g)	1.50	2.73	2.64
C10:0 (g/100g)	3.20	9.97	7.82
C12:0 (g/100g)	3.60	4.99	4.38
C13:0 (g/100g)	0.19	0.15	0.17
C14:0 (g/100g)	11.1	9.81	10.4
C14:1 (g/100g)	0.80	0.18	0.28
C15:0 (g/100g)	1.20	0.71	0.99
C16:0 (g/100g)	27.9	28.2	25.9
C16:1 (g/100g)	1.50	1.59	1.03
C17:0 (g/100g)	0.60	0.72	0.63
C18:0 (g/100g)	12.2	8.88	9.57
C18:1 (g/100g)	21.1	19.3	21.1
C18:2 (g/100g)	1.40	3.19	3.21
CLA (g/100g)	1.10	0.70	1.60
C18:3 (g/100g)	1.00	0.42	0.80
C20:0 (g/100g)	0.35	0.15	0.45
<i>Triacylglycerols</i>			
C26:0 (g/100g)	0.06	0.49	0.72
C28:0 (g/100g)	0.57	1.23	1.60
C30:0 (g/100g)	1.13	2.47	2.52
C32:0 (g/100 g)	2.56	4.06	3.63
C34:0 (g/100 g)	5.95	6.20	6.03
C36:0 (g/100 g)	10.8	9.40	9.64
C38:0 (g/100 g)	12.5	12.1	12.8
C40:0 (g/100 g)	9.87	12.6	12.0
C42:0 (g/100 g)	6.87	12.5	9.02
C44:0 (g/100 g)	6.47	11.6	8.08
C46:0 (g/100 g)	7.32	8.10	6.77
C48:0 (g/100 g)	9.12	5.84	6.67
C50:0 (g/100 g)	11.3	5.85	7.63
C52:0 (g/100 g)	10.0	4.92	8.43
C54:0 (g/100 g)	4.99	2.01	4.48

^a Adapted from: MacGibbon and Taylor (2006), Park and others (2007), Albenzio and others (2016).

Acides gras saturés

Le lait de brebis contient globalement la même quantité d'acide butyrique (C4:0) que le lait de vache, par contre il est plus riche en acide caproïque (C6:0), caprylique (C8:0) et caprique (C10:0) (Balthazar et al., 2017). Une caractéristique principale du lait chez les petits ruminants est le contenu élevé en AG à chaîne courte et moyenne. En effet, on retrouve dans le lait de brebis 12 % d'AG possédant entre 6 et 10 carbones. Ces AG ont la particularité de suivre chez l'homme une voie métabolique différente de celle des AG à longue chaîne ce qui leur permet

de constituer un apport énergétique rapide. De plus, cette voie métabolique permettrait de diminuer le cholestérol total en circulation (principalement le LDL) ainsi que le dépôt de graisse dans les tissus adipeux (Raynal-Ljutovac et al., 2008).

Acides gras insaturés

Au niveau des AGI, l'acide oléique (C18:1 c9) est le deuxième AG le plus abondant après l'acide palmitique (C16:0). Les acides gras polyinsaturés (AGPI) les plus présents dans le lait de brebis sont les acides linoléique (C18:2 c9c12) et α -linolénique (C18:3 c9c12c15). Il s'agit de deux AG essentiels appartenant respectivement à la famille des oméga 6 et des oméga 3 (Recio et al., 2009).

Actuellement, une préoccupation majeure de notre alimentation réside dans le contenu en AG essentiels oméga 3 et oméga 6. En effet, les régimes alimentaires ont tendance à être déficients en oméga 3 alors qu'ils sont beaucoup trop riches en oméga 6. Or, un rapport trop élevé d'oméga 6/oméga 3 augmente le risque de maladies cardiovasculaires et de cancers (Simopoulos, 2004). Le rapport oméga 6/ oméga 3 du lait de brebis, nourries avec un concentré commercial composé de 18 % de pulpe de betterave, 26 % de luzerne, 22 % d'orge, 12 % de maïs, 12 % de soja et 10 % de coton, est de 4,9 sachant que le rapport optimal se situe entre 1 et 4 (Lurueña-Martínez et al., 2010). Se trouver dans cette gamme permet une diminution du risque de nombreuses maladies non transmissibles (Simopoulos, 2002). Différents effets sur la santé sont associés aux oméga 3. Tout d'abord une diminution du risque de maladies cardiovasculaires en améliorant la fonction vasculaire et en diminuant la pression sanguine. L'apport d'oméga 3 permet également de prévenir l'arythmie et l'athérosclérose. Outre leurs effets sur les maladies cardiovasculaires, les oméga 3 auraient un impact sur le diabète de type 2 en diminuant le taux de triglycérides dans le plasma. Ils seraient également associés à une diminution du risque de cancer via divers mécanismes incluant par exemple la modification de l'activité de facteurs de transcription impliqués dans la différenciation et la croissance cellulaire ou encore l'altération de la production d'espèces réactives de l'oxygène (Shahidi & Ambigaipalan, 2018).

Un autre paramètre important du lait venant de ruminants est le contenu en acides linoléiques conjugués (CLA). Le lait de brebis est un des laits issus de ruminants le plus riche en CLA. Une étude réalisée sur 179 échantillons de lait a montré une teneur moyenne de 0,65 g CLA/ 100g AG. Dans cette étude, les brebis étaient soit au pâturage (0 à 30 % de MS de fourrages frais), soit nourries avec différents fourrages conservés (fourrage de luzerne, ensilage de maïs, paille ou autres ensilages) avec un rapport fourrages / concentrés variant de 45:55 à 85:15 % (Revilla et al., 2017). Les deux isomères prédominants dans le lait sont le cis-9, trans-11 CLA et le trans-10, cis-12 CLA. Le lait de brebis contient également une quantité importante d'acide vaccénique C18:1 t11 (VA) qui est le précurseur physiologique de l'isomère cis-9, trans-11 (Balthazar et al., 2017). Les différents isomères entraînent des effets physiologiques différents. L'isomère cis-9, trans-11 présente principalement une activité anticancer qui a été

démontrée chez les rongeurs pour des tumeurs du sein et de la prostate. Une étude suggère également que chez l'homme les CLA issus de l'alimentation auraient un effet protecteur contre le cancer du sein. Quant à l'effet anti-obésité des CLA, il pourrait s'expliquer par une augmentation de la lipolyse et de la β -oxydation des AG dans les adipocytes. Cet effet semblerait être principalement associé à l'isomère trans-10, cis-12 mais le mécanisme d'action n'est pas entièrement élucidé. L'apport de cet isomère dans l'alimentation entraînerait notamment une diminution de la concentration en triglycérides et en cholestérol hépatique (Koba & Yanagita, 2014).

Le contenu en CLA des produits laitiers dépend du système de production, du process du lait ou encore du stockage. Des recherches ont été menées pour enrichir le lait des ruminants en CLA en supplémentant les ruminants à l'aide de graines oléagineuses ou d'huiles riches en AGPI. En plus de l'enrichissement en CLA, cette supplémentation a entraîné un changement au niveau du profil en AG avec d'une part une diminution des AGS et d'autre part une augmentation de la proportion d'AGMI et AGPI. Chez la brebis plus particulièrement, il a été montré qu'une supplémentation d'huile de lin n'entraîne aucun changement au niveau du rendement laitier ni au niveau de la teneur en matières utiles du lait. Par opposition, les vaches nourries avec une ration riche en AGPI produisent un lait moins riche en matières grasses (Rondia & Bartiaux-Thill, 2004). Cette supplémentation entraîne par contre un enrichissement en CLA du lait de brebis qui passe de $0,8 \pm 0,01$ % d'acides gras totaux (AGT) lorsque les brebis sont nourries avec un mélange composé de luzerne déshydratée, de maïs, de pulpe de betterave, de graine de coton et enfin d'un complément de la marque Cargill, à $1,02 \pm 0,01$ % AGT lorsque le complément ajouté est enrichi en graines de lin entières (Luna et al., 2005).

Une autre fraction mineure des lipides dans le lait renferme les phospholipides et les stérols. Les phospholipides, faisant partie des membranes des globules gras, représentent 0,5 à 2 % des lipides du lait. Ils possèdent des propriétés antitumorales et bactériostatiques (Parodi, 2004). Les stérols sont quant à eux présents en faible quantité dans le lait de brebis. Le composé majeur est le cholestérol à raison de 300 mg/ 100g de graisse. Celui-ci joue un rôle important dans la réabsorption des graisses et en tant que précurseur pour la synthèse d'hormones stéroïdes (Goudjil et al., 2003).

3.2.2. Les hydrates de carbone

Le lactose est l'hydrate de carbone principal du lait. La teneur moyenne dans le lait de brebis est de 4,83 g/ 100g lait (Manca et al., 2016). La teneur en lactose du lait de brebis est approximativement la même que dans le lait de vache mais proportionnellement aux solides totaux le lait de brebis est moins riche en lactose (Balthazar et al., 2017). Il s'agit d'un nutriment important pour l'homme car il va favoriser l'absorption intestinale de calcium, de magnésium et de phosphore ainsi que l'utilisation de vitamine C (Recio et al., 2009).

Les autres hydrates de carbone retrouvés dans le lait sont les oligosaccharides, glycopeptides, glycoprotéines et les sucres nucléotidiques. La quantité d'oligosaccharides dans le lait de brebis est de 20 à 30 mg/l alors que dans le lait de chèvre la quantité varie de 250 à 300 mg/l. Les oligosaccharides jouent le rôle de prébiotiques et permettent ainsi de moduler la flore intestinale (Recio et al., 2009). Ils vont notamment promouvoir le développement des bactéries bifidobacterium chez les nouveau-nés qui vont protéger les cellules de la muqueuse intestinale contre les pathogènes (Gopal & Gill, 2000).

3.2.3. Les protéines

Le lait de brebis contient entre 47,7 et 62,8 g/l de MAT (Lagriffoul et al., 2008). Environ 80 % des protéines du lait sont des caséines qui font partie de la catégorie des protéines insolubles. On retrouve également des protéines solubles (albumines et lactoglobulines) ainsi que des enzymes (Lagriffoul et al., 2008). Ces protéines solubles se retrouvent dans le lactosérum et représentent entre 17 et 22 % des protéines totales. Il s'agit principalement de la β -lactoglobuline, de l' α -lactoglobuline et de l'albumine du sérum (Balthazar et al., 2017).

Au pH naturel du lait, les caséines sont sous forme sphérique, on appelle cela les micelles de caséine. Il existe quatre fractions : α_{s1} , α_{s2} , β et κ . Le pH et la température sont les deux paramètres qui influencent la structure de ces micelles. Dans le lait de brebis, ces micelles présentent un degré de minéralisation plus élevé et sont moins hydratés et moins stables à la chaleur que les micelles du lait de vache. Ces micelles ont également la particularité d'être plus riches en calcium, ainsi il n'est pas nécessaire d'ajouter du chlorure de calcium pour la fabrication de fromage de brebis (Balthazar et al., 2017; Raynal-Ljutovac et al., 2008).

Des peptides bioactifs, issus de l'hydrolyse enzymatique des protéines du lait, sont également présents dans le lait de brebis. Ces peptides peuvent être répartis en différentes classes suivant leur fonction. Il y a tout d'abord des peptides inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine qui sont intéressants notamment dans le traitement de l'hypertension. La source majeure de ces composés est le lait et plus particulièrement le lait de brebis. Ce dernier étant principalement consommé sous forme de fromage, les peptides bioactifs sont synthétisés au cours de la période de maturation. On retrouve également des peptides antimicrobiens qui dérivent des protéines du lait, notamment des lactoferrines mais aussi des caséines. Ces peptides présentent une action antimicrobienne sur une large gamme de bactéries gram + et gram -. Durant la fabrication du fromage, des κ -caséinomacropéptides sont formés. Ce sont des sources intéressantes de peptides antithrombotiques. Enfin, d'autres peptides ayant une activité antioxydante ont été découverts ainsi qu'un peptide riche en proline appelé la colostrinine qui promeut la maturation des lymphocytes T impliqués dans la réponse immunitaire secondaire (Recio et al., 2009). En comparaison, l'analyse du lait de

vache a mis en évidence la présence de peptides antihypertenseurs, antithrombotiques, antimicrobiens, antioxydants ou encore immunomodulateurs (Korhonen, 2009).

3.2.4. Les minéraux

De nombreux minéraux sont présents dans le lait de brebis comme le calcium (199 ± 12 mg/100g), le phosphore, le magnésium (17 ± 3 mg/100g), le sodium, le potassium (103 ± 11 mg/100g), ... (Lagriffoul et al., 2008). On retrouve également dans le lait de brebis la quantité la plus élevée de fer (720 à 1222 μ g/kg) comparé au lait de chèvre (550 μ g/l) et de vache (460 μ g/l) (Raynal-Ljutovac et al., 2008). Le lait de brebis est globalement plus riche en calcium, magnésium et phosphore que les laits de vache et de chèvre (Belabbes, 2019). Le calcium et le phosphore étant essentiels à la croissance et au maintien des os (Balthazar et al., 2017).

Etant donné que la majorité du lait de brebis est transformé en fromages, la forme sous laquelle se présentent les minéraux va avoir une influence sur leur rétention dans le caillé. Le sodium, le potassium et le chlore étant entièrement solubles, ils vont se retrouver dans le petit lait alors que le calcium, le magnésium et le phosphore associés aux micelles de caséine vont rester partiellement dans le caillé et ainsi se retrouver dans le fromage (Recio et al., 2009).

3.2.5. Les vitamines

Le lait de brebis contient des vitamines du groupe B : vitamine B1 ($0,07 \pm 0,01$ mg/100g), vitamine B2 ($0,3 \pm 0,02$ mg/100g), vitamine B6 ($0,07 \pm 0,01$ mg/100g), vitamine B9 ($6 \pm 0,06$ μ g/100g) ainsi que la vitamine B12 ($0,71$ μ g/100g) (Balthazar et al., 2017; Raynal-Ljutovac et al., 2008). Cette dernière est synthétisée exclusivement par les microorganismes, raison pour laquelle l'homme doit se la procurer via son alimentation et notamment via les produits issus de ruminants comme la viande et le lait. La microflore intestinale humaine synthétise également la vitamine B12 mais cela se fait au niveau du colon ce qui rend l'absorption par l'homme difficile. Cette vitamine présente divers effets biologiques. Elle est impliquée dans la synthèse des neurotransmetteurs, phospholipides mais aussi de l'ADN et de l'ARN en agissant comme cofacteur de l'enzyme méthionine synthase. De plus, la vitamine B12 est impliquée dans le catabolisme du cholestérol, des AG et de certains acides aminés en raison de son action de cofacteur pour l'enzyme méthylmalonyl-coenzyme A mutase (Gille & Schmid, 2015).

Le lait de brebis est également une bonne source de vitamine C ($4,6 \pm 0,4$ mg/100g) mais aussi de vitamine E ($0,11 \pm 0,01$ mg/100g) et de vitamine A ($64,0 \pm 5,5$ μ gRE/100g). Ces 3 vitamines sont présentes en quantités supérieures par rapport aux laits de vache et de chèvre (Balthazar et al., 2017). Concernant le rôle de ces différentes vitamines, la vitamine E agit comme antioxydant liposoluble et comme inhibiteur de la peroxydation des lipides. Cette dernière étant impliquée dans de nombreuses maladies. La vitamine E a montré, sur des animaux modèles, des effets bénéfiques sur diverses maladies (Niki, 2015). La vitamine A est quant à

elle impliquée dans la santé visuelle et dans la différenciation cellulaire (McLaren & Kraemer, 2012). Enfin, la vitamine C active différentes enzymes, réduit le stress oxydatif et impacte les fonctions immunitaires. Cela mène à une diminution du risque de maladies cardiovasculaires et de certains cancers (Schlueter & Johnston, 2011).

3.2.6. Les composés phénoliques

Outre les composés présentés précédemment, le lait contient également des composés phénoliques qui, comme leur nom l'indique, sont des molécules qui contiennent au minimum un groupement phénol. Ce sont généralement des métabolites secondaires de plantes qui sont notamment impliqués dans la pigmentation et dans la protection contre les prédateurs. Une étude de quantification de ces molécules dans les laits de différentes espèces a été réalisée. Il en est ressorti que le lait de brebis présentait la concentration en composés phénoliques totaux la plus élevée (valeur moyenne : $167,6 \pm 58,77$ mg GAE/l) par rapport aux lait de vache ($49,00 \pm 10,77$ mg GAE/l) , de chèvre ($69,03 \pm 6,23$ mg GAE/l) et humain ($82,45 \pm 12,3$ mg GAE/l). Cette concentration, exprimée en équivalents d'acide gallique (GAE), est variable entre individus de la même espèce. Les composés phénoliques présentent chez l'homme des effets antioxydant et anti-inflammatoire, des fonctions immunologiques mais aussi une action sur la protection de l'ADN (Vázquez et al., 2015).

Parmi ces composés phénoliques, on retrouve l'equol. Il s'agit cette fois d'un métabolite microbien produit à partir d'isoflavones, comme la dadzéine. Ces isoflavones, qui agissent comme phytoestrogènes, sont présentes en grande quantité dans les légumineuses de la famille des Fabaceae comme le soja, le trèfle rouge, le trèfle blanc ou encore la luzerne (Křížová et al., 2019). Dans l'ensilage de trèfle rouge frais, la teneur en isoflavones (dadzéine, génistéine, biochanine A et formononétine) est de $4,107 \pm 0,274$ mg/g MS (Daems et al., 2016). Une fois produit, l'equol va se distribuer dans l'organisme et notamment dans le rein et le foie. Cependant une grande quantité est également excrétée dans le lait. Cette quantité va dépendre de l'alimentation des animaux (Křížová et al., 2019). En effet, une étude réalisée sur des vaches laitières a permis de mettre en évidence que la concentration d'equol dans le lait est bien supérieure lorsque les animaux sont nourris avec du trèfle rouge (458 à 643 µg/l de lait) par rapport aux vaches nourries avec des graminées (171 à 287 µg/l de lait) (Mustonen et al., 2009). Il a également été démontré que le lait issu de l'agriculture biologique présentait une concentration supérieure en equol (411 ± 65 ng/ml) en comparaison au lait conventionnel (62 ± 16 ng/ml) (Hoikkala et al., 2007). Ces valeurs s'expliquent par l'interdiction de l'utilisation d'engrais chimiques en agriculture biologique qui renforce donc l'utilisation de légumineuses comme le trèfle rouge fixant l'azote atmosphérique (Hoikkala et al., 2007).

La capacité antioxydante du lait ne se limite cependant pas aux seuls composés phénoliques. Le pouvoir antioxydant du lait est également dû à la présence d'acides aminés contenant du

soufre comme la cystéine, de vitamines A et E, de caroténoïdes ainsi que de systèmes enzymatiques comme la superoxyde dismutase, la catalase et la glutathion peroxydase (Khan et al., 2019).

3.3. Les principaux facteurs influençant la quantité et la qualité du lait

De nombreux facteurs vont influencer la qualité du lait de brebis comme la race, le système d'élevage et l'alimentation, le stade de lactation, ... (Lagriffoul et al., 2008)

3.3.1. Le stade physiologique de la brebis

Le stade de lactation influence la quantité et la qualité du lait. Au fil des semaines suivant la mise bas, la PL décroît de 0,2 à 0,4 kg/mois. En ce qui concerne les matières utiles du lait, le TP augmente de 12 à 14 g/kg en 5 mois. La même tendance est observée pour le TB avec une augmentation de 13 à 15 g/kg jusqu'à 150 jours de lactation mais par la suite un ralentissement est observé (Legarto et al., 2014).

La proportion d'AGS augmente en début de lactation avant d'atteindre un plateau. Elle rediminue ensuite en fin de lactation. L'évolution est inverse pour les AGMI et AGPI (figure 5) (Esvan et al., 2010).

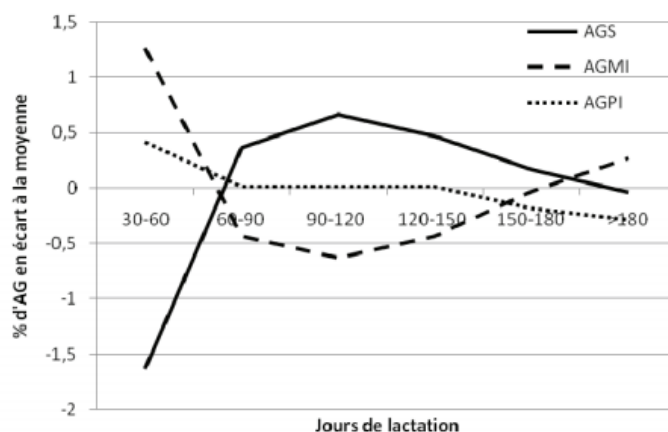


Figure 5 - Evolution du degré de saturation des acides gras du lait en fonction du stade de lactation chez les ovins (Esvan et al., 2010)

3.3.2. L'alimentation

Tout comme le stade de lactation, l'alimentation influence à la fois la quantité et la qualité du lait de brebis. En ce qui concerne tout d'abord les TB et TP, ils sont supérieurs lorsque le lait est issu de brebis nourries au pâturage, 69 à 85 g/L et 60 à 66 g/L respectivement, par rapport à des brebis en bergerie nourries avec des fourrages conservés et des concentrés où les taux sont respectivement de 66 à 69 g/L et 54 à 55 g/L (Atti & Rouissi, 2003).

