



HAL
open science

L'utilisation de foin ventilé: une solution pour améliorer l'autonomie des élevages caprins?

Matthias Guillonneau

► To cite this version:

Matthias Guillonneau. L'utilisation de foin ventilé: une solution pour améliorer l'autonomie des élevages caprins?. [Stage] France. Institut Universitaire de Technologie d'Angers Cholet (IUT Angers Cholet), FRA. 2014, 38 p. hal-02798787

HAL Id: hal-02798787

<https://hal.inrae.fr/hal-02798787>

Submitted on 5 Jun 2020

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

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

2013 - 2014

DUT Génie Biologie - Option Agronomie



Du Lundi 14 Avril au Vendredi 20 Juin 2014

GUILLONNEAU Matthias |

INRA Les Verrines, 86600 Lusignan |

Maître de stage : **M. CAILLAT Hugues** |

Tuteur pédagogique : **M. RENAUD Pierre-Cyril** |



Confidentiel : Non



ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) Matthias Guillonnet
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publié sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

Signé par l'étudiant(e) le 12 / 06 / 2014

REMERCIEMENTS

Avant toutes choses, je tiens à remercier particulièrement mon maître de stage, Hugues Caillat, qui a pris en charge le bon déroulement et l'avancé de mon stage, ainsi que l'aide qu'il a pu m'apporter aussi bien sur des aspects théoriques que techniques. Son goût à faire partager sa passion sur ce projet m'a permis de découvrir avec enthousiasme la recherche expérimentale dont j'ignorais l'existence jusqu'à ce jour. Sa disponibilité à mon écoute et ses explications ont pu être bénéfiques quant à la rédaction de mon rapport de stage.

Je tiens aussi à remercier Evelyne Bruneteau pour les informations qu'elle a pu m'apporter sur la partie production et qualité laitière, ainsi que sur l'état général du troupeau.

Je remercie également l'intégralité des personnes qui ont pu m'apporter de l'aide dans la récolte de données, ou bien en me prodiguant leurs conseils et leur savoir.

Je souhaite aussi remercier vivement toute l'unité expérimentale Fourrages, Ruminants, Environnement du site INRA de Lusignan – Rouillé, ainsi que les stagiaires pour leur accueil chaleureux facilitant mon intégration au sein de leur unité.

Glossaire

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

AFPF : Association Française pour la Production Fourragère

CB : Cellulose Brute

EPST : Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique

FERLUS : unité expérimentale Fourrages, Environnement, Ruminant de Lusignan

GEVES : Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences

IDELE : Institut de l'Élevage

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

IPAMPA : Indice des Prix d'Achat des Moyens de Production Agricole

ITK : Itinéraire Technique

MAAF : Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt

MAT : Matière Azotée Totale

MESR : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

MS : Matière Sèche

MG : Matière Grasse

NEC : Note d'Etat Corporel

NEL : Note d'Etat Lombaie

NES : Note d'Etat Sternale

tMS : Tonne de MS

UEL : Unité d'Encombrement Laitière

UFL : Unité Fourragère Laitière

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 1 |
| I - INRA : Institut National de la Recherche Agronomique | 2 |
| 1. INRA Poitou-Charentes..... | 3 |
| 2. FERLUS : Unité expérimentale fourrage, environnement, ruminants | 3 |
| 3. La plateforme « Patuchev » | 4 |
| II - Éléments bibliographiques | 6 |
| 1. L'autonomie alimentaire | 6 |
| 2. Le séchage en grange | 8 |
| b) Principe de fonctionnement d'un séchoir en grange solaire..... | 8 |
| c) Les grandes étapes : récolte – conservation – distribution..... | 10 |
| d) Le séchage en grange présente plus d'un avantage... .. | 11 |
| e) ... mais aussi des inconvénients | 13 |
| 3. La prairie multi-espèces | 13 |
| III - Matériels et méthodes | 17 |
| 1. Le dispositif expérimental | 17 |
| a) Le lot dessaisonné bâtiment | 17 |
| b) Le séchoir en grange à capteur solaire | 18 |
| c) Assolement et rotation | 18 |
| 2. Les mesures réalisées sur le dispositif | 20 |
| a) Suivi des prairies | 20 |
| b) Suivi de l'ingestion | 21 |
| c) Suivi de la production laitière... .. | 22 |
| d) Suivi de la consommation électrique du séchoir | 23 |
| e) L'analyse statistique..... | 24 |

| | |
|---|-----------|
| IV - Résultats et analyses | 26 |
| 1. Impact du foin ventilé sur la performance du troupeau..... | 26 |
| a) Influence sur l'ingestion..... | 26 |
| b) Influence sur la productivité et la qualité du lait..... | 27 |
| c) Influence sur la physiologie des animaux | 28 |
| 2. Indicateurs d'autonomie | 29 |
| 3. Consommation énergétique du séchoir à capteur solaire..... | 30 |
| 4. Coût de la ration..... | 31 |
| a) Coût de la production du foin ventilé | 31 |
| b) Coût des concentrés | 32 |
| c) Marges alimentaires de la campagne 2013 | 33 |
| V - Discussion | 34 |
| Conclusion | 36 |
| Références bibliographiques | 37 |

Introduction

Depuis une dizaine d'années, l'élevage caprin est en forte évolution en France. En effet, on constate entre les années 2000 et 2011 une augmentation de 12 % du nombre de têtes présentes sur le territoire. On observe aussi, comme dans n'importe quel autre type d'élevage, une augmentation du nombre de chèvres par exploitation (28 % des exploitations possèdent plus de 200 chèvres en 2011). Le Poitou-Charentes est quant à elle, la région caprine française la plus importante devant les Pays de la Loire et le Centre. En effet, 34 % des chèvres laitières y sont élevées et l'industrie y transforme 44 % du lait collecté en France.

Depuis 2008, le contexte économique se caractérise par une flambée historique des coûts de production, associée à un prix du lait incertain. La rentabilité des systèmes d'élevages utilisant beaucoup d'intrants interrogent de plus en plus la filière caprine. Il est donc dans la nécessité des éleveurs caprins d'évoluer vers des systèmes plus autonomes, afin de concilier performances économiques, environnementales et sociales.

C'est dans ce contexte que l'INRA a mis en place dans le Poitou-Charentes, un dispositif expérimental permettant de concevoir et d'évaluer des systèmes d'élevages caprins performants et durables.

L'utilisation de foin ventilé issu de prairies multi-espèces semble être une solution pour améliorer l'autonomie des élevages caprins. C'est pourquoi, il est intéressant de s'interroger sur l'efficacité de ce type de système d'élevage associé à une production de lait en contre-saison.

Dans un premier temps, je présenterai l'INRA et ses missions au niveau national, puis plus particulièrement le centre INRA du Poitou-Charentes et l'unité dans laquelle s'est déroulé mon stage. Par la suite, l'autonomie fourragère pour les systèmes d'élevages de caprins laitiers et les méthodes pour l'améliorer seront présentées.

Après avoir décrit le dispositif expérimental et les protocoles de mesures, je présenterai les résultats collectés au cours des campagnes laitière 2013 et 2014. Pour conclure, ces résultats seront discutés au regard de l'enjeu du dispositif expérimental.

I - INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) est un organisme exclusivement français orienté sur la recherche de l'agronomie, de l'environnement et de l'alimentation depuis sa fondation en 1946. L'INRA a le statut d'Établissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST). Cet organisme national de recherche public est placé sous la tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR) et du Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF).

L'INRA a donc pour mission de :

- Produire et diffuser des connaissances scientifiques
- Eclairer les politiques publiques et les décisions des acteurs économiques
- Contribuer à l'élaboration de la stratégie nationale de recherche
- Concevoir des innovations
- Former à la recherche et par la recherche

Les recherches effectuées par l'INRA concernent trois grands domaines liés les uns aux autres :



Il a pour ambition de développer une agriculture compétitive et respectueuse de l'environnement, des territoires et des ressources naturelles tout en contribuant à une alimentation qui soit saine pour l'homme et durable pour la planète. L'INRA s'engage aussi dans la recherche d'enjeux mondiaux comme nourrir le monde, s'adapter aux changements climatiques, ou encore préserver la santé des plantes et des animaux.

Il existe 17 sites INRA répartis dans la quasi-totalité des régions françaises, y compris à l'outre-mer, se divisant en plusieurs centres. C'est au sein du site des Verrines situé à Lusignan que j'ai effectué mon stage.