L'Institut National de la Recherche Agronomique en France a mis en évidence l'influence des pratiques d'alimentation sur le profil en AG du lait de brebis, notamment concernant les bienfaits de l'herbe fraîche pâturée. Dans cette étude, le régime alimentaire à base d'ensilage d'herbe (EH) a été choisi comme référence. La composition en AG du lait est peu variable entre les différents régimes à base d'herbe conservée comme l'ensilage d'herbe, le foin à dominante légumineuses (FL) ou encore le foin ventilé en grange (FV). Les régimes avec pâturage (pâturage à dominante de graminées PG et pâturage de mélange à dominante de légumineuses PM) montrent une diminution des AGS. Cette diminution est compensée par une augmentation des AGMI et AGPI (figure 6) (Legarto et al., 2014). L'herbe pâturée a donc un impact positif sur le contenu en AGPI du lait. Ceci s'explique par le fait que cette herbe fraîche contient davantage d'AG C18:2 et C18:3 que l'herbe conservée (Courtet Leymarios, 2010). Cela illustre le fait que la MG alimentaire influence le profil en AG du lait. Une autre étude a permis de quantifier les changements au niveau du profil en AG du lait résultant de la consommation d'herbe pâturée. Chez les brebis recevant une alimentation à base de pâturage seul ou complémentée avec des concentrés non enrichis en lipides, les laits présentent un contenu en C18:3 compris entre 1 et 1,6 % des AGT. Ceci est directement lié au contenu en C18:3 de l'herbe pâturée avec une augmentation de $+ 0,32 (\pm 0,17) \%$ C18:3 par g C18:3/ kg de matière sèche ingérée (Chilliard et al., 2007). La teneur en CLA du lait est également impactée par l'alimentation des brebis, et plus précisément liée à la teneur en AG C18:2 de l'alimentation étant donné que c'est l'acide linoléique qui est hydrogéné dans le rumen pour former le VA, précurseur de la synthèse des CLA dans le tissu adipeux et la glande mammaire (Morand-Fehr et al., 2007). Le pâturage semble être bénéfique pour la teneur en CLA du lait. En effet, Chilliard et al. (2007) ont également mis en évidence que le lait de brebis issu de rations sans herbe présente un contenu en CLA de $0,6 \pm 0,3 \%$ AGT alors qu'il est de $1,6 \pm 0,53 \%$ AGT pour les rations à base de pâturage seul et de $1,3 \pm 0,6 \%$ AGT pour les rations à base de pâturage complémentées avec des concentrés non enrichis en lipides.

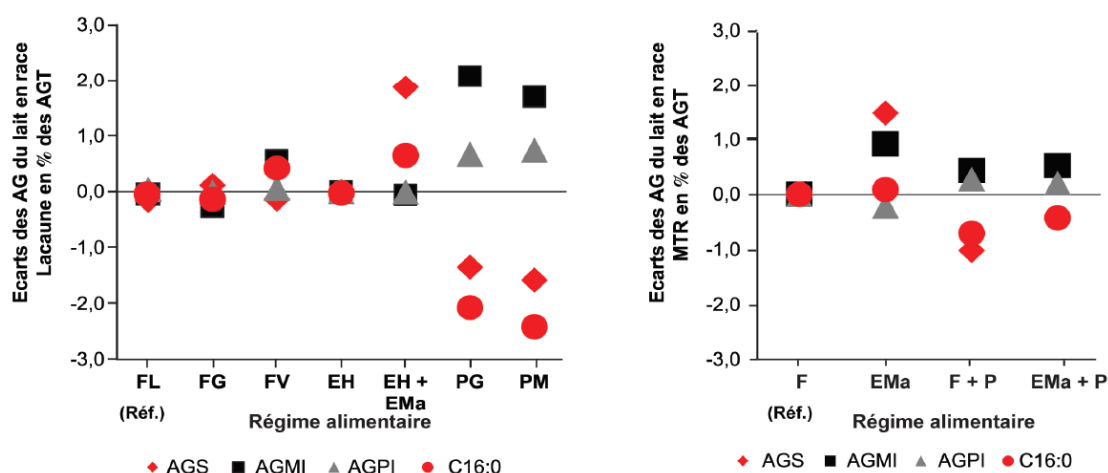


Figure 6 - Evolution des principales familles d'acides gras du lait de brebis en fonction du régime alimentaire (Legarto et al., 2014)

La nature des fourrages distribués influence également la qualité du lait. En effet, les fourrages ne présentent pas les mêmes caractéristiques selon leur composition floristique. Pour les légumineuses, c'est l'ensilage de trèfle blanc qui présente le contenu le plus élevé en AGT et en AG C18:3 alors que c'est l'ensilage de trèfle rouge qui présente le contenu en C18:2 le plus élevé (tableau 3). Le lait de vache issu de ces différents régimes alimentaires a été analysé. Les résultats montrent que la composition en AG du lait reflète celle du fourrage. C'est en effet le lait provenant de vaches nourries avec de l'ensilage de trèfle blanc qui présente la teneur en AGPI la plus élevée. Une autre observation intéressante est le contenu supérieur en AG C18:3 pour les laits issus de vaches nourries avec des ensilages de légumineuses (tableau 4) (Courtet Leymarios, 2010).

Tableau 3 - Teneurs en acides linoléique (C18:2) et α -linolénique (C18:3) et en acides gras totaux d'ensilage d'herbe et de légumineuses (en % MS) (Dewhurst et al., 2003)

	Ensilage d'herbe	Ensilage de trèfle rouge	Ensilage de trèfle blanc	Ensilage de luzerne
Acides gras	1,52	1,55	2,63	1,42
C18:2	0,24	0,37	0,46	0,32
C18:3	0,77	0,62	1,41	0,53

Tableau 4 - Effets de différents ensilages d'herbe et de légumineuses sur la composition du lait (en % des acides gras totaux) (Dewhurst et al., 2003)

	Ensilage d'herbe	Ensilage de trèfle rouge	Ensilage de trèfle blanc	Ensilage de luzerne
C18:2	1,42	1,81	1,80	1,61
C18:3	0,43	0,81	0,91	0,54
AGPI	1,85	2,62	2,71	2,15
Rapport C18:2 / C18:3	3,30	2,23	1,98	2,98

Les mêmes tendances sont observées pour les foins de légumineuses. Le lait issu de brebis nourries avec du foin de légumineuses présente en effet une concentration d'AG C18:3 légèrement supérieure à celle du lait de brebis nourries avec du foin de graminées ($0,7 \pm 0,4$ et $0,5 \pm 0,3$ % AGT respectivement) (Chilliard et al., 2007). Cet AGPI se retrouve dans le lait lorsque l'hydrogénation réalisée par les microorganismes du rumen est limitée. Une étude a mis en évidence la possible influence de la polyphénol oxydase PPO, présente notamment dans le trèfle violet, sur l'hydrogénation. Cette enzyme est impliquée dans la limitation de la protéolyse du trèfle violet et pourrait également entraîner une diminution de la lipolyse et donc de l'hydrogénation, qui a lieu sur les AG issus de la lipolyse. Ainsi, l'augmentation de

C18:3 dans le lait des brebis nourries avec du foin de légumineuses pourrait être lié à l'action de la PPO mais d'autres études sont nécessaires pour le confirmer (Doreau et al., 2005; Ranst et al., 2011). En plus de l'impact sur la MG du lait, les légumineuses peuvent, grâce à leur contenu en polyphénols, induire une augmentation de la quantité d'équol dans le lait. Ce métabolite microbien dérive notamment de la dadzéine et de la formononétine, deux isoflavones qui sont spécifiques aux légumineuses. Un essai réalisé sur des vaches laitières a permis de mettre en évidence l'augmentation significative d'équol dans le lait de vaches pâturant des prairies riches en trèfle violet (162 µg/ kg lait) en comparaison à des prairies de graminées (3 µg/ kg lait) (Froidmont et al., 2017).

Le lait est également une source de vitamines et particulièrement le lait de brebis qui en contient davantage que le lait des autres ruminants. Pour les vitamines E et A c'est principalement l'apport alimentaire de ces vitamines qui détermine la concentration dans le lait (Graulet, 2014). Il existe pour le lait de vache une relation linéaire entre l'apport alimentaire de vitamine E et de β-carotène, qui est un précurseur de la vitamine A, et la concentration dans le plasma (Ferlay et al., 2013). Cependant, la relation linéaire observée entre l'ingestion de β-carotène et la sécrétion dans le lait atteint un plateau lorsque l'alimentation contient plus de 60mg/ kg MS. Ce plateau suggère qu'il y a une limite au transfert, un phénomène de saturation apparait (Graulet, 2014). Ces deux composés se retrouvent en quantité élevée dans l'herbe fraîche à raison de 360 mg β-carotène /kg MS et 250 mg vitamine E /kg MS. Par contre la quantité de caroténoïdes diminue fortement dans le foin, alors qu'elle reste assez élevée dans les ensilages d'herbe (Nozière et al., 2006). Par ailleurs, la teneur en vitamines B du lait est en général peu influencée par l'alimentation des ruminants mais dépend plutôt des fermentations qui ont lieu dans le rumen. La teneur en vitamine B12 du lait de vache semble diminuer lorsque la ration est plus riche en fourrages. Cependant une augmentation des glucides non pariétaux dans la ration a également un impact négatif sur la concentration en vitamine B12 du lait (Ferlay et al., 2013). L'alimentation peut en fait avoir un effet sur les populations microbiennes en altérant par exemple la synthèse de vitamines par les bactéries ou encore en modifiant la biodisponibilité des vitamines (Graulet, 2014).

Un dernier paramètre important est la part de concentrés dans la ration. Chez les vaches laitières, il a été mis en évidence que les rations riches en concentrés entraînaient une diminution du TB du lait. L'augmentation de concentrés conduit également à une augmentation de C18:2 c9c12 ainsi qu'à une diminution de C18:3 c9c12c15 et de CLA c9t11. Enfin, la diminution d'amidon et de fibres dans la ration entraîne une modification de la population bactérienne en impactant surtout les bactéries cellulolytiques (Ferlay et al., 2013).

3.4. L'aptitude fromagère

Le lait de brebis étant majoritairement consommé sous forme de fromage, il est important de pouvoir identifier les facteurs qui influencent la coagulation du lait. Tout d'abord la teneur en caséines va déterminer la fermeté du caillé. Plus la concentration en protéines est élevée, plus le caillé sera ferme et plus la quantité de lactosérum libérée sera faible. Cependant, dans certains cas, une teneur élevée en protéines peut compromettre le rendement fromager en raison d'une forte proportion de protéines solubles. Un autre paramètre important est la concentration en calcium. Ce dernier est nécessaire pour la floculation des micelles et donc pour la rigidité du caillé. Le lait de brebis étant particulièrement riche en calcium, il n'est pas nécessaire d'ajouter du chlorure de calcium pour structurer le caillé. De plus, la quantité de micelles de petite taille étant élevée dans le lait de brebis, cela conduit à la formation d'un caillé bien ferme. Enfin, un pH bas favorise le processus de coagulation du lait (Abdelli & Chougar, 2018). Le pH idéal s'avère être proche de 6,5 (Caballero-Villalobos et al., 2018).

Le rendement fromager, qui correspond à la quantité de fromage obtenu à partir d'une quantité donnée de lait, dépend majoritairement du contenu en protéines et en MG du lait chez la vache. Une augmentation du TP, et plus précisément de la teneur en caséines, mène à une augmentation du rendement. La même tendance est observée avec l'augmentation du TB mais l'effet est moins marqué (Attari, 2019). Il a été observé sur le lait de chèvre qu'une augmentation des TB et TP du lait entraîne notamment une augmentation de la récupération des protéines, MG et solides totaux du lait dans le caillé. Les protéines du lait forment en effet un réseau qui séquestre les MG (Pazzola et al., 2019).

3.5. La qualité du lait biologique

Palupi et al. (2012) ont montré par méta-analyse que le lait issu de l'agriculture biologique présentait une qualité nutritionnelle supérieure à celle du lait conventionnel. En effet, le lait biologique contient une teneur significativement plus élevée en acide α -linoléique, en CLA c9t11 mais aussi en VA, ainsi qu'un rapport oméga-3/oméga-6 plus élevé. Cette différence s'explique notamment par la part élevée de fourrages frais dans l'alimentation des ruminants en agriculture biologique qui constitue un apport d'AGPI et plus particulièrement d'AG oméga-3 (Palupi et al., 2012).

Une autre méta-analyse a mis en évidence la teneur supérieure en α -tocophérol (vitamine E) et en β -carotène du lait de vache biologique. Cela s'explique par la consommation plus importante de fourrages frais riches en α -tocophérol et en caroténoïdes en agriculture biologique (Średnicka-Tober et al., 2016).

Enfin, une comparaison de différents laits de vache disponibles dans le commerce a montré globalement une teneur en équol supérieure pour les laits issus de l'agriculture biologique.

Cette différence s'explique vraisemblablement par l'utilisation accrue de légumineuses dans ce type d'exploitation en raison de l'interdiction des intrants de synthèse (Froidmont et al., 2017).

II. Partie expérimentale

1. Objectifs

L'herbe constitue la base de l'alimentation des ruminants. Elle est particulièrement importante en agriculture biologique où elle concourt à davantage d'autonomie alimentaire. De plus, les prairies en agriculture biologique présentent une grande diversité floristique (mélange graminées – légumineuses). Elles favorisent la biodiversité et donnent au lait une composition spécifique influençant sa valeur nutritionnelle (dont sa « valeur santé ») et participant à la typicité des produits transformés comme les fromages.

Un essai démonstratif (co-financement SPW – CRA-W) a été réalisé durant un an et demi à la bergerie des Fauves Laineux. Il a été mis en place suite à la demande des éleveurs qui souhaitent acquérir plus d'information quant à la qualité de leurs produits et à l'impact environnemental réel de leur production en vue de communiquer avec leurs clients. Il a consisté en un suivi des pratiques alimentaires au fil des saisons (type et composition des fourrages en particulier), de la qualité du lait et du fromage frais produits, ainsi qu'en un audit environnemental.

En vue d'apprécier les émissions de GES, la production d'azote ammoniacal et la consommation énergétique de l'exploitation, l'outil DECiDE du CRA-W, initialement conçu pour les cultures et les bovins, a été adapté aux ovins.

Cette approche a donc comme finalité de mieux caractériser les externalités de l'exploitation, que ce soit en matière de « valeur santé » du lait et du fromage qu'en matière environnementale.

2. Matériel et méthodes

2.1. Lieu d'expérimentation

L'essai a été mené à la bergerie des Fauves Laineux (Cognelée, Province de Namur). Il s'agit d'une exploitation familiale en agriculture biologique associant cultures et atelier ovien (production de lait et engraissement des agneaux). Le troupeau compte 240 brebis laitières de race Lacaune.

La superficie de l'exploitation est de 29 ha 34 dont un tiers de prairies permanentes, un tiers de prairies temporaires et enfin un tiers de cultures avec un mélange céréales et protéagineux. Le lait produit est vendu en grande partie à la fromagerie du Gros-Chêne. Par ailleurs, environ 15 % de la production est transformée à la ferme en yaourts et fromages. Ces produits sont vendus directement à la ferme ainsi que sur deux marchés locaux et auprès de deux groupes d'achat commun. Enfin, pour éviter des surplus de production lors des pics de lactation, du lait est vendu à des particuliers.

La conduite du troupeau est réfléchi de manière à produire du lait toute l'année. L'éleveur a donc opté pour deux périodes d'agnelage : la première de juillet à mi-septembre pour une partie du cheptel et la seconde de décembre à mi-février pour l'autre partie. Un traitement lumineux est utilisé pour cyclo le troupeau à contre-saison. Après sevrage des agneaux à 45 jours d'âge, les brebis sont traitées durant 150 à 180 jours.

2.2. Bilan environnemental

2.2.1. L'outil DECiDE

Le bilan environnemental a été abordé à l'aide de l'outil « DECiDE » développé par le CRA-W. Cet outil, présenté sous la forme d'une plateforme en ligne, permet d'évaluer l'empreinte environnementale des exploitations agricoles Wallonnes (bovins et grandes cultures) via leurs émissions de GES, d'azote ammoniacal (N-NH₃) ainsi que leur consommation énergétique. Cette démarche permet donc aux éleveurs de quantifier leurs émissions et d'identifier les ateliers responsables de cette production de GES au sein de l'exploitation en vue de mettre en place des actions correctives (Decide CRA-W, s. d.).

DECiDE offre la possibilité de réaliser une ACV des productions agricoles d'un point de vue des émissions de GES, en incluant à la fois les émissions directes (émissions liées à la combustion de carburants, la consommation d'énergie, les émissions des animaux...) et indirectes (émissions liées à la production des intrants, des machines et bâtiments...). Cette analyse multicritère offre donc une vue globale de l'impact des modifications des techniques de production sur le bilan environnemental.

En vue de la détermination du bilan environnemental de l'exploitation, des informations détaillées concernant la conduite des animaux et des cultures, la consommation énergétique de l'exploitation ainsi que les biens agricoles (bâtiments et machines) détenus ont été fournies par l'éleveur pour les années 2017, 2018 et 2019.

2.2.2. L'adaptation du logiciel DECiDE aux ovins

L'adaptation de l'outil DECiDE aux ovins a été réalisée en se basant sur les méthodes utilisées dans le logiciel pour le calcul des émissions des bovins. Ensuite, l'accès à différentes références incluant le guide des émissions de polluants atmosphériques rédigé par l'Agence Européenne de l'Environnement ou encore les lignes directives du GIEC pour les inventaires nationaux de GES a permis de transposer les méthodes aux ovins.

2.3. Plan d'échantillonnage

Au cours de la période allant de septembre 2018 à février 2020, 15 passages en ferme ont été organisés, chacun correspondant à un changement du régime alimentaire. Lors de chaque passage, les aliments (concentrés et fourrages) et le lait de tank ont été échantillonnés. Du fromage frais a également été échantillonné à 9 reprises. Ces prélèvements étaient complétés par la prise d'informations sur la ration et le troupeau afin de caractériser au mieux la conduite alimentaire.

2.3.1. Alimentation du troupeau

Les indicateurs de caractérisation du régime alimentaire du troupeau sont :

La composition de la ration : les constituants de la ration ont été répertoriés (fourrages verts, fourrages conservés et concentrés apportés) ainsi que les quantités distribuées lorsque cela était possible (concentrés et fourrages conservés).

La caractérisation des aliments : la valeur alimentaire des matières premières a été obtenue par spectrométrie proche infrarouge. Après échantillonnage, les différents aliments ont été placés à l'étuve à 60°C jusqu'à poids constant puis broyés au Cyclotec (1 mm) en vue de la détermination de leur valeur alimentaire par spectroscopie proche infrarouge. Cette méthode analytique, rapide et non intrusive, permet d'estimer le pourcentage de MS, la teneur en cendres totales (CT), la teneur en matières protéiques totales (MPT), la teneur en cellulose (CEL), la teneur en hémicellulose, cellulose et lignine (NDF), la teneur en cellulose et lignine (ADF), la teneur en lignine (ADL), la teneur en amidon (AMIDON), la digestibilité de la matière organique. Sur base de cette composition, les unités fourragères (UF) et les protéines digestibles dans l'intestin (PDI) sont ensuite calculées.

Les mesures complémentaires effectuées en prairie pour la caractérisation de l'herbe :

- Hauteur de l'herbe : mesure effectuée à l'aide d'un herbomètre tous les 15 pas en parcourant la prairie en 'zig-zag'.
- Biomasse : 3 mesures de quadrats ont été réalisées dans la prairie en lançant le quadrat de manière aléatoire. Pour chaque quadrat, les mesures suivantes ont été réalisées : (1) hauteur d'herbe dans le quadrat avant coupe, (2) récolte minutieuse de l'herbe au moyen d'une cisaille électrique et (3) hauteur d'herbe après coupe. L'herbe récoltée a été pesée et ensuite mise à l'étuve pour déterminer la teneur en MS de chaque quadrat.
- Echantillonnage d'herbe pour analyse : un échantillon a été prélevé à la cisaille électrique tous les deux pas en réalisant une diagonale ou un Z dans la prairie en vue de l'analyse infrarouge. Certains de ces échantillons ont été triés pour déterminer la

part de graminées et de légumineuses des prairies et leur évolution au cours de la saison.

- Valeur alimentaire du fourrage au cours du fanage : des échantillons de fourrage ont été collectés à 3 stades différents : herbe fraîche, andain et foin. Ces échantillons ont ensuite été analysés par spectroscopie proche infrarouge.
- Informations complémentaires : le calendrier des opérations (fumures, amendements), les rendements obtenus et la composition floristique des prairies (espèces implantées) ont été fournis par l'éleveur.

Les méthodes de calcul :

a) L'efficacité alimentaire :

L'efficacité alimentaire est définie comme le rapport entre les produits et les ressources utilisées (Laisse et al., 2019). Dans le cadre de cet essai, l'efficacité alimentaire correspond au rapport entre la quantité de lait produit (kg) et la quantité d'aliments ingérés par les brebis (kg MS).

b) L'ingestion des composants de la ration :

La détermination des quantités ingérées de chaque constituant de la ration repose sur la pesée des concentrés et des fourrages distribués à l'auge (foin et préfané) réalisée par l'éleveur. Lors du pâturage, l'ingestion d'herbe fraîche a dû être estimée au moyen de diverses équations se basant entre autre sur la capacité d'ingestion (CI), le taux de substitution global fourrage-concentré (TSg) ou encore l'unité d'encombrement mouton (UEM).

Ingestion d'herbe au pâturage

L'ingestion d'herbe au pâturage (MSI_h) peut être calculée au moyen de l'équation suivante (Inra, 2018) :

$$MSI_h = \frac{CI - \sum_i (MSI_i \times UE_i)}{UE_h} \times FC_{Pat} \quad (2)$$

Avec :

- CI = capacité d'ingestion
- MSI_i = matière sèche ingérée de chaque autre constituant
- UE_i = unité d'encombrement de chaque autre constituant
- UE_h = unité d'encombrement de l'herbe pâturée
- FC_{Pat} = facteur correctif lié aux conditions de pâturage (exprimé en valeur relative). Ce facteur représente le degré de restriction de l'ingestion au pâturage comparativement à l'ingestion à volonté du même fourrage distribué

à l'auge. La valeur de FC_{pat} est généralement inférieure à 1, correspondant à une restriction alimentaire fréquemment rencontrée. Sa valeur est fixée arbitrairement à 0,8 en raison de la grande importance accordée par l'éleveur à la qualité de l'herbe pâturée offerte à ses brebis.