Annexe 1



Figure 1 : Carte des centres INRA du Poitou-Charentes et de France

1. INRA Poitou-Charentes (cf. Figure 1)

Le centre INRA du Poitou-Charentes basé à Lusignan dans le département de la Vienne. Il y a 4 implantations INRA dans la région : le site de Lusignan – Rouillé (86) ; le site du Magneraud (17) ; le domaine de Saint-Laurent de la Prée (17) ; le site de Chizé (79). Ce centre INRA étudie en particulier la gestion durable des prairies, des systèmes fourragers et des territoires de polyculture élevage, ainsi que celles des productions animales innovantes.

Le centre INRA Poitou-Charentes gère une petite dizaine d'unités de recherche, expérimentales et d'appui dont l'unité expérimentale fourrages, environnement, ruminants, dans laquelle j'ai été accueilli pour mon stage. Cette unité réalise des expérimentations agronomiques et agro-environnementales sur des prairies semées et introduites dans des rotations pour concevoir des systèmes d'élevages de vaches ou de chèvres laitières.

2. FERLUS : Unité expérimentale fourrage, environnement, ruminants

Cette unité basée sur le site de Lusignan – Rouillé a pour mission d'imaginer, de mettre en place et d'évaluer des techniques et des pratiques innovantes quant à l'enjeu de concilier productions végétales, performances en production laitières et exigences écologiques et économiques.

L'unité se divise en 5 thématiques de recherche ayant pour chacune un projet bien spécifique :

- Pôle végétal/GEVES : évalue la valeur agronomique et environnementale d'espèces fourragères et de grandes cultures.
- SOERE : analyse les effets à long terme de l'alternance des prairies / cultures ainsi que de l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité et l'environnement.
- Pôle vaches laitières : conçoit et évalue des systèmes fourragers innovants, économes en eau et en énergie pour les élevages situés en zone sèche.
- Caprinn : innovation en reproduction caprine à l'aide des biotechnologies pour une reproduction alternative, durable et respectueuse de l'environnement.
- Patuchev : évalue des systèmes d'élevages caprins utilisateurs de la prairie cultivée et sur lequel porte mon sujet de stage

Annexe 2

Près de 60 % du lait de chèvre est produit dans le centre-ouest de la France

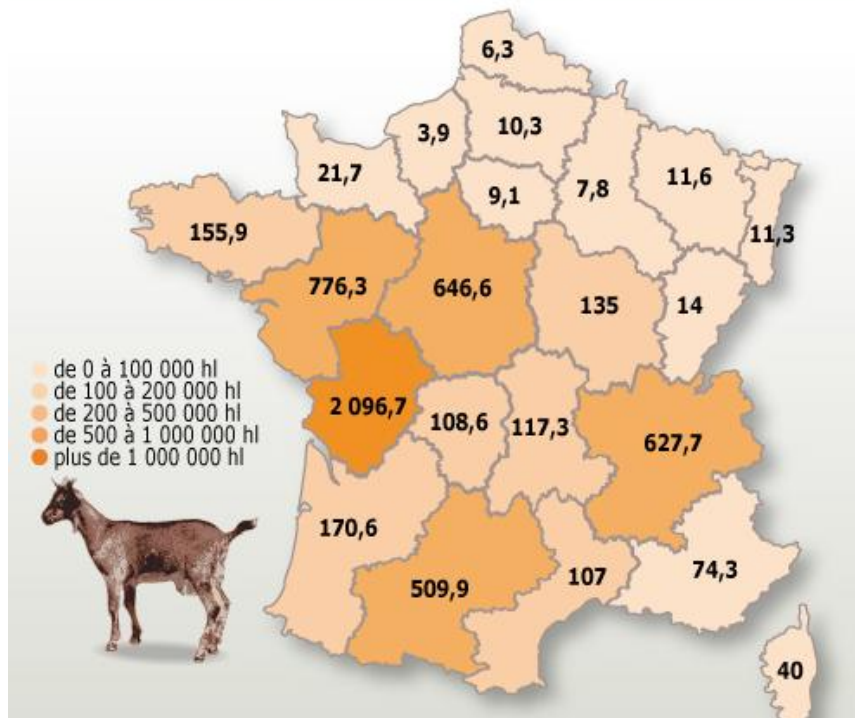


Figure 2 : Carte de France de la production laitière caprine (Source : science de la statistique et de la prospective du Ministère de l'Agriculture (enquête de décembre 2008))