Capacité d'ingestion

La capacité d'ingestion des brebis après le premier mois d'allaitement, exprimée en UE/ jour, peut être estimée à partir du poids vif de l'animal (PV) en kg et de la production en lait standard (PLS) (Hassoun & Bocquier, 2007) :

$$CI = (0,9 \times PLS) + (0,024 \times PV) \quad (3)$$

Avec :

- PLS = production de lait standard. Elle est obtenue à partir de la production de lait (PL) en L/ jour et des taux butyreux et protéique (TB et TP) en g/L selon l'équation suivante :

$$PLS = PL \times [(0,0071 \times TB) + (0,0043 \times TP) + 0,2224] \quad (4)$$
- PV = poids vif moyen d'une brebis de race Lacaune, fixé à 75 kg.

Unité d'encombrement mouton

L'UEM d'un fourrage est exprimé en valeur relative, en rapportant son ingestibilité à celle d'une graminée de référence, toutes deux exprimées en g MS/kg $PV^{0,75}$ (Inra, 2018).

$$UE_f = \frac{\text{ingestion du fourrage de référence}}{\text{ingestion du fourrage } i} \quad (5)$$

Comme la consommation de MS volontairement ingérée du fourrage de référence est fixée à 75 g MS/kg $PV^{0,75}$, l'équation suivante apparaît :

$$UEM = 75 / MSVI_M \quad (6)$$

Avec :

- $MSVI_M$ = matière sèche volontairement ingérée mouton (g MS/ kg $PV^{0,75}$). Elle peut être calculée au moyen d'équations de prévision de l'ingestibilité des fourrages à partir de la dMO (digestibilité de la matière organique – en %), des teneurs en MAT (en g/kg MS) et en MS (%) et du type de fourrage (en vert, ensilages, foin, maïs ensilage).

Taux de substitution global fourrage-concentré

Chez les ruminants, une diminution de l'ingestion volontaire de fourrages est classiquement observée avec l'augmentation de l'apport d'aliments concentrés dans la ration. Il dépend de

la qualité du fourrage et de la part de concentrés de la ration distribuée. Ce phénomène de substitution peut être déterminé par le calcul d'un taux de substitution selon l'équation suivante (Inra, 2018) :

$$TS_g = 3,550 - 2,30 \times UE_f \quad (7)$$

Enfin, l'UE des concentrés est obtenue en multipliant l'UE des fourrages par TS_g (Inra, 2018) :

$$UE_c = UE_f \times TS_g \quad (8)$$

2.3.2. Composition du lait et du fromage

Echantillonnage et conditionnement du lait et du fromage :

A chaque passage sur l'exploitation (15 au total), au moins 6 échantillons de lait (50 ml) ont été prélevés dans le tank. Ils ont été conservés dans une glacière jusqu'au retour au bâtiment Bertrand Vissac du CRA-W. Tous les échantillons ont été congelés en vue de leur analyse, exception faite de celui destiné à l'analyse par spectroscopie moyen infrarouge qui a été conservé à 4 °C avec un conservateur anti-microbien (sodium azide). Par ailleurs, lors de certains passages en ferme (9 au total), des fromages frais ont également été prélevés et congelés par la suite.

Sélection des composés analysés :

La qualité des produits est approchée en se focalisant sur des composés ayant une valeur santé potentielle pour l'homme.

- Profil en AG (lait et fromage) : le profil en AG du lait a été établi par chromatographie gazeuse avec un intérêt tout particulier pour les teneurs en oméga 3 et CLA. Ces AG doivent se trouver dans des teneurs plus importantes dans le lait de brebis au pâturage. L'analyse du profil en AG de 9 fromages frais fabriqués à partir de certains laits échantillonnés a pour but de s'assurer que le processus de transformation fromagère n'altère pas la qualité des matières grasses du lait.
- Spectre moyen infrarouge MIR (lait) : L'analyse MIR fournit une analyse rapide du profil en AG du lait. Toutefois, cela se base sur des équations calibrées à partir de lait de vache. La disposition des AG du lait de brebis obtenu par analyse chimique permet une première comparaison avec l'analyse MIR « lait de vache » des laits de brebis. Les résultats devraient permettre de se positionner quant à la nécessité d'établir des équations de calibration spécifiques au lait de brebis.
- Vitamines E et B12 (lait) : Le pâturage a également un impact sur certaines vitamines dont la teneur en vitamine E. La vitamine B12 est quant à elle une molécule d'origine bactérienne synthétisée par les ruminants et qui se retrouve sous une forme très

disponible dans le lait. Ce dernier constitue donc une source importante de vitamine B12 pour l'homme qui est capable de synthétiser ce composé mais au-delà de la zone d'absorption dans l'intestin.

2.3.3. Méthodes de dosage sur les aliments

Teneur en MS – La teneur en MS des aliments a été déterminée au CRA-W au sein de l'Unité Productions animales. Les échantillons ont été placés dans des sachets microperforés dont le poids correspond à la tare (T). Les échantillons ont été pesés pour déterminer le poids frais (P_{frais}) et placés à l'étuve à une température de 60°C jusqu'à poids constant. Enfin, l'échantillon est repesé ($P_{\text{sec}} + T$). Le pourcentage de MS est déterminé suivant l'équation ci-dessous.

$$\% \text{ MS} = 100 \times \frac{(P_{\text{sec}} - T)}{P_{\text{frais}}} \quad (9)$$

Valeur alimentaire par infrarouge – La valeur alimentaire de l'herbe pâturée, des fourrages et concentrés a été déterminée au CRA-W au sein de l'Unité Valorisation des produits, de la biomasse et du bois par spectrométrie proche infrarouge à l'aide du spectromètre XDS. Pour réaliser cette analyse, les échantillons ont préalablement été broyés au Cyclotech (1 mm).

2.3.4. Méthodes de dosage sur le lait et le fromage

Dosage de la vitamine E dans le lait – Le dosage de la vitamine E a été réalisé par le laboratoire Eurofins (France). L'échantillon de lait a été saponifié avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium. Il a ensuite subi deux extractions à l'hexane:éthylacétate. La vitamine E a ensuite été quantifiée par HPLC avec détection fluorométrique (EN 12822:2014).

Dosage de la vitamine B12 dans le lait – Le dosage de la vitamine B12 a été réalisé par le laboratoire Eurofins (France). La vitamine B12 a été extraite et purifiée en utilisant des colonnes immuno. Elle a ensuite été détectée sur HPLC (J. AOAC, 2008).

Le dosage des vitamines E et B12 a été réalisé sur des échantillons de lait préalablement lyophilisés pour des raisons de stabilité durant le transport. Les services postaux ayant accusés des retards de livraison en raison de l'épidémie de COVID-19, l'envoi d'échantillons de lait sous forme congelée n'a pas pu être réalisé.

Profil en AG du lait et du fromage – Le profil en AG du lait et du fromage a été déterminé au laboratoire BNTE de l'UCL par chromatographie en phase gazeuse GC. La MG a été extraite

par la méthode de Folch à partir 1 g de lait ou de fromage lyophilisé, avant méthylation de l'échantillon (Dang Van et al., 2011).

Profil en AG du lait – Le profil en AG du lait a également été déterminé au CRA-W au sein de l'Unité Valorisation des produits, de la biomasse et du bois par spectrométrie MIR, à partir d'équations établies pour le lait de vache.

Rendement fromager – Le rendement fromager en frais RF_f a été estimé sur base de l'équation 10. Cette dernière a été mise au point suite à la réalisation de caillés de laboratoire à partir de laits de brebis échantillonnés entre 2002 et 2004. Dans cette équation, le TB est exprimé en g/ kg lait (Rondia, communication personnelle).

$$RF_f = (0,5816 \times TB) + 2,1395 \quad (10)$$

2.4. Analyses statistiques

Le traitement statistique des données a été réalisé par le logiciel Minitab[®] 17.3.1 selon la procédure « Modèle Linéaire Général (GLM) ».

Les données ont été préalablement soumises au test d'Anderson-Darling en vue de s'assurer de la normalité de leur distribution. Lorsqu'un jeu de données ne répondait pas à cette condition, une transformation de Johnson a été appliquée afin qu'elles suivent une loi normale.

Les facteurs qui peuvent être considérés dans le modèle statistique sont :

- L'année (2018 ; 2019)
- Le stade de lactation (0 à 2 mois inclus ; > 2 à 4 mois ; > 4 mois)
- La présence/ absence de pâturage (oui ; non)
- Le ratio fourrages/concentrés (< ou > à 70%)

Compte tenu du faible nombre de données (15 échantillons), seuls 2 facteurs explicatifs ont été retenus, à savoir le « stade de lactation » et la « présence/absence de pâturage ». Le critère « année » a été écarté car un test préalable n'a pas montré d'effet sur les données. Quant au critère « ratio fourrages/concentrés », il se confond avec le critère « présence/absence de pâturage ».

Une analyse de la variance à 2 critères (« stade de lactation » et « présence/ absence de pâturage ») a donc été appliquée pour les paramètres suivants :

- TB et TP
- PL
- Ingestion totale

- Vitamines E et B12
- Profil en AG du lait

Une analyse de la variance à 1 critère est appliquée aux paramètres suivants :

- Evolution de la valeur alimentaire de l'herbe au cours du processus de fanage avec, comme critère, la nature de l'herbe (en vert ; en andain ; en foin)
- Evolution de la proportion de graminées et de légumineuses dans les prairies avec, comme critère, le mois (mai ; juin ; juillet)
- Evolution de la teneur en AG à chaîne courte, moyenne et longue avec, comme critère, la présence/ absence de pâturage (oui ; non)
- Comparaison du profil en AG des fromages et des laits dont ils sont issus avec, comme critère, la nature de l'échantillon (lait ; fromage)
- Comparaison du profil en AG du lait obtenu par la méthode de référence (chromatographie gazeuse) et par la prédiction MIR avec, comme critère, la méthode d'analyse (analyse de référence ; prédiction MIR)

Enfin, une matrice de corrélation a permis de mesurer la dépendance entre les TB et TP du lait, la PL, le stade de lactation, le rendement fromager, le profil en AG du lait, les teneurs en vitamines E et B12, les apports en protéines et en énergie de la ration ainsi que les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration.

III. Résultats et discussion

1. Bilan environnemental

1.1. Adaptation aux ovins laitiers

Pour transposer l'outil DECiDE des bovins aux ovins, il a été nécessaire de recalculer les émissions de méthane, d'ammoniac et de protoxyde d'azote imputables au bétail ainsi qu'à la gestion des engrais de ferme, la composition de ce dernier étant variable entre les bovins et les ovins.

Emissions liées à l'animal

Les émissions de méthane liées à l'animal sont issues de la fermentation entérique. Ce méthane est produit dans le rumen par les archées méthanogènes à partir de l'hydrogène qui résulte de la fermentation des glucides (Doreau et al., 2011). Le modèle utilisé dans ce module suit la méthode de niveau 2 d'estimation des « émissions de méthane dues à la fermentation entérique » tirée des lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre (GIEC, 2019). Cette méthode requiert le calcul de facteurs d'émissions, spécifiques à chaque catégorie d'animaux, qui sont estimés sur base de la consommation d'énergie brute et du facteur de conversion du méthane. Ce dernier correspond à la proportion d'énergie ingérée qui est perdue sous forme de méthane. Pour transposer l'outil DECiDE des bovins aux ovins, ce facteur de conversion a dû être adapté (Annexe 1).

Emissions liées à la gestion des engrais de ferme à l'étable, lors du stockage et de l'épandage

La gestion du fumier est à l'origine d'émissions de méthane, d'ammoniac et enfin de protoxyde d'azote. Tout d'abord, le calcul de l'émission de méthane se base d'une part sur les caractéristiques de l'engrais de ferme et plus particulièrement sur sa teneur en solides volatils. Cette teneur est équivalente au contenu en matières organiques de l'engrais de ferme, autrement dit à la part de la ration non digérée. Un facteur spécifique aux ovins est ensuite appliqué pour obtenir la quantité de méthane produite par kg de solides volatils (GIEC, 2019) (Annexe 1). D'autre part, l'émission de méthane dépend des systèmes utilisés pour gérer les engrais de ferme qui sont communs aux bovins et ovins, si ce n'est que le fumier est uniquement présent sous forme solide chez les ovins.

Le module de calcul de l'ammoniac émis au cours de la gestion du fumier suit la méthodologie développée au chapitre 4B : « Animal husbandry and manure management » dans le guide pour inventorier les émissions de polluants atmosphériques rédigé par l'Agence Européenne de l'Environnement dans le cadre du Programme Européen de Suivi de l'Environnement (EMEP/EEA, 2009). Cette méthode part du principe que l'ammoniac qui est émis au cours de la gestion du fumier est issu de l'azote excrété par les animaux, majoritairement sous forme

d'urée dans l'urine. L'urée est par la suite dégradée par l'uréase en carbonate d'ammonium. Ce sont les ions ammonium produits qui sont à l'origine de l'émission d'ammoniac, et ce uniquement lorsque le fumier est au contact de l'air. Le calcul de l'émission d'ammoniac se base sur la quantité annuelle d'azote excrétée par les animaux qui correspond à la consommation annuelle d'azote à laquelle on soustrait un taux de rétention qui est spécifique aux ovins (GIEC, 2019). Cette quantité d'azote excrété est subdivisée en une partie excrétée au pâturage et l'autre en étable. Notons que l'azote excrété au pâturage est comptabilisé dans les émissions liées au sol et non aux engrais de ferme. Contrairement aux bovins, il n'existe chez les ovins qu'un type majoritaire de logement des animaux qui est la stabulation paillée. Le fumier solide renferme donc l'entièreté de l'azote excrété en étable. Un facteur spécifique aux ovins est ensuite appliqué pour obtenir la part d'azote excrétée sous forme d'azote ammoniacal total (TAN). Un facteur d'émission est par la suite appliqué sur TAN pour obtenir la quantité émise d'ammoniac (Annexe 1). Cependant l'émission d'ammoniac ne se limite pas à l'étable, elle est également calculée lors du stockage du fumier. Par ailleurs, d'autres composés sont émis durant ce stockage, notamment le protoxyde d'azote (N_2O), les oxydes d'azote (NO_x) et l'azote (N_2). Un lessivage de nitrates (NO_3^{2-}) s'observe également durant la période de stockage. Ces émissions sont calculées à partir de coefficients spécifiques aux ovins. A tout ceci s'ajoutent les émissions de N_2O , NO_x et N_2 ayant lieu pendant et juste après l'épandage des fumiers.

L'émission de protoxyde d'azote est due à la nitrification associée à la dénitrification de l'azote présent dans le fumier. La nitrification correspond au processus d'oxydation de l'azote ammoniacal en azote des nitrates. Ce processus se déroule en condition aérobie, contrairement à la dénitrification qui a lieu en condition anaérobie. Cette dernière est responsable de la transformation des nitrites et nitrates en protoxyde d'azote et diazote. Dans l'outil DECiDE sont prises en compte à la fois les émissions directes dues au stockage des engrais de ferme mais aussi les émissions indirectes liées aux retombées atmosphériques de l'azote volatilisé dans les étables et au lessivage et ruissellement d'azote au niveau des systèmes de stockage. Ce module est semblable pour les bovins et ovins.

1.2. Application de l'outil DECiDE à l'exploitation

Une fois adapté, l'outil DECiDE a été appliqué à la bergerie des Fauves Laineux en considérant trois années consécutives (2017 à 2019) pour une meilleure représentativité du bilan.

Consommation énergétique

L'outil DECiDE fournit tout d'abord une vue globale de la consommation énergétique de l'exploitation (figure 7). Le poste le plus demandeur en énergie est l'alimentation des animaux qui correspond à la consommation énergétique nécessaire à la production des aliments

achetés. Ce poste fluctue beaucoup suivant les années. Ceci est principalement dû à des modifications au niveau de l'alimentation des agneaux. En effet, au cours de l'année 2018, les agneaux ont été nourris exclusivement d'un aliment complémentaire pour agneaux acheté. En 2017 et 2019, les agneaux ont été nourris partiellement avec des aliments concentrés produits sur l'exploitation (mélange orge – pois et escourgeon – pois) ce qui explique la diminution de consommation énergétique observée pour les aliments achetés. De plus, la sécheresse ayant touché la Belgique durant l'été 2018 a entraîné une moindre production de fourrages et donc une nécessité d'en acheter davantage en 2019. Enfin, la différence d'émission entre les années 2017 et 2019 s'explique vraisemblablement par un nombre d'agneaux de boucherie supérieur (+ 50) en 2019. L'énergie directe arrive en deuxième position, juste avant « les investissements » qui correspondent à la consommation énergétique liée à la production des machines et bâtiments attribuée sous forme d'amortissement sur 15 et 20 ans respectivement. La légère augmentation observée en 2018 et 2019 s'explique par l'achat d'un rouleau Cambridge au cours de l'année 2018. L'exploitation étant en agriculture biologique, le poste « engrais et amendements » correspond uniquement au chaulage des parcelles. L'importance de ce poste fluctue en fonction des années car l'application de chaux n'est pas systématique, elle dépend des résultats d'analyse de sol. Par ailleurs, la consommation énergétique liée à l'eau est presque nulle. En effet, la quantité d'eau issue du réseau de distribution utilisée par l'exploitation est très faible étant donné qu'elle dispose d'un puits foré. Enfin, les travaux effectués par des tiers incluent le compostage du fumier et l'épandage du compost, l'épandage de la chaux, la récolte des céréales et des fourrages ainsi que le labour et le travail du sol. La consommation énergétique qui en découle est assez stable étant donné qu'il n'y a pas de changement majeur au niveau de la répartition des différentes cultures ni au niveau de leur conduite.

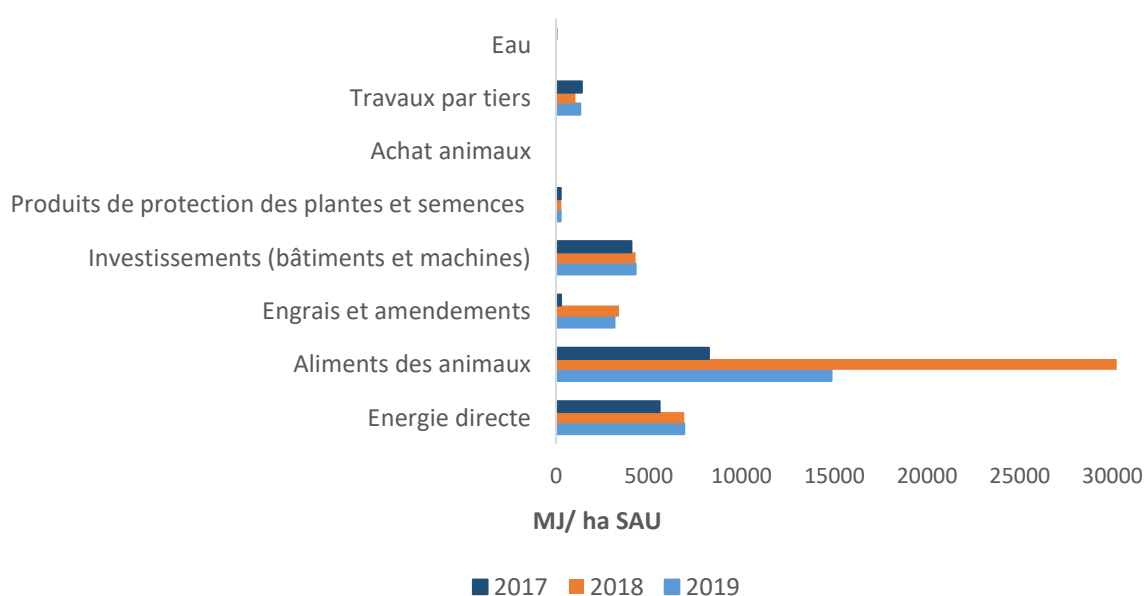


Figure 7 - Consommations énergétiques de l'exploitation réparties par poste

Très peu de données de bilan énergétique des exploitations ovines sont disponibles dans la littérature. Une étude a cependant été menée sur un panel de 10 systèmes ovins viande, deux de ces systèmes étant en agriculture biologique, pour mesurer les dépenses énergétiques globales. Il est ressorti de cette étude que la consommation énergétique des exploitations était liée principalement à la consommation d'aliments achetés, la mécanisation (carburants et machines) et les engrais. Ces résultats rejoignent partiellement ceux de la bergerie des Fauves Laineux en pointant notamment la consommation énergétique élevée liée aux aliments achetés. Par ailleurs, l'importance des engrais dans le bilan énergétique s'explique par la part élevée d'exploitations conventionnelles (8 sur 10) prises en compte dans cet essai (Bocquier et al., 2011).

Emissions de gaz à effet de serre et d'azote ammoniacal

L'outil DECiDE présente également une vue d'ensemble des émissions de GES et d'ammoniac de l'exploitation (tableau 5). Les émissions de méthane sont assez stables sur les 3 années, le nombre d'animaux sur l'exploitation étant resté relativement stable et la gestion des engrais de ferme est restée identique (stockage sur dalle de béton dans la stabulation). La diminution des émissions de protoxyde d'azote observée en 2018 et 2019 s'explique par un changement au niveau de la fertilisation des parcelles. En effet, en 2017, du fumier et du compost de fumier étaient utilisés pour la fertilisation des parcelles. Alors qu'en 2018 et 2019, la fertilisation a été assurée uniquement par le compost de fumier. Cette fertilisation importante au cours de l'année 2017 a renforcé le lessivage et le ruissellement de protoxyde d'azote des cultures et des prairies qui expliquent l'augmentation des émissions de ce composé. Les émissions d'ammoniac sont en outre restées stables. Par ailleurs, l'élevage a l'avantage de compenser une partie des émissions grâce aux prairies qui constituent des puits de carbone. En moyenne, une prairie stocke 570 kg carbone/ ha/ an (Béchu et al., 2014). Cependant, la recherche d'autonomie alimentaire conduit l'exploitant à consacrer une partie des terres à la culture de céréales, ce qui réduit la séquestration de carbone (Dakpo et al., 2013). A la bergerie des Fauves Laineux, environ 1/3 de la superficie est dédiée à la production de graines autoconsommées (céréales et protéagineux). La séquestration de carbone par les prairies permet ainsi de compenser entre 4 et 5 % des émissions totales de GES de l'exploitation et environ 10 % des émissions liées à la fermentation entérique des animaux, exprimées en kg CO₂e/ ha SAU. Par comparaison, Béchu et al. (2014) ont rapporté une compensation de 25 à 35 % des émissions de méthane entérique émis lors de la production d'agneaux d'herbe et de bergerie, par les prairies, parcours et haies.

Tableau 5 - Synthèse globale des émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac au sein de l'exploitation

	2017	2018	2019
	kg CO ₂ e / ha SAU		
Emission totale de gaz à effet de serre	12162	13284	13379
Dont CH₄	5825	5714	5357
Dont N₂O	2473	1751	1613
Dont séquestration carbone	-565	-543	-550
	kg NH ₃ / ha SAU		
Emission totale de NH₃	113	113	103

Enfin, la figure 8 présente les émissions de GES, exprimées en équivalent CO₂, pour les différents postes de l'exploitation. La fermentation entérique arrive en tête des émissions. En moyenne sur les 3 années de suivi, une brebis laitière adulte émet 404 kg CO₂e/animal.an ce qui correspond à 15 kg CH₄/animal.an. Les agneaux émettent quant à eux des quantités moindres avoisinant les 7 kg CH₄/animal.an. Les émissions de méthane sont restées relativement stables, une légère diminution est observée au fil des années qui est due notamment à une petite diminution du nombre de brebis adultes sur l'exploitation. Le sol constitue également une source importante de GES. Il y a d'une part des émissions directes dues à l'apport d'azote sur les sols cultivés et les prairies. Les engrais minéraux étant interdits en agriculture biologique, l'apport d'azote vient ici exclusivement de l'engrais de ferme. Au cours de l'année 2017, les émissions liées aux sols étaient particulièrement élevées en raison d'une plus importante fertilisation des parcelles. En effet, comme mentionné précédemment, la fertilisation des parcelles a été assurée à la fois par le fumier et le compost de fumier en 2017. Pour les prairies, il faut également ajouter les déjections issues du pâturage des animaux qui sont stables dans le cas de la bergerie. La conduite des animaux n'a en effet pas changé au cours de ces 3 années avec une durée de séjour en bergerie de 160 jours pour les brebis et 90 jours sur l'année pour les agneaux. Les aliments achetés constituent le 3^{ème} poste d'émission de GES. L'émission plus faible observée pour ce poste en 2018 s'explique par un facteur d'émission plus faible pour la production de foin. Ce facteur prend en effet en compte la transformation des ingrédients qui est moindre pour un fourrage que pour un concentré. Quant à la différence entre les années 2017 et 2019, elle est due à un nombre plus important d'agneaux de boucherie sur l'exploitation en 2019 comme expliqué plus haut. Par ailleurs, la contribution des engrais de ferme aux émissions de GES est restée stable suivant les années.

Les émissions sont en effet liées à la composition de l’engrais de ferme qui découle du régime alimentaire des animaux qui est resté stable au cours des 3 années de suivi.

L’étude de Bocquier et al. (2011) portant sur l’analyse de 10 systèmes ovins viande s’est également intéressée à l’émission de GES des exploitations. Les résultats étant exprimés en kg CO_{2e}/ kg carcasse, une comparaison directe des émissions n’est pas possible. Cependant, l’analyse des différents systèmes a mis en évidence une moindre émission de GES dans le cas de système très herbager, caractérisé par une forte autonomie alimentaire et donc une moindre consommation d’aliments achetés, pas d’utilisation d’engrais minéraux et enfin une productivité élevée des animaux. La bergerie des Fauves Laineux étant en agriculture biologique, l’utilisation d’engrais minéraux est nulle. Renforcer l’autonomie alimentaire de l’exploitation pourrait constituer un levier d’action. Enfin, l’augmentation de la productivité des animaux pourrait être envisagée tout en veillant à la conservation de la qualité des produits, primordiale à la bergerie des Fauves Laineux.

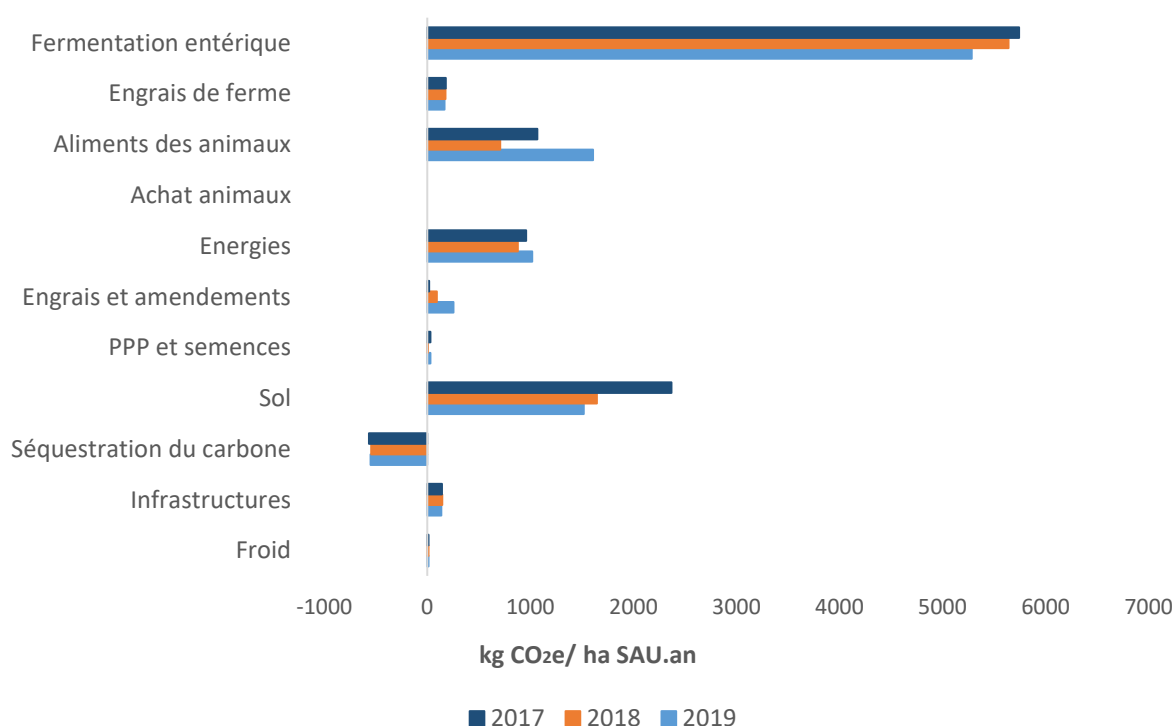


Figure 8 - Emissions de gaz à effet de serre de l'exploitation réparties par poste

2. Suivi de l'alimentation des brebis laitières

2.1. Ration

Les rations distribuées aux brebis lors de chaque passage en ferme sont représentées à la figure 9 (en kg MS/ jour).

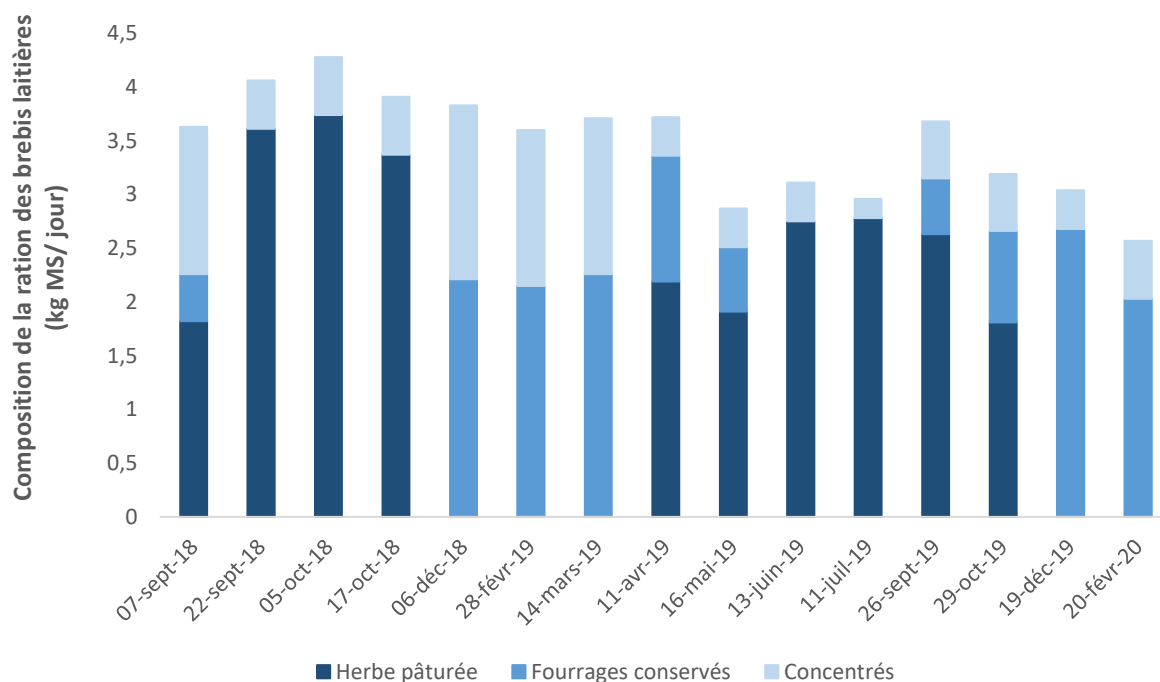


Figure 9 - Evolution de la ration des brebis laitières au cours de la période de suivi

Ainsi, l'herbe pâturée constitue une part importante de l'alimentation, excepté durant l'hiver où les brebis sont nourries exclusivement de fourrages conservés et de concentrés. L'ingestion des brebis est en moyenne de 3,48 kg MS/ jour au cours de la période de suivi. Elle n'est pas corrélée de manière significative au pourcentage de fourrages et d'herbe pâturée de la ration (corrélation de Pearson = - 0,2 et 0,2 respectivement). Au cours de l'été 2019, l'ingestion d'herbe pâturée est restée stable avec une moyenne de 2,72 kg MS herbe pâturée/ jour. Ce niveau d'ingestion stable témoigne de la qualité des parcelles réservées aux brebis laitières. Cette valeur est par ailleurs supérieure à celle rapportée par Rondia (2004) qui avoisinait les 2 kg MS/jour au pâturage pour des brebis de race MLB. Cette différence peut également s'expliquer par une meilleure valorisation des fourrages grossiers par la Lacaune.

Un suivi des prairies de fauche a également été réalisé au cours de cet essai. La moyenne des résultats d'estimation de la biomasse des parcelles à partir de 3 quadrats a été calculée. Cette première estimation de la biomasse a été comparée au rendement estimé par l'éleveur qui se base sur la multiplication du poids d'un ballot par le nombre de ballots réalisés sur la parcelle. Ce résultat étant ensuite multiplié par le % MS pour exprimer la biomasse en kg MS/ha. Un lien étroit se dessine entre les deux estimations de la biomasse (figure 10). L'utilisation de quadrats constitue donc une bonne technique d'approximation de la biomasse des prairies pour autant que la relation avec le rendement soit préalablement établie.

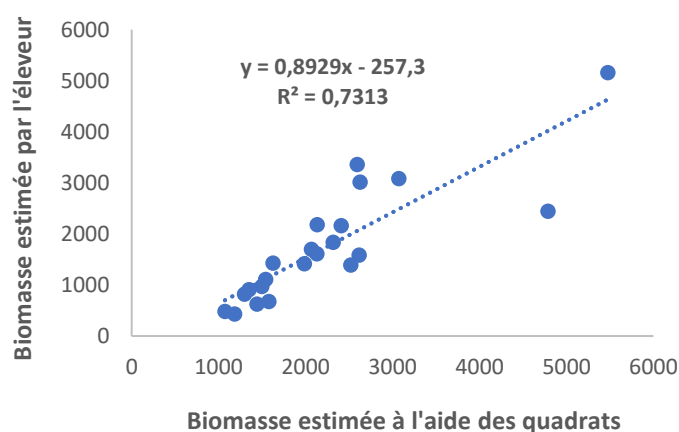


Figure 10 - Relation entre la biomasse estimée à l'aide des quadrats et estimée par l'éleveur (en kg MS/ ha)

Le suivi des prairies a également permis d'apprécier l'évolution de la proportion de graminées et de légumineuses dans les couverts. Ce suivi a eu lieu au cours des mois de mai, juin et juillet 2018. Globalement, une augmentation de la part de légumineuses et une diminution de la part de graminées sont observées suivant l'avancement de la saison (figure 11). Cette tendance est due à des différences physiologiques et morphologiques entre ces espèces. L'optimum de température par exemple est plus élevé pour les légumineuses fourragères que pour les graminées. Par ailleurs les systèmes racinaires de ces espèces sont différents. Les graminées présentent une racine fasciculée avec donc un grand nombre de racines adventives, alors que les légumineuses comme la luzerne, le trèfle violet ou encore le pois présentent une racine pivotante qui permet une exploration du sol plus en profondeur et ainsi une moindre sensibilité au stress hydrique. Ces différences entre graminées et légumineuses mènent à des pics de production décalés qui permettent donc une production fourragère plus stable au cours de l'année (Louarn et al., 2010).

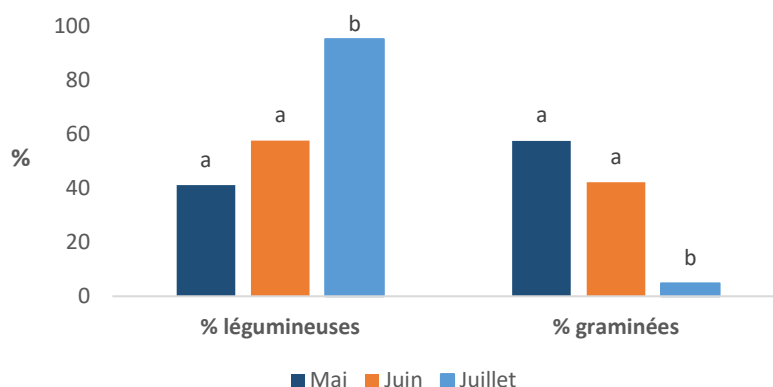


Figure 11 - Evolution de la part de légumineuses et de graminées dans les prairies

Enfin, un suivi de l'évolution de la valeur alimentaire du fourrage au cours du fanage a été mis en place. Les résultats mettent en évidence l'augmentation importante de la teneur en MS du fourrage au cours du séchage. Par ailleurs, le fanage entraîne également une augmentation de la teneur en cellulose du fourrage. Le foin présente par contre des valeurs énergétique (UFL) et protéique (PDIA, PDIN, PDIE) moindres par rapport à l'herbe pâturée qui correspondent en pourcentage à des diminutions de 13, 19, 18 et 16 % respectivement. Enfin, la MPT du foin diminue de 12 % par rapport à celle de l'herbe fraîche (figure 12).

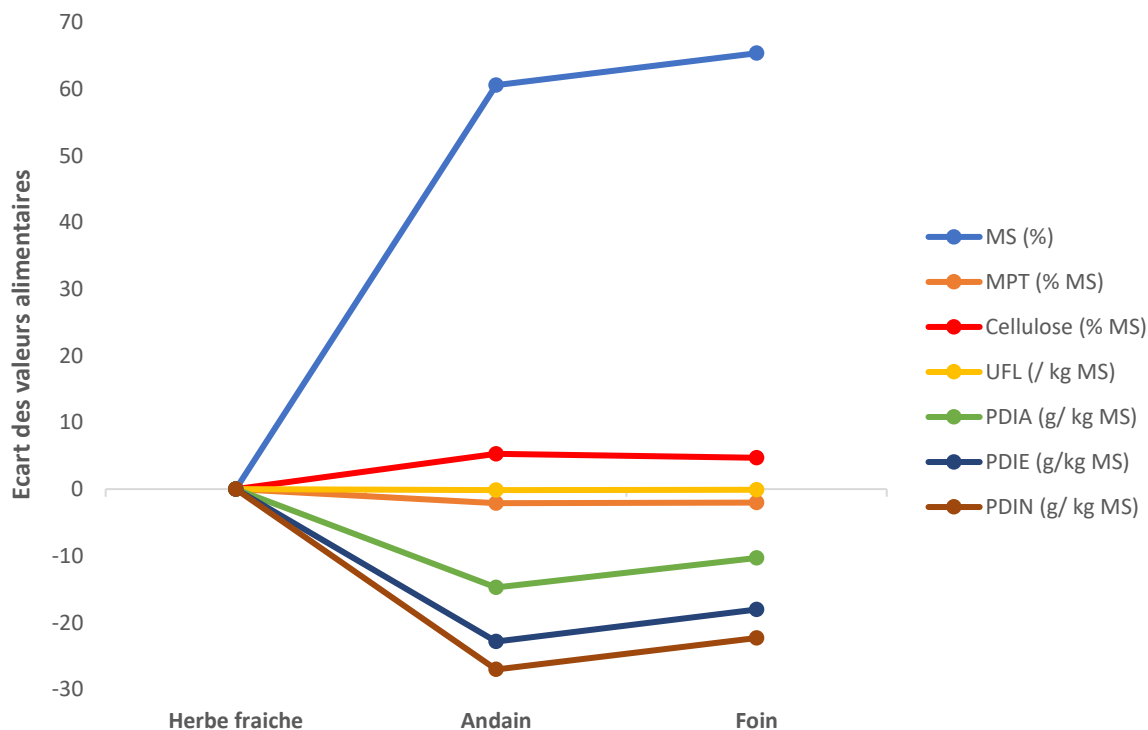


Figure 12 - Evolution de la valeur alimentaire du fourrage au cours du fanage

2.2. Critères de comparaison des rations

Pour apprécier l'effet de la nature du rationnement sur les caractéristiques du lait et du fromage, plusieurs critères ont été retenus :

- Quantités de fourrages et de concentrés dans la ration

La quantité de fourrages, incluant les fourrages frais et conservés, de la ration est susceptible d'influencer les caractéristiques du lait dont notamment le TB. De manière générale, les fourrages constituent la base de l'alimentation des brebis laitières et représentent toujours plus de 55 % de la ration totale. Les concentrés prennent une place plus importante dans la ration uniquement durant l'hiver (de décembre à mars), lorsque les brebis n'ont pas accès au pâturage (figure 13).

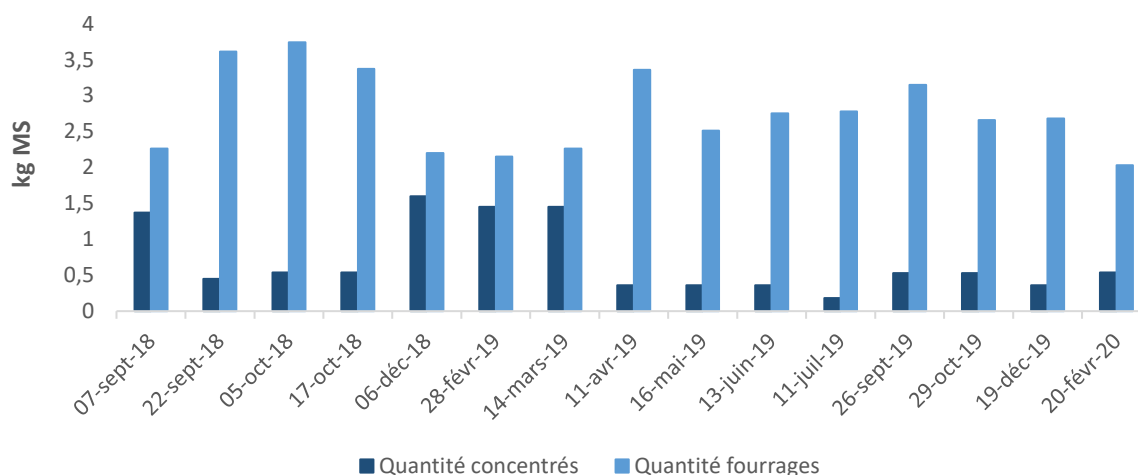


Figure 13 - Quantités de fourrages et de concentrés des rations au cours de la période de suivi

- Part et qualité de l'herbe fraîche dans la ration

La saison de pâturage s'étend d'avril à octobre. Au cours de cette période, le pourcentage d'herbe pâturée dans la ration a fluctué entre 50 et 93 %. La valeur alimentaire de l'herbe a été suivie tout au long de la période de pâturage. Au cours de cette période, la teneur en MPT des parcelles était comprise entre 14 et 27 % de MS. Cette fluctuation s'explique par la variabilité des espèces prairiales retrouvées dans les parcelles. La valeur énergétique de l'herbe est plus stable avec une variation de 0,9 à 1,1 UFL (tableau 6).