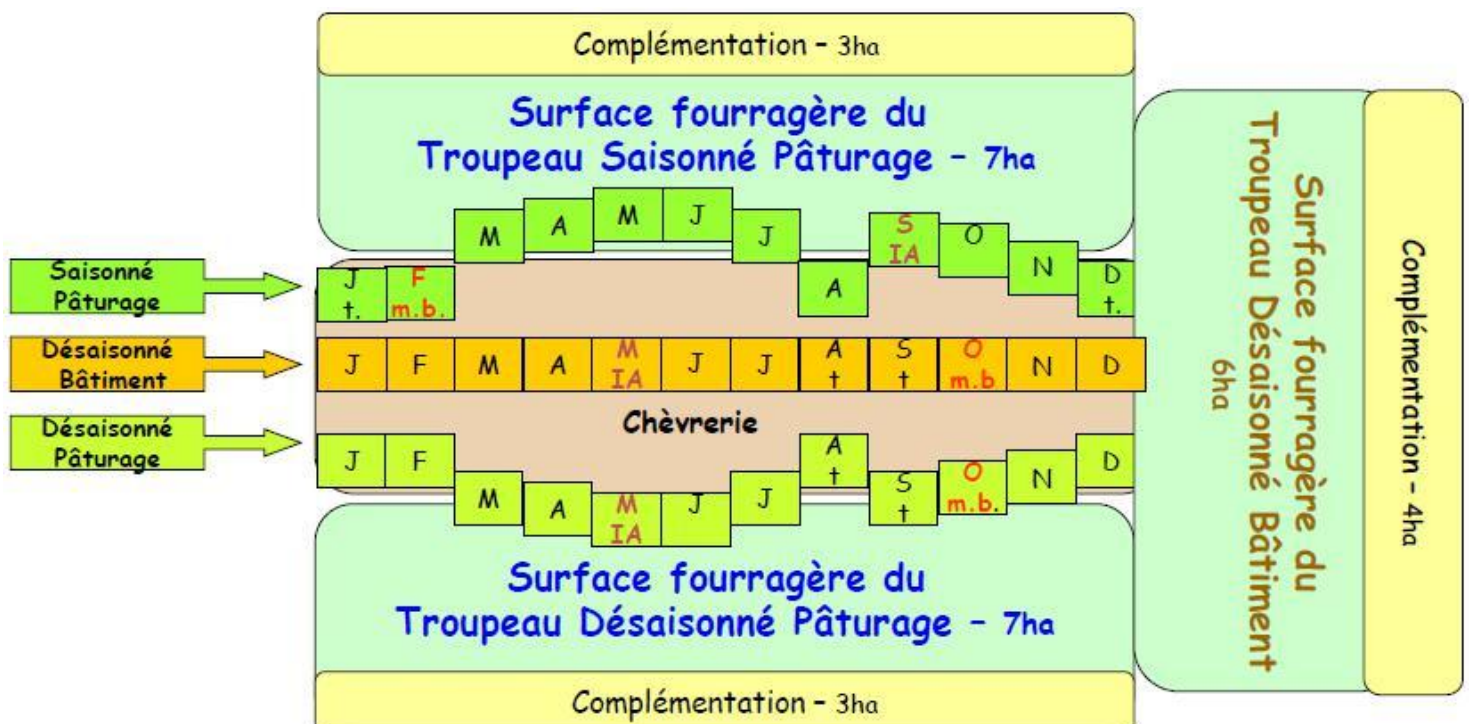
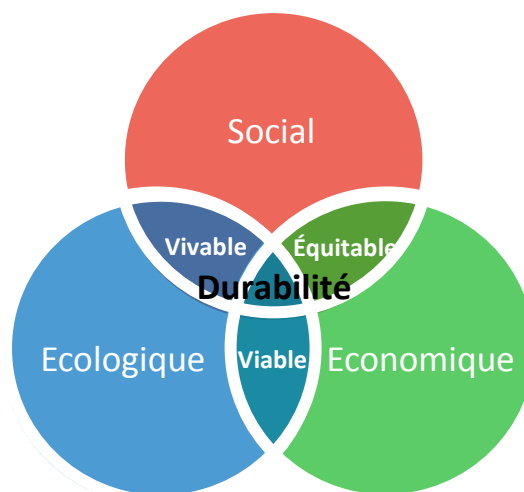