Tableau 6 - Valeur alimentaire de l'herbe suivant la période de pâturage

	Espèces implantées		MS %	MPT % MS	CEL % MS	UFL /kg MS
07-sept-18	TV – TB – fléole – RGW		16,54	20,40	20,37	0,92
22-sept-18	TV	J	16,35	21,26	19,26	0,93
	PT longue durée	N	19,16	16,74	23,58	0,90
05-oct-18	Moha – TA	J	15,35	21,00	20,37	1,00
	TV – RGW	N	20	20,00	16,97	1,09
17-oct-18	TV – RGW – TA	J	20	20,00	16,97	1,09
	PT longue durée	N	19,16	16,74	23,58	0,90
11-avr-19	PP		19,09	19,99	19,24	1,04
16-mai-19	PT multigrass		73,01	14,45	22,77	0,91
13-juin-19	PT multigrass		19,27	23,39	24,44	0,95
11-juil-19	PT multigrass		25	17,16	24,49	0,95
26-sept-19	PT multigrass		15,12	16,90	28,04	0,89
29-oct-19	TV – RGH		14,89	27,23	16,95	1,02

J = jour ; N = nuit ; TV = trèfle violet ; TB = trèfle blanc ; RGW = ray-grass de Westerwold ; PT = prairie temporaire ; TA = trèfle d'Alexandrie ; PP = prairie permanente ; RGH = ray-grass hybride

- Type de fourrages conservés

Le type de fourrage conservé peut influencer les caractéristiques du lait. En effet, suivant le mode de conservation des fourrages, les caractéristiques de ce dernier vont varier. Dans le cas de la bergerie des Fauves Laineux, les brebis ont été nourries exclusivement de fourrages fanés (foin essentiellement, sauf un préfané). Sur base du suivi des prairies de fauche, il s'est avéré que cette technique de conservation entraînait une diminution moyenne de la valeur énergétique (en UFL) de 13 % et de la valeur protéique de l'ordre de 18 % pour la valeur PDIN (protéines digestibles dans l'intestin grêle permises par l'azote) (figure 12). Cependant cette perte d'azote est moindre pour les fourrages fanés que pour les ensilages. Enfin, la valeur d'encombrement des foin de bonne qualité diffère peu de celle des fourrages verts qui présentent donc une bonne ingestibilité par les animaux (Baumont et al., 2009).

- Qualité des concentrés

Au cours de la période d'échantillonnage, les brebis ont reçu principalement 4 types de concentrés. Hormis la luzerne déshydratée, les concentrés présentent une teneur en azote assez faible (tableau 7). Cela est dû à la nature des mélanges fermiers utilisés reposant sur des associations céréales – protéagineux.

Tableau 7 - Valeurs énergétique et protéique des concentrés

Type de concentré	UFL (/ kg MS)	MPT (% MS)
Orge	1,07	11
Luzerne déshydratée	0,7	20
Triticale – féverole – pois fourrager	1,16	12
Orge – pois protéagineux	1,07	11

2.3. Autonomie alimentaire

L'autonomie alimentaire est calculée sur base des rations distribuées aux brebis et de la quantité d'herbe pâturée estimée. L'autonomie est exprimée au niveau massique (en kg MS), énergétique (en UFL) et protéique (en MPT).

La figure 14 représente l'autonomie alimentaire massique, protéique et énergétique à chaque passage en ferme. Une diminution importante est observée durant l'hiver 2018 qui s'explique par la sécheresse qui a touché la Belgique durant l'été 2018 et qui a donc entraîné une production moindre de fourrage conservé. Hormis cette diminution, l'autonomie massique de la ferme est élevée. La moyenne sur un an, du 22 septembre 2018 au 26 septembre 2019, est de 87,25 %. Les autonomies protéique et énergétique suivent les mêmes tendances que l'autonomie massique. L'autonomie énergétique moyenne sur un an (87,61 %) est légèrement supérieure à l'autonomie protéique (83,62 %). En effet, les seuls aliments achetés sur l'exploitation pour les brebis laitières sont la luzerne déshydratée en bouchon et le foin de luzerne « brins longs » qui contiennent entre 15 et 20 % MPT et constituent donc des sources intéressantes de protéines.

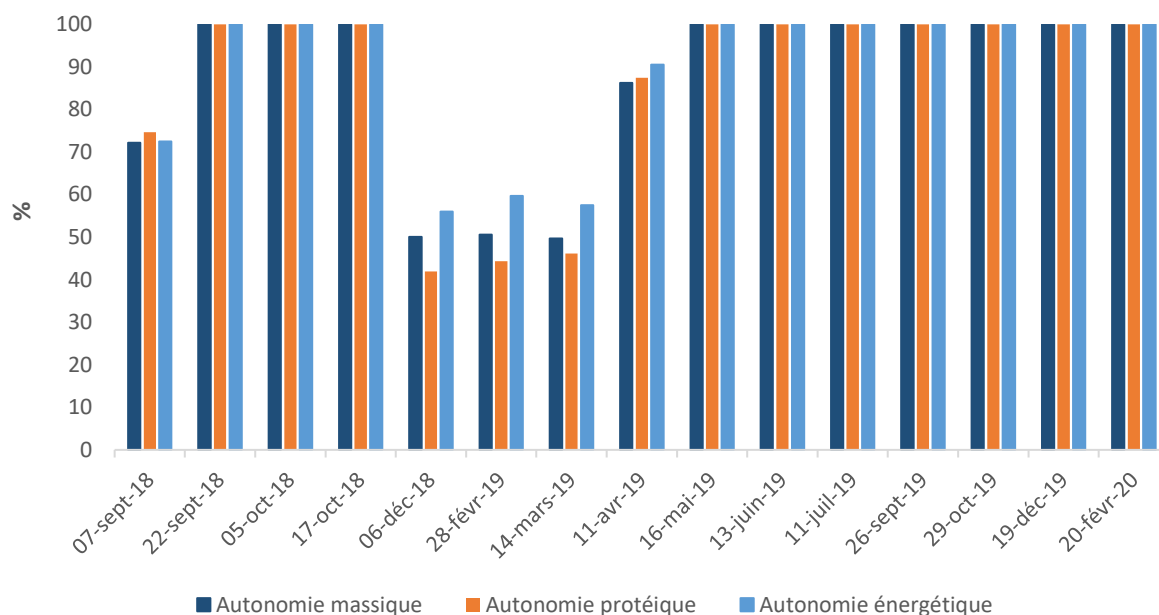


Figure 14 - Evolution de l'autonomie alimentaire massive, protéique et énergétique au cours de la période de suivi

2.4. Efficience alimentaire et place des fourrages dans l'alimentation des brebis laitières

Au cours de la période de suivi, l'efficience alimentaire des brebis a fluctué entre 0,35 et 0,67. Cette recherche d'efficience alimentaire accrue s'inscrit dans la tendance actuelle d'amélioration des performances des animaux. Cependant, les animaux performants sélectionnés tendent à être plus fragiles. De plus, cette démarche ne semble pas tenir compte de la qualité des produits élaborés ainsi que des rejets dans l'environnement liés à l'alimentation des animaux (Sauvant, 2020). A la bergerie des Fauves Laineux, c'est au contraire la recherche d'autonomie alimentaire et la qualité des produits qui priment.

L'herbe représentant la base de l'alimentation des ruminants en agriculture biologique, la détermination de l'apport en protéines, exprimé en MPT, et en énergie, exprimé en UFL, venant des fourrages uniquement (fourrages frais et conservés) constitue donc une information intéressante. La figure 15 illustre l'importance des fourrages dans la ration. Ils sont en effet responsables au minimum de 50 % des apports en protéines de la ration. La même tendance s'observe pour l'apport en énergie des fourrages. Globalement, les fourrages participent de manière un peu plus importante à l'apport en énergie qu'en protéines de la ration. Hormis le foin de luzerne « brins longs », l'ensemble des fourrages est autoproduit. Ils contribuent donc de manière non négligeable à l'autonomie protéique et énergétique de la ration.

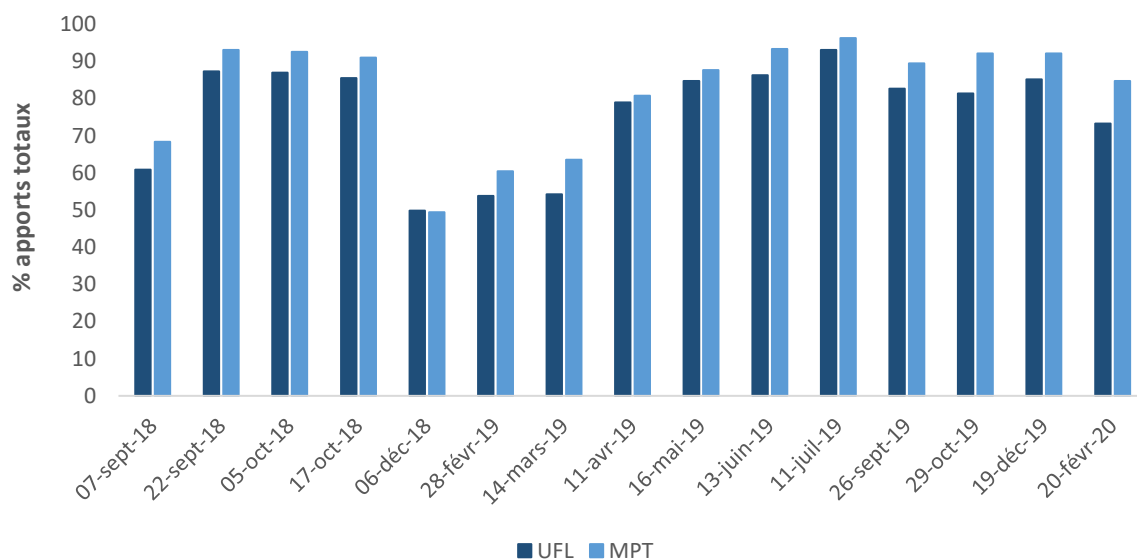


Figure 15 - Apports en protéines et en énergie des fourrages exprimés en pourcentage des apports totaux

3. Qualité du lait

3.1. Taux butyreux et protéique

L'extrait de la matrice de corrélation (tableau 8), réalisée à partir de l'ensemble des données, met en évidence des liens étroits entre le TB, le TP et le stade de lactation (corrélation de Pearson $\geq 0,8$). La PL est également corrélée de manière significative avec le stade de lactation. Par ailleurs, le pourcentage de fourrages dans la ration est positivement corrélé aux TB et TP du lait. Les apports énergétique et protéique de la ration ne sont pas corrélés de manière significative à la teneur en matières utiles du lait, alors qu'ils sont fortement corrélés à la quantité de lait produit.

Tableau 8 - Extrait de la matrice de corrélation entre les taux butyreux et protéique du lait, la production laitière, le stade de lactation et les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration

	% fourrages	% herbe pâturée	Stade lactation	UFL/ jour	MPT/ jour
TB	0,576	0,354	0,861	-0,217	-0,227
	0,025	0,196	< 0,0001	0,437	0,416
TP	0,625	0,388	0,800	-0,025	-0,054
	0,013	0,153	0,000	0,930	0,849
PL	-0,380	-0,079	-0,732	0,712	0,662
	0,163	0,780	0,002	0,003	0,007

Valeurs : corrélation de Pearson

p valeur

Stade de lactation

Les dates d'échantillonnage concordant avec des changements au niveau des pratiques d'alimentation, les données n'ont pas été récoltées à intervalle régulier et ne couvrent donc pas toujours l'entièreté de la période de lactation. La PL, le TB et le TP du lait issu des brebis ayant agnelés en septembre 2018 (graphe du dessus) et en février 2019 (graphe du dessous) sont représentés à la figure 16. Les données sont par contre insuffisantes pour couvrir la période d'agnelage de septembre 2019. La figure 16 met en évidence une augmentation de la PL aux alentours du deuxième mois de lactation suivie d'une diminution progressive. La PL atteint donc une valeur maximale de 2,3 L/jour après 2 mois de lactation pour les deux périodes d'agnelage. Par la suite, la quantité de lait produit décroît. De plus, l'avancement de la lactation coïncide avec une augmentation globale des TP et TB du lait qui atteignent respectivement 7 et 9 % en fin de lactation.

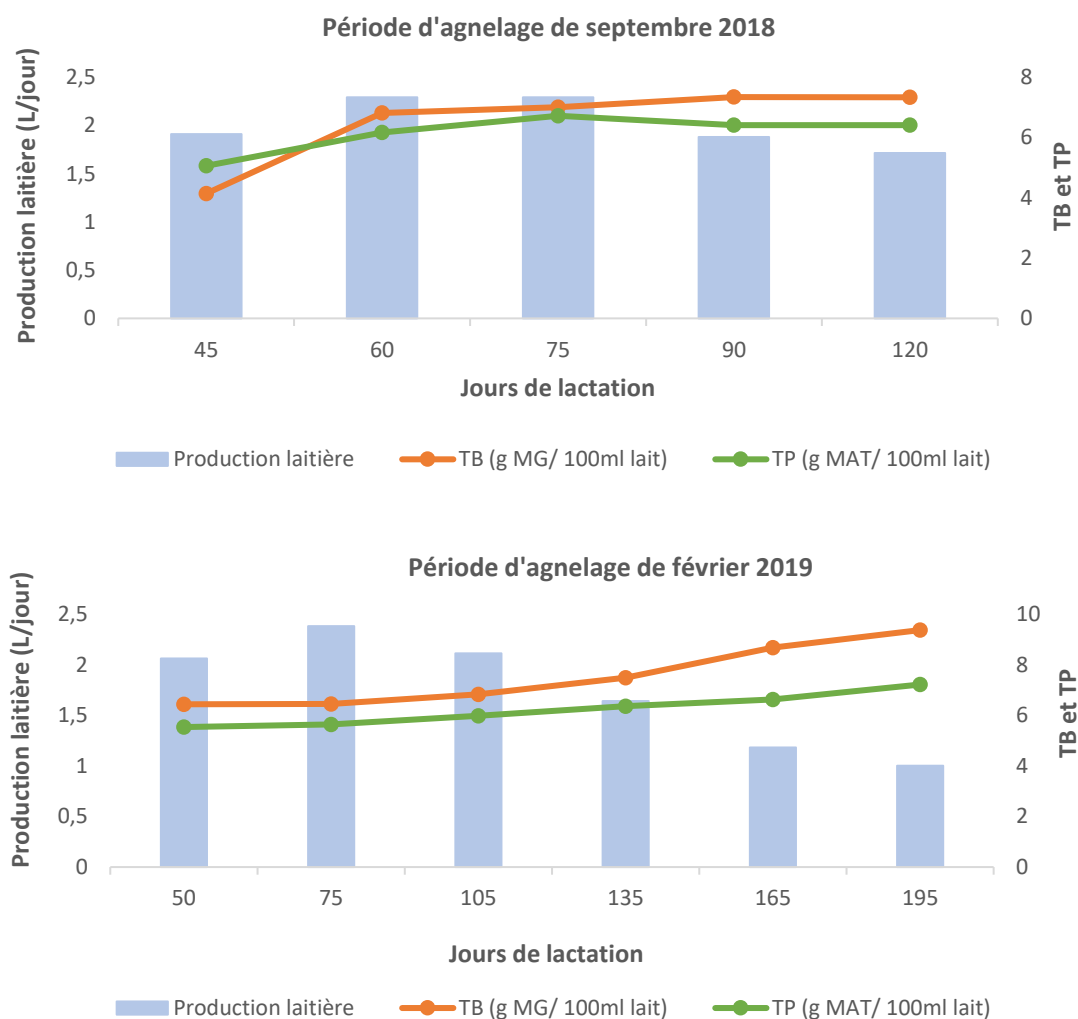


Figure 16 - Evolution de la production laitière et des taux butyreux et protéiques du lait durant la saison de production

En reprenant l'ensemble des données et en considérant trois classes pour le stade de lactation, il apparaît que ce dernier influence de manière significative la teneur en matières utiles du lait, contrairement à la PL. Le TB du lait est significativement plus élevé en fin de lactation. La tendance est moins marquée pour le TP, bien qu'il soit tout de même significativement plus élevé en fin de lactation qu'au début (figure 17).

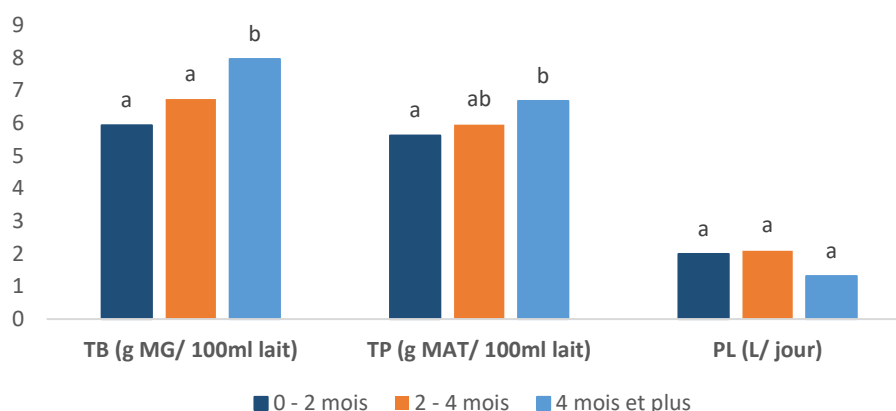


Figure 17 - Effet du stade de lactation sur la production laitière et les taux butyreux et protéique du lait

Proportion de fourrages

Pour expliquer la corrélation positive existant entre la part de fourrages dans la ration et le TB du lait, il est nécessaire de s'intéresser à la digestion ruminale des aliments : la cellulose et l'hémicellulose issues des fourrages sont fermentés en acides gras volatils (AGV) dans le rumen. Parmi ces AGV, on retrouve l'acétate et le butyrate qui sont des précurseurs de la synthèse de certains AG dans la glande mammaire (AG à chaînes courte et moyenne). Ceci explique donc pourquoi l'augmentation de la consommation de fourrages ou encore la diminution du rapport concentrés / fourrages de la ration mène à une augmentation du TB du lait (Rulquin et al., 2007). La corrélation positive existant entre le TP et la proportion de fourrages de la ration pourrait quant à elle être en lien avec le stade de lactation. En effet, le TP du lait augmente avec l'avancée de la lactation (figure 16). Or pour la période d'agnelage de février 2019, la quantité de concentrés distribués est supérieure en début de lactation (figure 13). Ce TP faible en début de lactation est donc couplé à un régime présentant un moindre pourcentage de fourrages. L'interprétation est plus subtile pour la période d'agnelage de septembre 2018. La quantité de concentrés distribués est effectivement supérieure en début (45 jours) et en fin de lactation (120 jours) ce qui explique la forme de la courbe à la figure 16, à savoir un TP faible en début de lactation qui augmente assez fort à partir de 60 jours de lactation en raison de la diminution de concentrés dans la ration. En fin de lactation, le TP se stabilise suite à une part plus importante de concentrés dans la ration.

Apports énergétique et protéique de la ration

Les apports énergétique et protéique de la ration suivent globalement l'évolution de la PL. Les besoins des brebis augmentent en effet en début de lactation. La richesse de la ration évolue positivement en début de lactation et ce jusqu'au pic (60 jours), avant d'observer une baisse des apports.

Ces apports énergétique et protéique ne sont par contre pas corrélés de manière significative aux TB et TP du lait. En effet, la ration est très énergétique et riche en protéines au moment du pic de lactation qui a lieu après environ 60 jours voire un peu après le pic, alors que les TB et TP du lait atteignent leur maximum en fin de lactation (figure 16).

3.2. Profil en acide gras du lait

Le profil en AG du lait varie au cours de la période d'échantillonnage. Un extrait de la matrice de corrélation de l'ensemble des données reprend le profil en AG du lait, le stade de lactation des brebis ainsi que les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée dans la ration (tableau 9). Il en ressort que le stade de lactation est peu corrélé aux AG présents dans le lait, hormis pour les teneurs en AGPI et en acide linoléique. Il semble donc que l'alimentation des brebis soit le facteur déterminant pour le profil en AG du lait. Cependant, la faible corrélation observée entre le profil en AG et le stade de lactation peut être due au fait que les échantillons de lait ont toujours été récoltés à partir de 45 à 50 jours de lactation. Ce moment correspond au sevrage des agneaux et au début de la traite des brebis. Les données du début de lactation sont donc manquantes alors qu'elles pourraient présenter un profil en AG différent en raison de la balance énergétique négative des brebis en début de lactation.

Tableau 9 - Extrait de la matrice de corrélation entre les acides gras du lait, le stade de lactation et les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration

	% fourrages	% herbe pâturée	Stade de lactation
C14	-0,245 0,379	-0,604 0,017	0,319 0,247
C16	-0,640 0,010	-0,704 0,003	-0,187 0,504
C18	0,716 0,003	0,801 0,000	0,289 0,296
C18:1 trans11	0,403 0,136	0,782 0,001	-0,133 0,637
C18:1 cis9	0,539 0,038	0,540 0,038	0,235 0,399
C18:2 c9c12	-0,887 < 0,0001	-0,638 0,010	-0,618 0,014
C18:3 c9c12c15	-0,739 0,002	-0,870 < 0,0001	-0,317 0,250
CLA c9t11	0,543 0,037	0,881 < 0,0001	0,034 0,905
AGS	-0,523 0,046	-0,707 0,003	-0,107 0,705
AGMI	0,600 0,018	0,719 0,003	0,188 0,503
AGPI	-0,632 0,011	-0,266 0,337	-0,559 0,030
AG trans	0,410 0,129	0,788 0,000	-0,120 0,670
C18:2 c9c12/ c18:3 c9c12c15	0,013 0,962	0,521 0,046	-0,289 0,295
C18:0/ C18:1 cis	0,778 0,001	0,919 < 0,0001	0,235 0,398
C6 à C10	-0,439 0,102	-0,422 0,117	-0,472 0,076
C12 à C14	-0,355 0,194	-0,649 0,009	0,177 0,528
C16 et plus	0,419 0,120	0,608 0,016	0,106 0,707

Valeurs : corrélation de Pearson

p valeur

Pourcentage d'herbe pâturée et de fourrages dans la ration

Tout d'abord, l'analyse du profil en AG du lait permet aisément de discriminer les laits venant de brebis ayant accès au pâturage (% herbe pâturée > 0) des autres laits (% herbe pâturée = 0). En effet, les laits issus d'un régime avec pâturage présentent un contenu supérieur en C18:0, C18:1 trans11, AGMI, AG trans ainsi qu'en CLA, et un contenu inférieur en C14, C16, en AGS et également en C18:2 c9t12 et C18:3 c9c12c15. La teneur totale en AGPI du lait issu de brebis ayant accès au pâturage n'est par contre pas significativement différente de celle des brebis nourries exclusivement de fourrages conservés et de concentrés, tout comme la teneur en C18:1 cis9 et le rapport oméga 6/ oméga3 (figure 18). L'accès ou non des brebis au pâturage entraîne également une modification de la distribution des AG à chaîne courte, moyenne et longue dans le lait. La figure 18 met en effet en évidence une diminution de la teneur en AG à chaîne moyenne et une augmentation de la teneur en AG à chaîne longue dans le lait issu de brebis ayant accès au pâturage. Pour comprendre ces tendances il faut retracer l'origine des AG dans le lait. D'une part, la glande mammaire synthétise des AG à chaîne courte et moyenne (C4 à C16) à partir d'acétate et de butyrate qui sont issus de la digestion ruminale des glucides. La production d'acétate, issu de la digestion de la cellulose et de l'hémicellulose, est favorisée par des rations riches en fourrages alors que la production de butyrate est favorisée par des rations riches en sucres solubles. Dans le cas des laits de brebis analysés, ce sont les laits issus d'un régime sans pâturage qui contiennent une teneur significativement supérieure en AG à chaîne moyenne. Ceci s'explique vraisemblablement par la teneur supérieure en cellulose des fourrages conservés par rapport à l'herbe pâturée (figure 12). D'autre part, les AG du lait peuvent être prélevés dans la circulation sanguine (C16 et plus). Ils sont issus soit de l'absorption d'AG de la ration soit de la mobilisation du tissu adipeux. Les AG principaux du tissu adipeux sont le C16, C18:0 et C18:1 cis9. L'augmentation d'AG à chaîne longue observée dans le lait de brebis au pâturage pourrait donc s'expliquer par une augmentation de l'absorption intestinale et/ou de la mobilisation du tissu adipeux (Cuvelier et al., 2005; Enjalbert & Meynadier, 2016). Par ailleurs, le lait de brebis est reconnu pour sa teneur élevée en AG à chaîne courte. La teneur moyenne est ici de 15 % ce qui est légèrement supérieur à la teneur rapportée par Raynal-Ljutovac et al. (2008) qui était de 12 %.

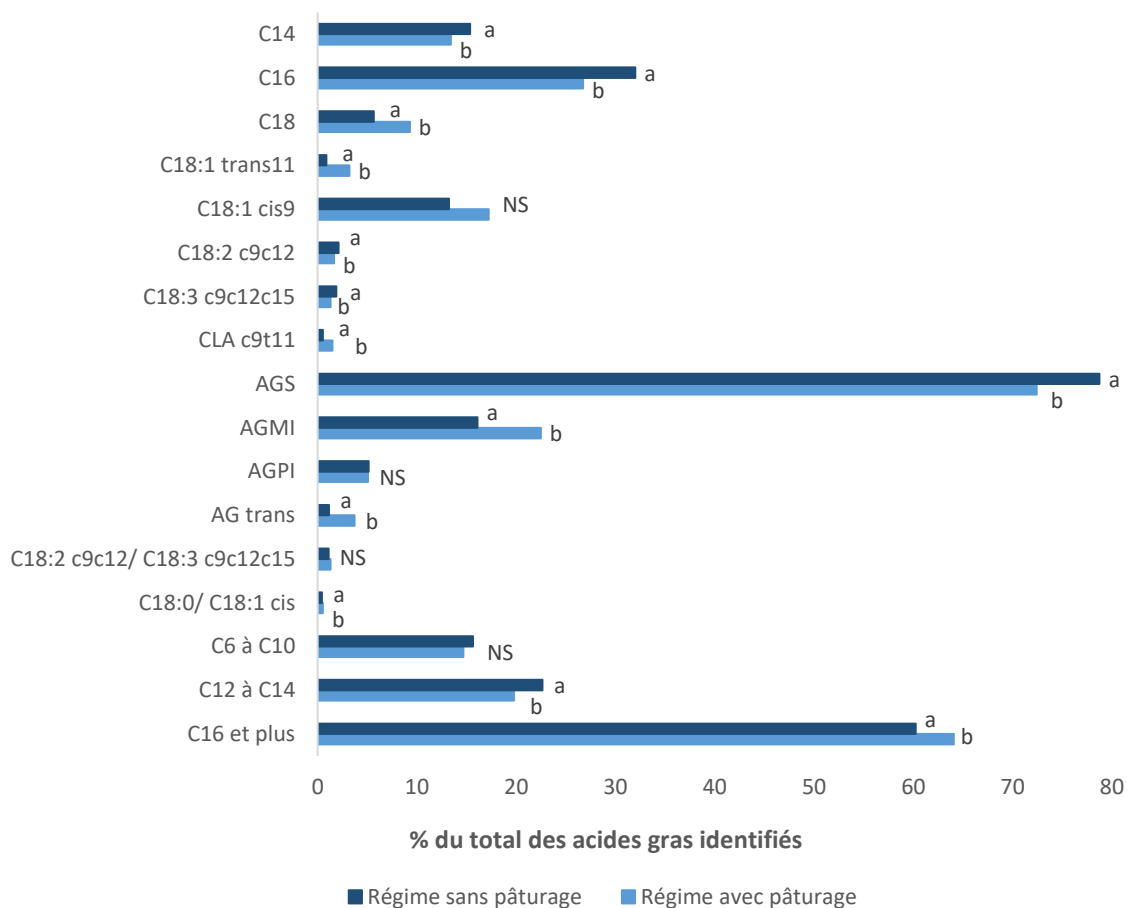


Figure 18 - Comparaison des profils en acide gras des laits issus d'un régime avec et sans pâturage

Un accès des brebis au pâturage entraîne une augmentation de la teneur en CLA du lait (figure 19). La teneur moyenne en CLA c9t11 est en effet de $0,53 \pm 0,05$ % AGT en absence de pâturage alors qu'elle atteint $1,48 \pm 0,2$ % AGT en présence de pâturage. Cette teneur moyenne est supérieure à celle rapportée par Revilla et al. qui était en moyenne de $0,65$ g CLA/ 100 g AG pour 179 échantillons de lait issus de brebis nourries avec des rations présentant 0 à 30 % en MS d'herbe pâturée ou un pourcentage de fourrages allant de 45 à 85 %. Par ailleurs, le CLA étant majoritairement formé par désaturation de l'acide vaccénique (C18:1 t11), il est normal d'observer un lien fort au niveau des teneurs de ces deux AG dans le lait de brebis (Chilliard et al., 2007).

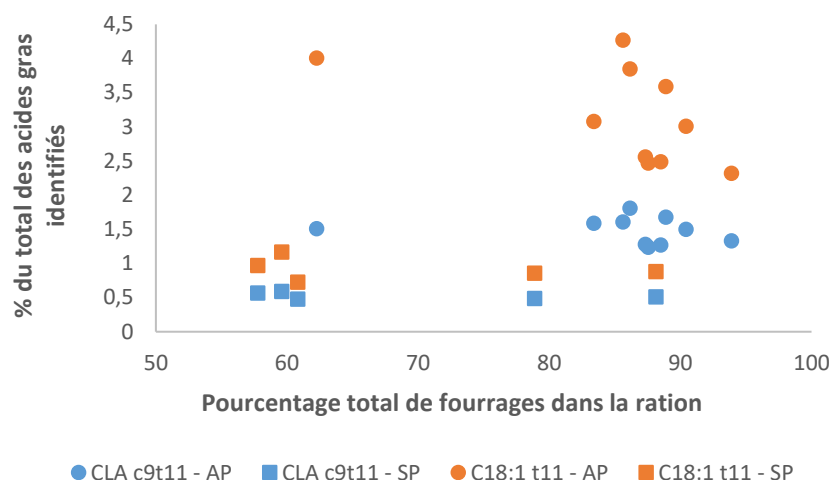


Figure 19 - Relation entre le pourcentage total de fourrages dans la ration et la teneur en CLA c9t11 et C18:1 t11 du lait (AP : avec pâturage, SP : sans pâturage)

Par ailleurs, l'augmentation du pourcentage total de fourrages dans la ration entraîne une diminution de la teneur en acides linoléique et α -linoléique du lait. La même tendance s'observe avec le pourcentage d'herbe pâturée bien qu'elle soit moins marquée pour l'acide linoléique (figure 20). L'herbe est pourtant reconnue pour sa richesse en oméga 3. Cependant, le contenu en oméga 3 de l'herbe dépend de son stade de maturité. Plus elle est jeune et feuillue, plus elle est riche en oméga 3. Chez la vache, une diminution de la teneur en oméga 3 du lait suite à plusieurs semaines de pâturage sur une même parcelle a déjà été observée (Ferlay et al., 2006). Comme mentionné par Doreau et al. en 2005, la faible teneur en AGPI du lait peut également s'expliquer par l'hydrogénation ruminale importante des acides linoléique et α -linoléique en AGMI transformés ensuite en acide stéarique C18:0. Cette hydrogénation pourrait être renforcée dans le cas de l'herbe pâturée étant donné que les lipases des fourrages s'ajoutent aux lipases des microorganismes du rumen, ce qui a pour conséquence d'augmenter la disponibilité des AG. Le principal facteur limitant l'hydrogénation ruminale est un faible pH qui est atteint uniquement avec des rations riches en concentrés (Doreau & Ferlay, 1994). Par ailleurs, les teneurs moyennes en acide linoléique mesurées dans les laits de la bergerie des Fauves Laineux en présence ($1,67 \pm 0,34$ % AGT) et en absence de pâturage ($2,09 \pm 0,35$ % AGT) sont inférieures à celle rapportée par Lurueña-Martínez et al. ($2,65 \pm 0,81$ g/ 100g AG), alors que les teneurs moyennes en acide α -linoléique en présence ($1,30 \pm 0,28$ % AGT) et en absence de pâturage ($1,90 \pm 0,23$ % AGT) sont supérieures à celle de la littérature ($0,54 \pm 0,28$ g/ 100g AG) où les brebis étaient nourries avec un concentré commercial composé de 18 % pulpe de betterave, 26 % de luzerne, 22 % d'orge, 12 % de maïs, 12 % de soja et enfin 10 % de coton.

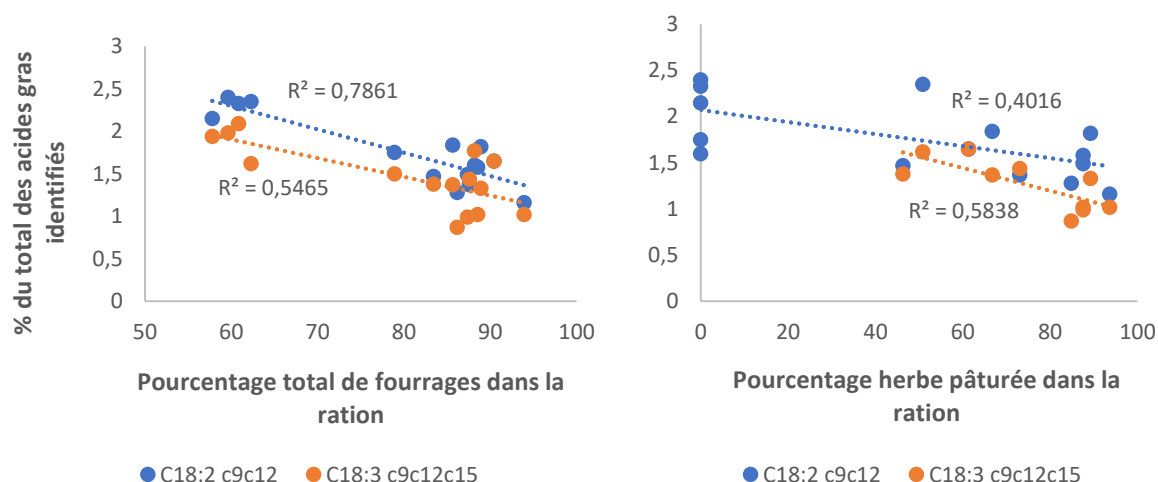


Figure 20 - Relation entre le pourcentage total de fourrages de la ration, le pourcentage d'herbe pâturée de la ration et les teneurs en acides linoléique et α -linoléique du lait

Le rapport oméga 6/ oméga 3 du lait, qui est en moyenne de 1,2 pour les 15 échantillons, est positivement corrélé au pourcentage d'herbe pâturée de la ration (tableau 9). Cette relation positive est en lien avec la figure 20 où on observe une diminution plus importante de la teneur en oméga 3 qu'en oméga 6 du lait suite à l'augmentation de la consommation de d'herbe pâturée. Ce rapport est par ailleurs bien inférieur à celui mentionné dans l'étude de Lureña-Martínez et al. (2010), à savoir 4,9. Le lait de brebis de la bergerie des Fauves Laineux présente donc un meilleur équilibre oméga 6 – oméga 3, sachant que le rapport optimal se situe entre 0 et 4 selon Simopoulos (2002).

Enfin, le rapport C18:0/ C18:1 cis du lait est un indicateur de l'activité de la delta9-désaturase dans la glande mammaire, un rapport plus faible reflétant une augmentation de l'activité de cette enzyme. Le tableau 9 montre une forte corrélation entre ce rapport et le pourcentage d'herbe pâturée de la ration (corrélation de Pearson > 0,9), ce qui signifie donc qu'une augmentation du pâturage entraîne une diminution de l'activité de cette enzyme. Par ailleurs, une corrélation négative existe entre ce rapport et la teneur en acides linoléique et α -linoléique du lait. L'activité de la delta9-désaturase diminue donc lorsque la teneur en ces deux AG diminue dans le lait. Cette observation va dans le sens inverse des observations rapportées par Rondia en 2004.

Stade de lactation

Une corrélation négative existe entre le stade de lactation et la teneur en AGPI du lait. Cette corrélation est en lien avec l'alimentation des brebis. En effet, en début de lactation, la part de fourrage dans la ration est globalement moindre alors qu'elle augmente avec l'avancement de la lactation. Ceci se traduit donc par une teneur élevée en AGPI dans le lait en début de lactation, suivi d'une diminution pour atteindre une teneur faible en fin de lactation. C'est

particulièrement vrai pour la période d'agnelage de février 2019. Alors que pour la période d'agnelage de septembre 2018, la fin de la lactation ayant lieu en hiver, la part de fourrage dans la ration rediminue alors que la teneur en AGPI du lait, elle, réaugmente. La même tendance est observée pour le contenu en acide linoléique du lait.

3.2.1. Prédiction du profil en acide gras par spectrométrie moyen infrarouge

La comparaison du profil en AG obtenu par la méthode de référence (GC) et les valeurs prédites par le spectromètre MIR montre que, pour la grande majorité des AG, la valeur prédite s'écarte significativement de la valeur de référence. Seules les prédictions MIR des teneurs en AGS et AGMI concordent avec la méthode de référence (figure 21).

Toutefois, il existe une relation étroite entre les prédictions MIR et les valeurs de référence, notamment pour les AG C6, C8, C10, C12, tot C18:1 trans, C18:1 c9 et enfin AGS et AGMI ($R^2 \geq 0,7$).

En dépit des relations existantes, les équations de calibration des laits de vache ne sont pas adaptées aux laits de brebis. Ces résultats permettent donc de conclure à la nécessité de développer des équations de calibration spécifiques aux ovins si une demande se fait jour.

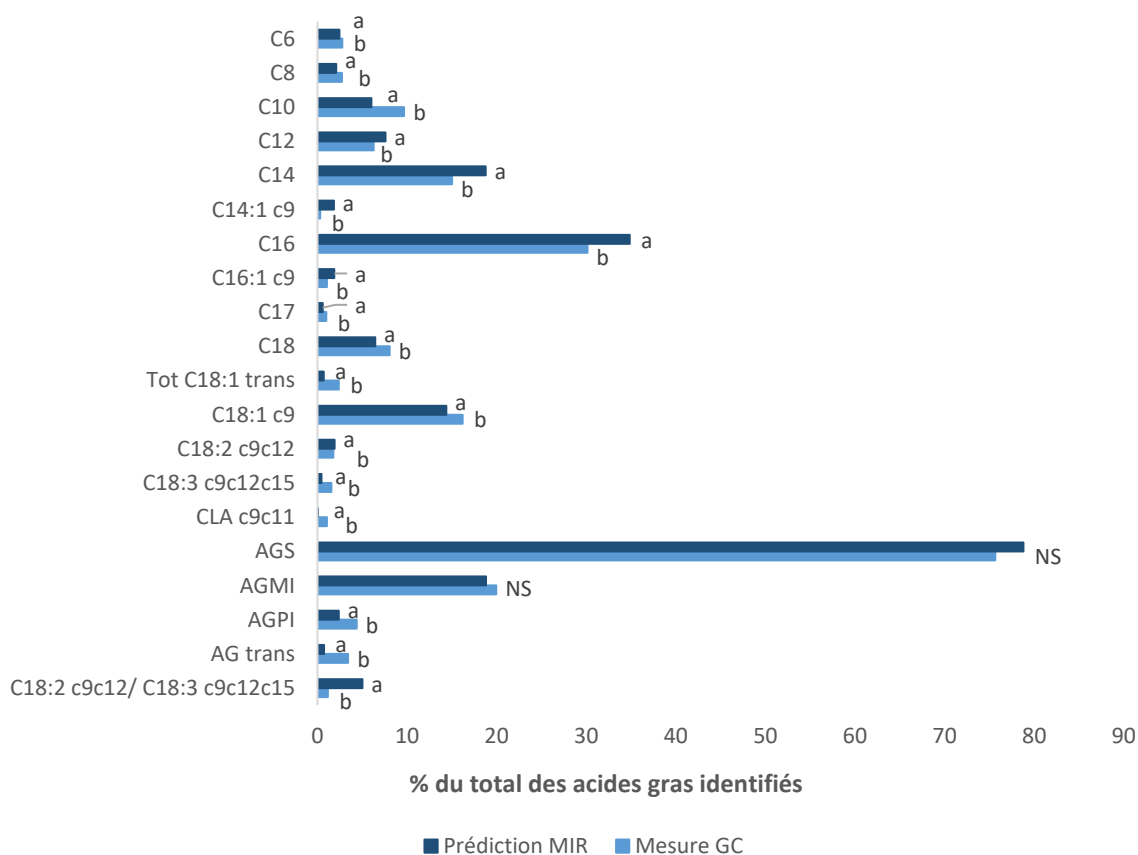


Figure 21 - Comparaison du profil en acide gras du lait mesuré par chromatographie gazeuse et prédit par spectrométrie moyen infrarouge

3.3. Vitamines E et B12

L'extrait de la matrice de corrélation établie montre une très forte corrélation entre la teneur en vitamine E du lait et la proportion de fourrages ainsi que d'herbe pâturée dans la ration (corrélation de Pearson > 0,7). La teneur en vitamine B12 du lait n'est quant à elle pas corrélée aux caractéristiques de la ration (tableau 10).

Tableau 10 - Extrait de la matrice de corrélation entre la teneur en vitamines E et B12 du lait et les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration

	% fourrages	% herbe pâturée
Vitamine E (mg/ 100g lait)	0,788 0,001	0,749 0,002
Vitamine B12 (µg/ 100g lait)	-0,230 0,429	-0,093 0,753

Valeurs : corrélation de Pearson

p valeur

Pourcentage d'herbe pâturée et de fourrages de la ration

La teneur moyenne en vitamine E des laits issus de brebis ayant accès au pâturage ($0,11 \pm 0,04$ mg/ 100g lait) s'est avérée supérieure à celle des laits des brebis n'y ayant pas accès ($0,055 \pm 0,02$ mg/ 100g lait). L'absence de différence significative entre ces deux valeurs s'explique vraisemblablement par le faible nombre de données disponibles (p valeur = 0,069 pour 14 donnés). Le tableau 10 montre en effet une corrélation positive entre la teneur en vitamine E du lait et le pourcentage d'herbe pâturée de la ration. La teneur en vitamine E du lait est directement liée à l'ingestion de cette vitamine par l'animal. L'herbe verte étant connue pour sa richesse en vitamine E, l'accès des brebis au pâturage impacte donc positivement son contenu dans le lait. Les fourrages conservés, et particulièrement le foin, présentent quant à eux une teneur bien moindre en vitamine E (Martin et al., 2009). Ce composé disparaît en effet au cours du séchage et sa dégradation est proportionnelle au degré d'exposition à la lumière (Agabriel et al., 2007). Remarquons que la teneur moyenne en vitamine E mesurée pour les laits issus d'un régime alimentaire avec pâturage est très proche de celle observée par Revilla et al. (2017) (0,099 mg/100g lait) qui correspondait à la moyenne de 179 échantillons de lait de brebis nourries soit avec 0 à 30 % d'herbe pâturée soit avec un pourcentage de fourrages allant de 45 à 85 %.