Figure 3 : Schéma représentatif des 3 systèmes d'exploitation du projet « Patu Chev »

3. La plateforme « Patuchev »

Le dispositif expérimental Patuchev a pour but de concevoir et d'évaluer des systèmes d'élevage caprin performants et durables. La durabilité se forge selon trois piliers : social, économique et écologique.



Ce projet a vu le jour dans un contexte économique se caractérisant depuis 2008 par une flambée des coûts de production associée à un prix du lait de plus en plus incertain. C'est en 2012 que le projet « Patuchev » fut mis en place à Lusignan. L'insertion du programme « Patuchev » dans le Poitou-Charentes n'a rien d'anodin, car un tiers des chèvres laitières en France y sont élevées, ainsi que 44% du lait de chèvre collecté en France y est transformé (cf. Figure 2). Cette toute nouvelle démarche s'inscrit dans le « Projet agro-écologie pour la France » du Ministère de l'Agriculture et dans les axes prioritaires 2010-2020 de l'INRA.

Patuchev a pour but d'évaluer sur le long terme trois systèmes indépendants en polyculture élevage, qui se caractérisent chacun par un lot de 60 chèvres de race Alpine auquel est associé 10 ha de surface fourragère. Ils se différencient par leur reproduction et leur mode d'exploitation (cf. Figure 3) :

- ✓ Un troupeau avec une reproduction saisonnée (en Septembre pour une mise bas en Février) et un mode d'exploitation tourné vers le pâturage.
- ✓ Deux troupeaux avec une reproduction désaisonnée (en Mai pour une mise bas en Octobre), mais l'un pâturant et l'autre élevé en bâtiment.

Le projet consiste à collecter des données d'ordre zootechnique, phytotechnique, économique, environnemental et social afin de réaliser une évaluation multi-critère de chaque système. L'enjeu principal de chaque système est d'améliorer l'autonomie en maximisant l'ingestion d'herbe soit sous forme pâturée ou récoltée. Pour cela, des choix techniques ont été faits comme l'implantation de prairies multi-espèces et l'utilisation de foin ventilé. Pour la mise en œuvre de ce programme, des installations neuves ont été construites en 2011 dont un séchoir à foin équipé d'un capteur solaire.

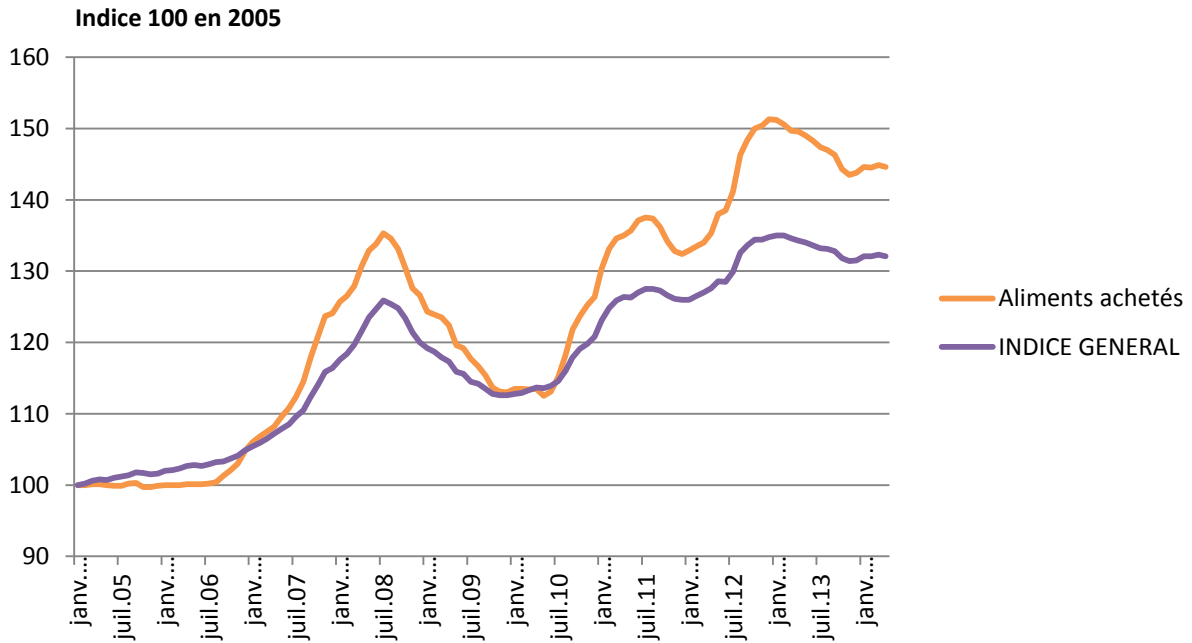
Une question demeure en amont de ce projet : **Quel type de système d'élevage permettrait une meilleure autonomie en intrants, principalement énergétiques, sous contrainte de production ?**