La teneur en vitamine B12 du lait s'est avérée variable suivant les échantillons et a fluctué entre 0,08 et 0,39 µg/ 100g lait. Ces fluctuations ne semblent cependant pas être en lien avec la saison ni avec le régime alimentaire des animaux. Dans la littérature, il apparaît qu'une modification de la part de fourrages de la ration est responsable d'une altération de l'activité microbienne au niveau du rumen qui pourrait donc mener à une modification de la synthèse

de vitamines par ces bactéries. Une étude ancienne menée sur le lait de brebis avait mis en évidence une diminution de production de la forme active de la vitamine B12 au niveau du rumen lorsque le rapport fourrages / concentrés passait de 70:30 à 40:60 (Sutton & Elliot, 1972). Une étude récente réalisée sur des vaches laitières, recevant des rations avec des pourcentages de fourrage de 45 et 61 % n'a par contre pas montré d'augmentation apparente de la synthèse ruminale de vitamine B12 (Seck et al., 2017). Dans le cas de cet essai, le pourcentage de fourrages de la ration est toujours relativement élevé ($\geq 57\%$) ce qui peut expliquer l'absence de relation entre ce paramètre et la teneur en vitamine B12 du lait. En comparant avec la littérature, il s'avère que les teneurs en vitamine B12 mesurées dans le cadre de cet essai sont bien inférieures à la valeur rapportée par Raynal-Ljutovac et al. (2008) ($0,51 \mu\text{g}/100\text{g}$ lait). Cette valeur étant tirée d'une communication personnelle de Paccard & Lagriffoul (2006), la ration correspondant à cette teneur en vitamine n'est pas disponible. Balthazar et al. (2007) mentionnent un contenu de $0,65 \pm 0,05 \mu\text{g}/100\text{g}$ lait, mais à nouveau l'alimentation distribuée aux animaux n'est pas mentionnée.

3.4. Rendement fromager

Le rendement fromager est significativement corrélé au stade de lactation ainsi qu'aux teneurs en matières utiles du lait. Par contre, il n'y a pas de corrélation significative entre le rendement fromager et l'alimentation des brebis (tableau 11).

Tableau 11 - Extrait de la matrice de corrélation entre le rendement fromager, le stade de lactation des brebis, les taux butyreux et protéique du lait et les pourcentages de fourrages et d'herbe pâturée de la ration

	% fourrages	% herbe pâturée	TB	TP	Stade lactation
Rendement fromager	0,584 0,099	0,564 0,114	0,800 0,010	0,827 0,006	0,717 0,030

Valeurs : corrélation de Pearson
p valeur

TB, TP et stade de lactation

La relation positive qui existe entre le rendement fromager et les TB et TP du lait concorde avec les observations de Attari et Pazzola et al. (2019), qui sont issues respectivement d'études sur des laits de vache et de chèvre. Le rendement fromager du lait de brebis est donc fortement dépendant des TB et TP du lait.

Le rendement fromager est par ailleurs fortement corrélé au stade de lactation des brebis, ce dernier étant lui-même fortement corrélé aux TB et TP du lait (corrélation de Pearson $> 0,8$) (tableau 8). Il est donc logique d'observer un lien fort entre le rendement fromager et le stade

de lactation qui constitue l'un des principaux déterminants de la teneur en matières utiles du lait.

Pourcentage de fourrages

Bien qu'elle ne soit pas significative, une corrélation positive se dessine entre le rendement fromager et le pourcentage de fourrages, ainsi que d'herbe pâturée, de la ration. Cette tendance est en lien avec la corrélation positive qui existe entre le pourcentage de fourrages de la ration et les TB et TP du lait (tableau 8). Une ration plus riche en fourrages conduit à un lait plus riche en matières utiles et ainsi à un meilleur rendement fromager.

3.4.1. Estimation du rendement fromager

La figure 22 présente la relation qui existe entre le rendement fromager mesuré par l'éleveur et exprimé en % de fromage frais, et le rendement théorique calculé sur base d'une équation empirique développée à partir d'un caillé de laboratoire (Rondia, communication personnelle). Une relation forte se dessine entre le rendement réel et le rendement théorique ($R^2 = 0,64$). L'équation empirique étant basée sur le TB du lait, cela confirme donc son impact sur le rendement fromager (tableau 11).

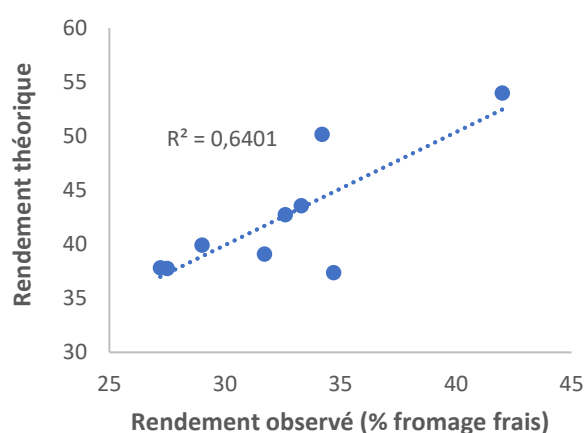


Figure 22 - Relation entre le rendement fromager observé et théorique

4. Qualité du fromage

4.1. Profil en acide gras du fromage frais

Les résultats obtenus montrent que le processus de transformation du lait tel que pratiqué par la bergerie des Fauves Laineux n'altère pas le profil en AG. Il n'y a en effet pas de différence significative observée entre le profil en AG des fromages frais et des laits dont ils sont issus (figure 23). Le fromage conserve donc le profil en AG du lait qui est modulé principalement par l'alimentation des animaux.

Ces résultats concordent avec ceux de Raynal-Ljutovac et al. (2008) qui ont comparé le profil en AG de fromages de Roquefort et d'Ossau-Iraty avec les laits correspondants. Ils n'avaient également pas observé de différences au niveau des pourcentages des différents AG présents.

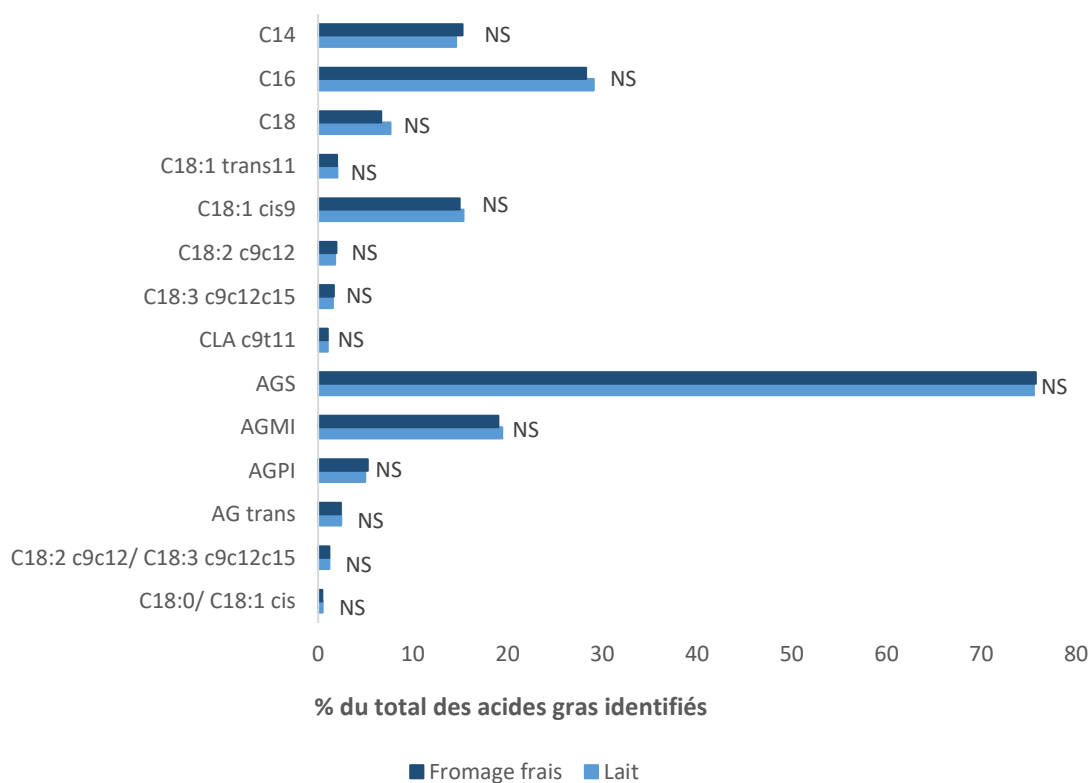


Figure 23 - Profil en acide gras des fromages frais et des laits dont ils sont issus

IV. Discussion générale

Les émissions de GES en élevage de ruminants ont différentes origines : directes (produites sur site) et indirectes (produites en amont). La fermentation entérique des animaux est le principal poste émetteur. Des études réalisées sur vaches laitières ont mis en évidence une hausse de la production de méthane entérique avec des rations plus riches en fibres. Une proportion plus importante de concentrés dans la ration constituerait une voie de diminution de la production de méthane entérique mais cela va à l'encontre du principe d'autonomie alimentaire (Dumortier et al., 2013). En outre, il ne faut pas négliger les bénéfices apportés par une ration riche en fourrages sur la qualité du lait. Une complémentation de la ration des brebis avec des graines riches en acides gras oméga 3 peut concilier ces deux objectifs pour autant qu'elles soient disponibles en agriculture biologique. Ce type de complémentation aurait pour avantage d'améliorer la qualité du lait, avec notamment une teneur supérieure en CLA et en acide α -linolénique du lait (Rondia, 2004), tout en favorisant une diminution des émissions de méthane, comme observé en vaches laitières (Focant et al., 2017).

Outre les animaux, le sol est également responsable d'une part des émissions de GES. Elles résultent principalement de l'épandage des engrais de ferme sur les sols cultivés et les prairies qui entraîne la production de protoxyde d'azote et d'ammoniac. Différentes mesures peuvent être adoptées pour diminuer ces émissions. Lors de l'épandage des engrais de ferme, l'incorporation immédiate permet de diminuer de 90 % les émissions d'ammoniac (EMEP/EEA, 2009). Cependant, cet enfouissement des engrais de ferme peut mener à une augmentation des émissions de protoxyde d'azote (Pacaud & Pradel, 2010).

Tendre vers davantage d'autonomie alimentaire à l'échelle de l'exploitation constitue également une voie d'amélioration du bilan de GES de l'exploitation. Les émissions liées aux aliments achetés incluent les émissions au cours de la production mais également lors du transport. A la bergerie des Fauves Laineux, les agneaux sont nourris avec un aliment complémentaire produit en Belgique. Pour aller plus loin dans la maîtrise des émissions de GES, différentes pistes sont envisageables. La finition des agneaux à l'herbe constitue une piste de diminution de consommation de concentrés. Ce type de finition requiert cependant une grande disponibilité en herbe parfois difficile à assurer en raison des sécheresses de plus en plus fréquentes (Pottier et al., 2009). Une autre piste consisterait à nourrir les agneaux avec des céréales autoproduites ou achetées localement. Un essai réalisé à la bergerie des Fauves Laineux en 2005 avait comparé les performances d'agneaux de bergerie nourris différemment. Le premier lot recevait un concentré commercial alors que le second était nourri avec 70 % d'orge (autoproduit) et 30 % d'un complément minéral azoté acheté. Les 2 lots avaient permis l'obtention de carcasses d'excellente qualité, et les agneaux nourris avec l'orge autoproduit avaient même montré une vitesse de croissance et un rendement d'abattage supérieurs. Ces résultats sont cependant à nuancer car les agneaux étaient déjà

âgés de 2,5 mois lorsque l'essai a commencé (Vandiest & Delmotte, 2005). D'autres études sont donc nécessaires pour confirmer l'effet positif des céréales pour l'engraissement des agneaux.

Il est également possible en élevage de compenser les émissions de GES via la séquestration de carbone des prairies. L'application de l'outil DECiDE à la bergerie des Fauves Laineux a montré que la compensation des émissions de GES par le stockage de carbone ne s'élevait qu'à 5 %. Pour renforcer ce stockage de carbone, les éleveurs pourraient notamment opter pour l'implantation de haies entre les différentes parcelles comme suggéré par Béchu et al. (2014).

En plus de la réalisation du bilan environnemental, cet essai a été mis en place pour répondre au souhait des éleveurs de la bergerie des Fauves Laineux d'objectiver l'impact de la qualité des fourrages et concentrés autoproduits sur la qualité des laits et fromages qu'ils produisent. L'analyse de la qualité du lait au cours de la saison a permis de mettre en évidence un lien étroit entre l'augmentation de la proportion de fourrages de la ration et l'augmentation de la teneur en CLA c9t11, composé bénéfique pour la santé en raison de son activité anticancer démontrée chez les rongeurs et supposée chez l'homme, en vitamine E, composé connu pour son action antioxydante, et enfin en matières utiles du lait. Les fourrages étant autoproduits presque dans leur totalité, l'autonomie alimentaire de l'exploitation renforce donc la qualité nutritionnelle des laits de la bergerie. Toutefois, l'augmentation du pourcentage de fourrages dans la ration s'est montré négativement corrélé à la teneur en acides linoléique et α -linoléique, en raison probablement d'une augmentation de l'hydrogénation ruminale lors de l'ingestion d'herbe pâturée.

V. Conclusions et perspectives

L'étude a permis d'adapter l'outil DECiDE à la spéculation ovine (tant en viande qu'en lait). Son application à la bergerie des Fauves Laineux a fourni un premier bilan environnemental se focalisant sur les émissions de GES. Avec une seule exploitation audité et en l'absence d'autres points de comparaison, il est difficile de commenter les résultats obtenus. Toutefois, à l'issue de ce bilan, certaines pistes d'amélioration ont été envisagées en vue de contenir les émissions de GES. L'autonomie alimentaire peut constituer un levier d'action. L'empreinte écologique des aliments autoproduits est en effet bien moindre que celle des aliments achetés dans le commerce (prise en compte des GES émis pour la fabrication et le transport des concentrés). Toutefois, cela est contrebalancé en partie par la valorisation importante des fourrages dans la ration qui rend l'exploitation suivie plus vulnérable sur ce point (prise en compte des GES émis par les animaux). L'outil DECiDE adapté aux ovins sera à l'avenir appliqué à d'autres exploitations ovines dans le but de créer une base de données qui permettra de comparer les bilans environnementaux de différentes exploitations. Ces comparaisons vont donner davantage de sens aux émissions calculées et permettront par ailleurs de comparer différents systèmes de production en élevage ovin.

A la bergerie des Fauves Laineux, les fourrages (en vert ou conservés) constituent l'ingrédient de base de toutes les rations distribuées aux brebis laitières. Par conséquent, les différences qui se marquent sur la qualité du lait proviennent davantage de la nature de l'herbe ingérée (pâturage vs foin) plutôt que de la proportion fourrages / concentrés de la ration. Le profil en AG du lait est globalement meilleur au pâturage, excepté pour les acides linoléique et α -linoléique qui présentent des teneurs plus élevées avec les fourrages conservés. Une tendance à un enrichissement de vitamine E se marque également pour les laits produits au pâturage. Quant aux analyses initialement prévues de la teneur en équol des laits, elles n'ont pas pu être réalisées dans les temps en raison de l'épidémie de COVID-19. Le dosage de ce composé va permettre de vérifier si la consommation de légumineuses par les brebis influence positivement la teneur en ce métabolite microbien dans le lait. Si c'est le cas, la période estivale devrait en toute logique favoriser les teneurs en équol dans le lait.

Enfin, les fourrages de qualité distribués aux brebis se reflètent dans la composition fine du lait, cette dernière n'étant pas altérée par la transformation fromagère.

Cette étude souligne la difficulté de trouver un compromis pour répondre à des enjeux globalisés, compte tenu des effets potentiellement antagonistes que peut avoir l'alimentation des animaux, sur l'environnement et sur la qualité des produits.

VI. Références

- A. des Alleis. (1986, novembre 13). Moutons laitiers et fromage : Une diversification qui s'annonce bien dans l'Entre-Sambre-et-Meuse. *AGRA MAGAZINE*, 40-42.
- Abdelli, Y., & Chougar, K. (2018). Variabilité des paramètres physico-chimiques du lait de vache et du lait de chèvre et son impact sur l'aptitude fromagère. Université Mouloud Mammeri.
- Agabriel, C., Cornu, A., Sibra, C., Grolier, P., & Martin, B. (2007). Tanker Milk Variability According to Farm Feeding Practices : Vitamins A and E, Carotenoids, Color, and Terpenoids. *Journal of dairy science*, 90, 4884-4896. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0171>
- AND international, & DG Agri. (2011). Evaluation des mesures de la PAC dans le secteur ovin—Caprin.
- Attari, S. (2019). Appréciation de l'aptitude fromagère des laits de vaches individuelles de la ferme expérimentale : Test d'aptitude fromagère et de rendement fromager. <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/12738>
- Atti, N., Othmane, M. H., Haider, M., & Toukebri, H. (2011). Effets des saisons de lutte et d'agnelage sur les performances laitières et de reproduction des brebis de race Sicilo-Sarde. *Annales de l'INRAT*, 84.
- Atti, N., & Rouissi, H. (2003). La production de lait des brebis Sicilo -Sardes : Effet de nature du pâturage et du niveau de la complémentation. *Annales de l'INRAT*, 76, 209-224.
- AWAC. (2020). Inventaire d'émission de Gaz à effet de serre (GES). Agence Wallonne de l'Air et du Climat. <http://www.awac.be/index.php/2017-03-28-09-19-01/emission-de-ges>
- Balthazar, C. F., Pimentel, T. C., Ferrao, L. L., Almada, C. N., Santillo, A., Albenzio, M., Mollakhalili, N., Mortazavian, A. M., Nascimento, J. S., Silva, M. C., Freitas, M. Q., Sant'Ana, A. S., Granato, D., & Cruz, A. G. (2017). Sheep Milk : Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16, 247-262.
- Baumont, R., Arrigo, Y., & Niderkorn, V. (2011). Transformation des plantes au cours de leur conservation et conséquences sur leur valeur pour les ruminants. *Fourrages*.
- Baumont, R., Aufrère, J., & Meschy, F. (2009). La valeur alimentaire des fourrages : Rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages*, 198, 153-173.
- Beaudelot, A. (2013). La filière ovine et caprine en Wallonie. *Itinéraires BIO*, 8, 6-7.
- Béchu, T., Dollé, J.-B., Gac, A., Leclerc, M.-C., Lorinquer, E., Manneville, V., Moreau, S., Guinot, C., & Orlianges, M. (2014). Comprendre les enjeux environnementaux de l'élevage ovin. Un Vademecum pour la filière allaitante. (p. 24). Institut de l'Élevage.
- Belabbès, M. (2019). Qualité Nutritionnelle et Aptitude de Transformation Technologique du Lait de Brebis selon le Système d'élevage.
- Bellet, V., & Gautier, J.-M. (2018). Aperçu de la variabilité de la productivité des brebis en Europe. Institut de l'Élevage.
- Bocquier, F., Benoît, M., Laignel, G., Cournut, A., Fiorelli, C., Jouven, M., Moulin, C.-H., Aubron, C., Lurette, A., Lapeyronie, P., Hassoun, P., Meuret, M., Agreil, C., Napoleone, M., Hoste, H., Friggens, N.,

Tichit, M., González-García, E., & Santucci, P. (2011). Innovations et performances environnementales en production caprine et ovine : Expertise Elevage-Environnement à l'INRA. *Innovations agronomiques*, 12, 29-52.

Caballero-Villalobos, J., Perea, J. M., Angón, E., Arias, R., & Garzón, A. (2018). Coagulation efficiency and its determinant factors : A case study for Manchega ewe milk in the region of Castilla-La Mancha, Spain. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3878-3886. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13816>

CELAGRI. (2019, mars 26). Quelle est l'évolution de l'élevage ovin en Wallonie ? CELAGRI. <http://www.celagri.be/quel-est-levolution-de-lelevage-ovin-en-wallonie/>

CERES. (1986, novembre 11). Le mouton laitier revient à l'horizon. *Le Rappel*.

CERTISYS. (2019). Réglementation de l'agriculture biologique pour les producteurs (p. 40).

Chilliard, Y., Glasser, F., Enjalbert, F., Ferlay, A., Francois, B., & Schmidely, P. (2007). Données récentes sur les effets de l'alimentation sur la composition en acides gras du lait de vache, de chèvre et de brebis. *Rencontres Recherches Ruminants*, 14, 321-328.

Courtet Leymarios, F. (2010). Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation. *Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort*.

Coutard, J. (2010). Valeur nutritive des associations céréales—Protéagineux cultivées en agriculture biologique et utilisées pour la complémentation des ruminants. *Renc. Rech. Ruminants*, 17, 285-288.

Coutard, J. P., & Pierre, P. (2012). Des prairies à flore variée pour l'autonomie des élevages de ruminants. *Renc. Rech. Ruminants*, 19, 257-260.

Cuvelier, C., Cabaraux, J.-F., Dufrasne, I., Istasse, L., & Hornick, J.-L. (2005). Production, digestion et absorption des acides gras chez le ruminant. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 149(1). <https://orbi.uliege.be/handle/2268/8429>

Daems, F., Decruyenaere, V., Agneessens, R., Lagnay, G., Romnee, J.-M., & Froidmont, E. (2016). Changes in the isoflavone concentration in red clover (*Trifolium pratense* L.) during ensiling and storage in laboratory-scale silos. *Animal Feed Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.04.008>

Dakpo, H., Laignel, G., Roulenc, M., & Benoit, M. (2013). L'élevage biologique consomme-t-il moins d'énergie et émet-il moins de gaz à effet de serre que l'élevage conventionnel ? Analyse en production ovine allaitante. *Innovations agronomiques*, 32, 95-107.

Dang Van, Q. C., Focant, M., Mignolet, E., Turu, C., Froidmont, E., & Larondelle, Y. (2011). Influence of the diet structure on ruminal biohydrogenation and milk fatty acid composition of cows fed extruded linseed. *Animal Feed Science and Technology*, 169(1-2).

Daniaux, C. (2011). Recensement Sanitel de 2004 à 2009, petit tour d'horizon des filières ovines et caprines. Filière Ovine et Caprine - Revue trimestrielle de la Fédération Interprofessionnelle Caprine et Ovine Wallonne, 35. <https://www.ficow.be/ficow.site/wp-content/uploads/Rec35.pdf>

Decide CRA-W. (s. d.). <http://decide.cra.wallonie.be/fr>

Dewhurst, R. J., Fisher, W. J., Tweed, J. K. S., & Wilkins, R. J. (2003). Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 1. Production Responses with Different Levels of Concentrate. *Journal of Dairy Science*, 86(8), 2598-2611.

- Dollé, J. B., Agabriel, J., Peyraud, J. L., Faverdin, P., Manneville, V., Raison, C., Gac, A., & Gall, A. L. (2011). Les gaz à effet de serre en élevage bovin : Évaluation et leviers d'action. *INRAE Productions Animales*, 24(5), 415-432. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2011.24.5.3275>
- Doreau, M., & Ferlay, A. (1994). Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 45(3), 379-396. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90039-6)
- Doreau, M., Lee, M., Ueda, K., & Scollan, N. (2005). Métabolisme ruminal et digestibilité des acides gras des fourrages. *Renc. Rech. Ruminants*, 12, 101-104.
- Doreau, M., Martin, C., Eugène, M., Popova, M., & Morgavi, D. P. (2011). Leviers d'action pour réduire la production de méthane entérique par les ruminants. *INRAE Productions Animales*, 24(5), 461-474. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2011.24.5.3278>
- Dumortier, P., Rabier, F., Beckers, Y., Vanlierde, A., Jérôme, E., & Mathot, M. (2013). Elevage et gaz à effet de serre : Le bilan des émissions de l'animal à la filière. 18ème Carrefour des Productions animales : « Nouvelles approches pour une optimisation de nos élevages laitiers », 41-52.
- EMEP/EEA. (2009). Programme Européen de Suivi de l'Environnement—Guide pour inventorier les émissions de polluants atmosphériques.
- Enjalbert, F., & Meynadier, A. (2016). Alimentation des vaches laitières et composition en acides gras du lait. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 171. <https://doi.org/10.4267/2042/61896>
- Esvan, S., Dragan, C., Varenne, A., Astruc, J. M., Barillet, F., Boichard, D., Brunschwig, P., Dubrulle, A., Lahalle, F., Ferlay, A., Lagriffoul, G., Larroque, H., Legarto, J., Palhiere, I., Peyraud, Jean-Louis, Rupp, R., & Brochard, M. (2010). PhénoFinlait, les résultats : Influence de l'alimentation, de l'état physiologique et de la génétique sur la composition en acides gras des laits de vache, brebis et chèvre.
- FAO. (2019). Dairy production and products : Small ruminants. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ferlay, A., Graulet, B., & Chilliard, Y. (2013). Maîtrise par l'alimentation des teneurs en acides gras et en composés vitaminiques du lait de vache. *INRAE Productions Animales*, 26, 177-192. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2013.26.2.3146>
- Ferlay, A., Martin, B., Pradel, P., Coulon, J., & Chilliard, Y. (2006). Influence of Grass-Based Diets on Milk Fatty Acid Composition and Milk Lipolytic System in Tarentaise and Montbéliarde Cow Breeds. *Journal of dairy science*, 89, 4026-4041. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72446-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72446-8)
- Fiorelli, C., Mouchard, J.-M., Vignaud, B., Pottier, E., Laignel, G., Cabaret, J., Prache, S., Tendille, R., Violleau, S., & Thomas, Y. (2011). Valoriser l'herbe en élevage ovin. 4ème rencontre technique ovine régionale.
- Focant, M., Froidmont, E., Dang Van, Q., Vanlierde, A., Archembeau, Q., & Larondelle, Y. (2017). Réduire les émissions de méthane et les rejets d'azote et améliorer la qualité nutritionnelle du lait par l'alimentation des vaches. *Fourrages*, 232. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/224866>
- Froidmont, E., Daems, F., Decruyenaere, V., Dehareng, F., D., F., Lefevre, A., Ninane, V., & Romnee, J.-M. (2017). Les légumineuses fourragères, un allié de choix pour enrichir le lait en équol et améliorer son profil en acides gras. *Fourrages*, 230, 141-146.
- FUGEA. (2017). OVIN – CAPRIN. <https://fugea.be/ovin-caprin/>

Gautier, J.-M., Corbière, F., & Morin, E. (2013). Conduite sanitaire des troupeaux ovins lait. Ressenti des éleveurs du Socle National sur la mortalité des agneaux, la réforme et la mortalité des adultes (Théma). Institut de l'Élevage.

GfK Belgium. (2017). Consommation domestique de produits laitiers en Belgique en 2017. GfK-Growth from Knowledge. <http://www.apaqw.be/Apaqw/media/PDF/CommPresse/DPresfro18.pdf>

GIEC. (2019). Lignes directives pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.

Gille, D., & Schmid, A. (2015). Vitamin B12 in meat and dairy products. *Nutrition Reviews*, 73(2), 106-115. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuu011>

Gillon, A., Rondia, P., Gengler, N., & Bartiaux-Thill, N. (2007). Etude comparative des performances de production laitière de brebis de race Mouton Laitier Belge avec celles de brebis de race Lacaune. *Renc. Rech. Ruminants*, 14. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/17911>

Goffin, S. (2015). Les ovins laitiers bio en Wallonie. *Itinéraires BIO*, 22, 13-14.

Gopal, P. K., & Gill, H. S. (2000). Oligosaccharides and glycoconjugates in bovine milk and colostrum. *The British Journal of Nutrition*, 84 Suppl 1, 69-74. <https://doi.org/10.1017/s0007114500002270>

Goudjil, H., Torrado, S., Fontecha, J., Martínez-Castro, I., Fraga, M., & Juárez, M. (2003). Composition of cholesterol and its precursors in ovine milk. *Le Lait*, 83(2), 153-160. <https://doi.org/10.1051/lait:2003005>

Graulet, B. (2014). Ruminant milk : A source of vitamins in human nutrition. *Animal Frontiers*, 4, 24-30. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0011>

Grogna, F., & La Spina, S. (2013). Elevage ovin et caprin. *Itinéraires BIO*, 8, 8-9.

Haenlein, G. F. W. (2007). About the evolution of goat and sheep milk production. *Small Ruminant Research*, 68(1), 3-6. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.021>

Hassoun, P., & Bocquier, F. (2007). Alimentation des bovins, ovins et caprins. In *Besoins des animaux—Valeurs des aliments* (Editions Quae, p. 123-137).

Hautier, L., Campion, M., Ninane, M., Knoden, D., Luxen, P., Burny, P., Beckers, Y., Dufrêne, M., & Stilmant, D. (2014). L'élevage des ruminants, un élément clé de notre territoire. CRA-W. 19ème édition du Carrefour des productions animales. La viande bovine remise en question : de sa production à sa consommation. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/163509>

Hoikkala, A., Mustonen, E., Saastamoinen, I., Jokela, T., Taponen, J., Saloniemi, H., & Wähälä, K. (2007). High levels of equol in organic skimmed Finnish cow milk. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(7), 782-786. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600222>

Inra. (2018). Alimentation des ruminants (Editions Quae).

J. AOAC. (2008). *Journal of AOAC INTERNATIONAL*. 91(4).

Jousseins, C., Cailleau, L.-M., Saget, G., Servière, G., Bataille, J.-F., & Bellet, V. (2015). Autonomie alimentaire des élevages ovins allaitants—Liens avec le système fourrager et les performances technico-économiques. INOSYS - Réseaux d'Élevage.

Khan, I., Nadeem, M., Imran, M., Ullah, R., Ajmal, M., & Jaspal, M. (2019). Antioxidant properties of Milk and dairy products : A comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in Health and Disease*, 18. <https://doi.org/10.1186/s12944-019-0969-8>

- Koba, K., & Yanagita, T. (2014). Health benefits of conjugated linoleic acid (CLA). *Obesity Research & Clinical Practice*, 8(6), 525-532. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2013.10.001>
- Korhonen, H. (2009). Bioactive Components in Bovine Milk. In *Bioactive Components in Milk and Dairy Products* (p. 15-42).
- Křížová, L., Dadáková, K., Kašparovská, J., & Kašparovský, T. (2019). Isoflavones. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(6). <https://doi.org/10.3390/molecules24061076>
- Lagriffoul, G., Chilliard, Y., Rock, E., Soustre, Y., Verdaguer, M., Bailly, C., Millet, F., Masle, I., & Pinelli, J.-M. (2008). Composition fine du lait et des fromages de brebis (p. 6). Comité Lait de Brebis de l'Office de l'Elevage. https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/evaluation/market-and-income-reports/2011/sheep-goat/full-text_fr.pdf
- Laisse, S., Baumont, R., Dusart, L., Gaudré, D., Rouillé, B., Benoit, M., Veyssset, P., Rémond, D., & Peyraud, J.-L. (2019). L'efficacité nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : Une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. *INRA Productions Animales*, 31, 269-288. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2355>
- Legarto, J., Gelé, M., Ferlay, A., Berthou, C., Lagriffoul, G., Palhiere, I., Peyraud, J.-L., Rouillé, B., & Brunschwig, P. (2014). Effets des conduites d'élevage sur la production de lait, les taux butyreux et protéique et la composition en acides gras du lait de vache, chèvre et brebis évaluée par spectrométrie dans le moyen infrarouge. *INRA Productions Animales*, 27(4), 269-282.
- Louarn, G., Corre-Hellou, G., Fustec, J., Pelzer, E., Julier, B., Litrico, I., Hinsinger, P., & Lecomte, C. (2010). Déterminants écologiques et physiologiques de la productivité et de la stabilité des associations graminées-légumineuses. 11, 79-99.
- Luna, P., Fontecha, J., Juárez, M., & Fuente, M. (2005). Changes in the milk and cheese fat composition of ewes fed commercial supplements containing linseed with special reference to the CLA content and isomer composition. *Lipids*, 40, 445-454. <https://doi.org/10.1007/s11745-005-1403-3>
- Lurette, A., Fréret, S., Chanvallon, A., Experton, C., Frappat, B., Gatien, J., Dartois, S., & Martineau, C. (2016). La gestion de la reproduction en élevages ovins et caprins, conventionnels et biologiques : État des lieux, intérêt et acceptabilité de nouveaux outils dans six bassins de production en France. *INRA Productions Animales*, 29(3), 163-184.
- Lurueña-Martínez, M. A., Riocerezo, C., Vivar-Quintana, A., & Revilla, I. (2010). Effect of the addition of calcium soap to ewes' diet on fatty acid composition of ewe milk and subcutaneous fat of suckling lambs reared on ewe milk. *Meat science*, 84, 677-683. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.11.002>
- Manca, M. G., Serdino, J., Gaspa, G., Urgghe, P., Ibba, I., Contu, M., Fresi, P., & Macciotta, N. (2016). Derivation of multivariate indices of milk composition, coagulation properties, and individual cheese yield in dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 99. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10589>
- Martin, B., Hurtaud, C., Graulet, B., Ferlay, A., Chilliard, Y., & Coulon, J. (2009). Herbe et qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits laitiers. *Fourrages*, 199, 291-310.
- Mati, A., Yabrir, B., & Zennia, S. (2011). Caractérisation physico-chimique du lait cru ovien collecté localement en milieu steppique. Influence de l'étage bioclimatique. 1er séminaire sur le lait et ses dérivés : « Entre réalité de production et réalités de transformation et de consommation ».
- McLaren, D. S., & Kraemer, K. (2012). Vitamin A in health. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 103, 33-51. <https://doi.org/10.1159/000170954>

- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., & Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1), 20-34. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.019>
- Mustonen, E., Tuori, M., Saastamoinen, I., Taponen, J., Wähälä, K., Saloniemi, H., & Vanhatalo, A. (2009). Equol in milk of dairy cows is derived from forage legumes such as red clover. *The British Journal of Nutrition*, 102(11), 1552-1556. <https://doi.org/10.1017/S0007114509990857>
- Niki, E. (2015). Evidence for beneficial effects of vitamin E. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 30(5), 571-579. <https://doi.org/10.3904/kjim.2015.30.5.571>
- Nozière, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P., & Doreau, M. (2006). Carotenoids for ruminants : From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology Animal Feed Science and Technology*, 131, 418-450. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.018>
- Pacaud, T., & Pradel, M. (2010). Volatilisation de l'ammoniac et épandage de fertilisants organiques et minéraux : État des lieux des connaissances et perspectives de recherche (p. 122). *irstea*.
- Palupi, E., Jayanegara, A., Ploeger, A., & Kahl, J. (2012). Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products : A meta-analysis. *Journal of the science of food and agriculture*, 92, 2774-2781. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5639>
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1), 88-113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>
- Parodi, P. W. (2004). Milk fat in human nutrition. *Journal of Dairy Technology*, 59.
- Pazzola, M., Stocco, G., Dettori, M., Bittante, G., & Vacca, G. (2019). Effect of goat milk composition on cheesemaking traits and daily cheese production. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15397>
- Pelzer, P. (1988). Brebis laitière—Emergence au Nord de l'Europe. *PATRE*, 357, 29-36.
- Portail de l'agriculture wallonne. (2018, novembre 27). Le régime des aides couplées—Portail de l'agriculture wallonne. <https://agriculture.wallonie.be/soutien-couple-bovins>
- Pottier, E., Prache, S., Benoit, M., & Tournadre, H. (2009). Maximiser la part du pâturage dans l'alimentation des ovins : Intérêt pour l'autonomie alimentaire, l'environnement et la qualité des produits. *Fourrages*, 199. <https://prodinra.inra.fr/?locale=fr#!ConsultNotice:32753>
- Ranst, G., Lee, M., & Fievez, V. (2011). Red clover polyphenol oxidase and lipid metabolism. *Animal : an international journal of animal bioscience*, 5, 512-521. <https://doi.org/10.1017/S1751731110002028>
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., & Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products : An update. *Small Ruminant Research*, 79(1), 57-72. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.07.009>
- Recio, I., Angel de la Fuente, M., Juárez, M., & Ramos, M. (2009). Bioactive Components in Sheep Milk. In *Bioactive Components in Milk and Dairy Products* (p. 83-104).
- Revilla, I., Escuredo, O., González-Martín, M. I., & Palacios, C. (2017). Fatty acids and fat-soluble vitamins in ewe's milk predicted by near infrared reflectance spectroscopy. Determination of seasonality. *Food Chemistry*, 214, 468-477. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.078>

- Rondia, P. (2003). Alimentation des brebis laitières.
- Rondia, P., & Bartiaux-Thill, N. (2004). L'élevage du mouton laitier en Wallonie : Un potentiel méconnu. Rapport d'activité, Région Wallonne, 64.
- Rondia, P., Delmotte, C., & Vandiest, P. (2005). Gros plan sur l'élevage de brebis laitières en Région wallonne. Filière Ovine et Caprine, 13, 3-6.
- Rondia, P., Sinnaeve, G., Sindic, M., Servais, V., Planchon, V., & Jamar, D. (2011). Valorisation des agneaux Mouton Laitier Belge : Quelle conformation bouchère pour quelle qualité de viande ? Filière Ovine et Caprine, 37.
- Rouillé, B., Devun, J., & Brunschwig, P. (2014). L'autonomie alimentaire des élevages bovins français. OCL, 21(4), 404. <https://doi.org/10.1051/ocl/2014017>
- Rulquin, H., Hurtaud, C., Lemosquet, S., & Peyraud, J.-L. (2007). Effet des nutriments énergétiques sur la production et la teneur en matière grasse du lait de vache. INRAE Productions Animales, 20, 163-176. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2007.20.2.3448>
- Sauvant, D. (2020). Modélisation de l'efficience et de la robustesse chez les ruminants, le point de vue nutritionnel. INRAE Productions Animales, 33(1). <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.1.3128>
- Schlueter, A., & Johnston, C. (2011). Vitamin C: Overview and Update. Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine, 16(1), 49-57. <https://doi.org/10.1177/1533210110392951>
- Seck, M., Linton, J., Allen, M., Castagnino, D., Chouinard, Y., & Girard, C. L. (2017). Apparent ruminal synthesis of B vitamins in lactating dairy cows fed diets with different forage-to-concentrate ratios. Journal of Dairy Science, 100. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12111>
- Services opérationnels du Collège des Producteurs. (2019). Secteur Ovin—Plan de développement stratégique 2019-2029.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits. Annual Review of Food Science and Technology, 9, 345-381. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-111317-095850>
- Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. 56(8), 365-379. [https://doi.org/10.1016/s0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/s0753-3322(02)00253-6)
- Simopoulos, A. P. (2004). Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases. Food Reviews International, 20(1), 77-90. <https://doi.org/10.1081/FRI-120028831>
- Średnicka-Tober, D., Baranski, M., Seal, C., Sanderson, R., Benbrook, C., Steinshamn, H., Gromadzka-Ostrowska, J., Rembialkowska, E., Skwarlo-Sonta, K., Eyre, M., Giulio, C., Larsen, M., Jordon, T., Niggli, U., Sakowski, T., Calder, P., Burdge, G., Sotiraki, S., Stefanakis, A., & Leifert, C. (2016). Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleic acid, α-tocopherol and iron, but lower iodine and selenium concentrations in organic milk : A systematic literature review and meta- and redundancy analyses. British Journal of Nutrition, 1, 1-18. <https://doi.org/10.1017/S0007114516000349>
- Statbel. (2020). Statistiques laitières annuelles : Produits à base de lait autre que le lait de vache. <https://bestat.statbel.fgov.be/bestat/crosstable.xhtml?view=c3139de2-acfe-4e14-b2fa-ae42a4fcf034>

Sutton, A. L., & Elliot, J. M. (1972). Effect of Ratio of Roughage to Concentrate and Level of Feed Intake on Ovine Ruminal Vitamin B12 Production. *The Journal of Nutrition*, 102(10), 1341-1346. <https://doi.org/10.1093/jn/102.10.1341>

Thomas, G., Astruc, J.-M., & Bourrigan, X. (2019). Résultats de Contrôle Laitier—Espèce Ovine (p. 26). Institut de l’Elevage.

UPRA Lacaune. (s. d.). La race lacaune lait.

Vandiest, P. (2015). Alimentation des ovins. Institut de l’Elevage, 68-71.

Vandiest, P., & Delmotte, C. (2005, octobre). Alimenter les agneaux de bergerie avec des céréales... Un premier pas vers une autonomie alimentaire. *Filière Ovine et Caprine*, 14.

Vázquez, C., Rojas, M., Ramírez, C., Chávez-Servín, J., García-Gasca, T., Ferriz Martínez, R., García, O., Rosado, J., López-Sabater, C., Castellote, A., Montemayor, H., & de la Torre Carbot, K. (2015). Total phenolic compounds in milk from different species. Design of an extraction technique for quantification using the Folin-Ciocalteu method. *Food Chemistry*, 176, 480-486. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.050>

Yabrir, B., Hakem, A., & Mati, A. (2013). Factors affecting milk composition of Algerian ewe reared in central steppe area. *Scientific journal of animal science*, 2(8), 215-221.

Caractérisation des externalités d'une exploitation ovine laitière wallonne en lien avec la conduite alimentaire du troupeau : impacts sur le bilan environnemental, l'autonomie et la qualité des produits

Présenté par Maud Gramme

Résumé

La bergerie des Fauves Laineux est une exploitation ovine laitière biologique située à Cognelée. A la tête de cette exploitation, Pierre et Julien Artoisenet, convaincus de l'impact de l'alimentation des brebis sur la qualité du lait, souhaitent objectiver le rôle du pâturage et des fourrages qu'ils produisent sur la qualité des produits fabriqués et vendus à la ferme. Ils souhaitent également en apprendre davantage quant à l'impact environnemental de leur production. Ces informations sont destinées à être communiquées aux consommateurs, en quête de produits de qualité, avec qui ils ont un contact privilégié grâce à la vente directe.

Cet essai a donc eu comme finalité première de mesurer l'impact environnemental de l'exploitation, tant au niveau des consommations énergétiques que de l'émission de gaz à effet de serre et d'ammoniac. Dans ce but, l'outil DECiDE, développé par le CRA-W, a été adapté aux ovins et appliqué à l'exploitation. La seconde partie de cet essai a consisté à mettre en évidence l'impact de la succession des pratiques d'alimentation au cours de la saison sur la qualité des laits et fromages (acides gras, vitamines). Pour ce faire, durant un an et demi, des passages en ferme ont été organisés à chaque changement des pratiques d'alimentation pour échantillonner à la fois les aliments distribués aux brebis ainsi que le lait et le fromage.

La réalisation du bilan environnemental de l'exploitation a démontré l'importance de la fermentation entérique, de la fertilisation du sol et de la production des aliments achetés dans les émissions de gaz à effet de serre de l'exploitation. Les aliments achetés ont également contribué de manière considérable à la consommation énergétique de l'exploitation de par l'énergie nécessaire à leur production. Des pistes d'amélioration ont ainsi été envisagées pour contenir les émissions liées à ces différents postes.

L'analyse de la qualité du lait a par ailleurs montré une teneur significativement plus élevée en CLA c9t11 pour les laits issus de brebis ayant accès au pâturage, ainsi qu'une tendance à l'augmentation de la teneur en vitamine E de ces laits. En saison hivernale, le lait s'est avéré plus riche en acides linoléique et α -linoléique. Enfin, le processus de fabrication des fromages frais n'a pas entraîné d'altération du profil en acide gras des laits dont ils sont issus.