Pour y répondre, il a été mis en place des objectifs :

- ✓ Proposer des conduites **performantes** et **durables** alliant productivité, environnement et charge de travail.
- ✓ Choisir des pratiques qui permettent d'atteindre un objectif de production, de limiter les intrants consommateurs d'énergie, de limiter l'utilisation de produits de synthèse et de limiter et optimiser la charge de travail

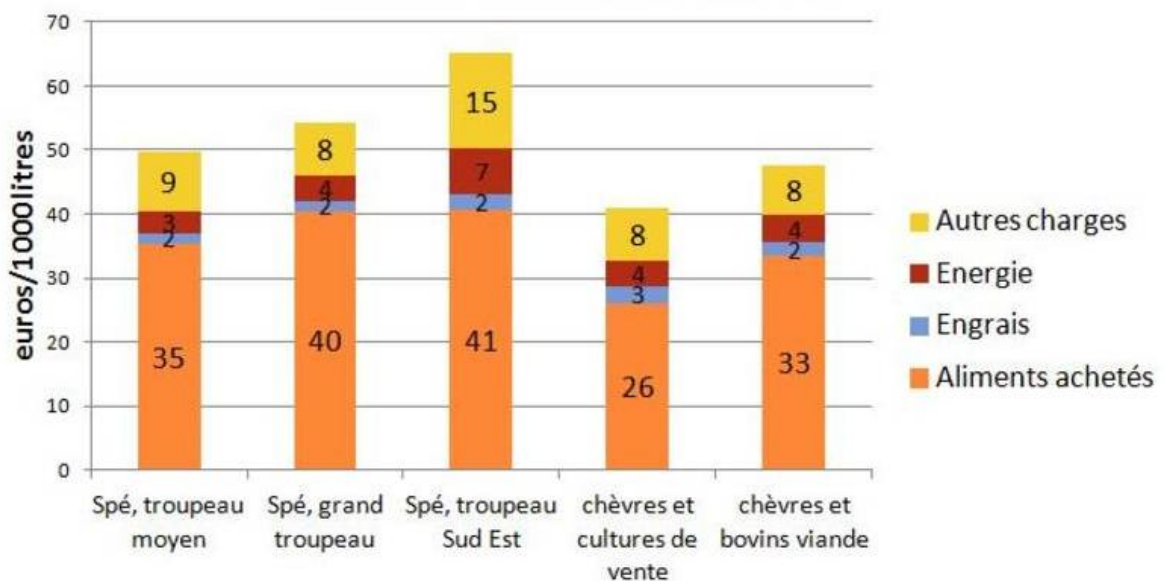
Annexe 3

IPAMPA des aliments achetés en élevage caprin



Graphique 1 : Evolution de l'IPAMPA des aliments achetés en élevage caprin (Source : Institut de l'Elevage, d'après INSEE et AGRES, Indice base 100)

Impact de l'augmentation du prix des matières premières (prévision automne 2012, base 2011 en €/1000 litres) chez les livreurs)



Graphique 2 : Impact de l'augmentation du prix des matières premières (prévision automne 2012, base 2011 en €/1000 litres chez les livreurs) (Source : Institut de l'élevage)

II -Éléments bibliographiques

1. L'autonomie alimentaire

De plus en plus d'éleveurs caprins subissent les fluctuations des prix des différents concentrés utilisés pour l'alimentation de leur troupeau. Que ce soient les coûts de production, ou plus particulièrement les coûts alimentaires, on observe une forte hausse depuis ses dernières années. En effet, le poste des aliments achetés à lui seul représente environ 35 % dans les élevages caprins laitiers. La flambée des prix des matières premières depuis 2008, caractérisé par l'indice IPAMPA (Indice des prix d'achat des moyens de production agricole (cf. Graphique 1)) qui a pour but de mesurer l'évolution des coûts d'approvisionnement des exploitations agricoles ; associé à un prix du lait incertain, ont un impact négatif sur l'économie en élevage caprin. D'après l'institut de l'élevage, entre les années 20011 et 2012, le coût total de production a augmenté de 41 à 64 €/1000L suivant les différents systèmes d'exploitation (cf. Graphique 2), soit un manque à gagner allant de 7 500 € à 18 200 €. Ce surcoût observé sur le coût de production total est majoritairement dû à la hausse des prix des aliments achetés (entre 68 et 77 %).

C'est pourquoi, dans un tel contexte, une majorité des éleveurs de cette filière s'interroge sur l'intérêt d'améliorer leur autonomie alimentaire, afin de garantir par leur propre moyen la qualité des aliments distribués, de respecter les chartes de certaines laiteries, ou encore de se prédisposer aux futures conditions de production des AOC.

De manière générale, l'autonomie alimentaire peut se définir comme la part d'aliments produits sur l'exploitation par rapport à ceux consommés. Cette part d'autonomie peut être calculée à partir de la nature de l'aliment (fourrage, concentré, ration totale), ou bien grâce à sa composition (matière sèche (MS), valeur énergétique (UFL), matière azotée (MAT)).

Dans la plupart des élevages caprins, l'autonomie en fourrage est élevée (≈ 90 %) contrairement à celle des concentrés ($\approx 30\%$). D'après l'étude réalisée par la Chambre d'Agriculture du Poitou-Charentes sur 38 exploitations de la région, l'autonomie sur l'ensemble de la ration est maximale pour la MS. L'autonomie en énergie est très fortement

liée à la MS en vue de quasi similarité des résultats. L'autonomie de la matière azotée est quant à elle plus basse.

Pour améliorer l'autonomie alimentaire en élevage caprin, il est préconisé d' :

- Avoir un chargement inférieur ou égal à 15 chèvres à l'hectare.
- Utiliser ses propres céréales :

Utiliser ses propres céréales nécessite un financement quant à leur transformation et à leur stockage. Même si cette pratique occasionne un investissement supplémentaire en terme de temps de travail, elle est facilement maitrisable et économiquement très rentable.

- Optimiser les quantités de concentrés utilisés :

Souvent oublier par les éleveurs, cette étape est pourtant facile à mettre en place. Pour éviter le gaspillage, il faut se fixer une limite de quantité de concentré par litre de lait.

- Enrichir son indépendance en azote :

Pour cela, il faut penser à utiliser un maximum d'herbe de bonne qualité, avec des valeurs en MAT et en UFL élevées et équilibrées. Mais la culture de protéagineux peut aussi diminuer l'utilisation de concentrés azotés, en tenant compte de l'aptitude des sols et des potentiels de rendement de cette culture.

- Faire manger un fourrage de qualité :

En améliorant la qualité du fourrage, l'éleveur permettra une réduction des coûts en concentrés et en déshydratés.

Pour cela l'exploitant dispose d'un certains nombres de processus techniques permettant un perfectionnement de la qualité du fourrage. L'ensilage ou l'enrubannage offre à l'éleveur un fourrage avec de meilleures valeurs nutritives qu'un foin classique séché au sol. Mais les plus aventuriers s'engagent dans d'autres systèmes d'exploitations moins répandus en élevage caprin, comme par exemple le pâturage, l'affouragement en vert ou encore le séchage en grange. Ces modes d'exploitations peuvent être combinés à des pratiques peu courantes chez les agriculteurs, comme l'implantation de prairies multi-espèces connues pour leurs valeurs nutritives supérieures.

Annexe 4

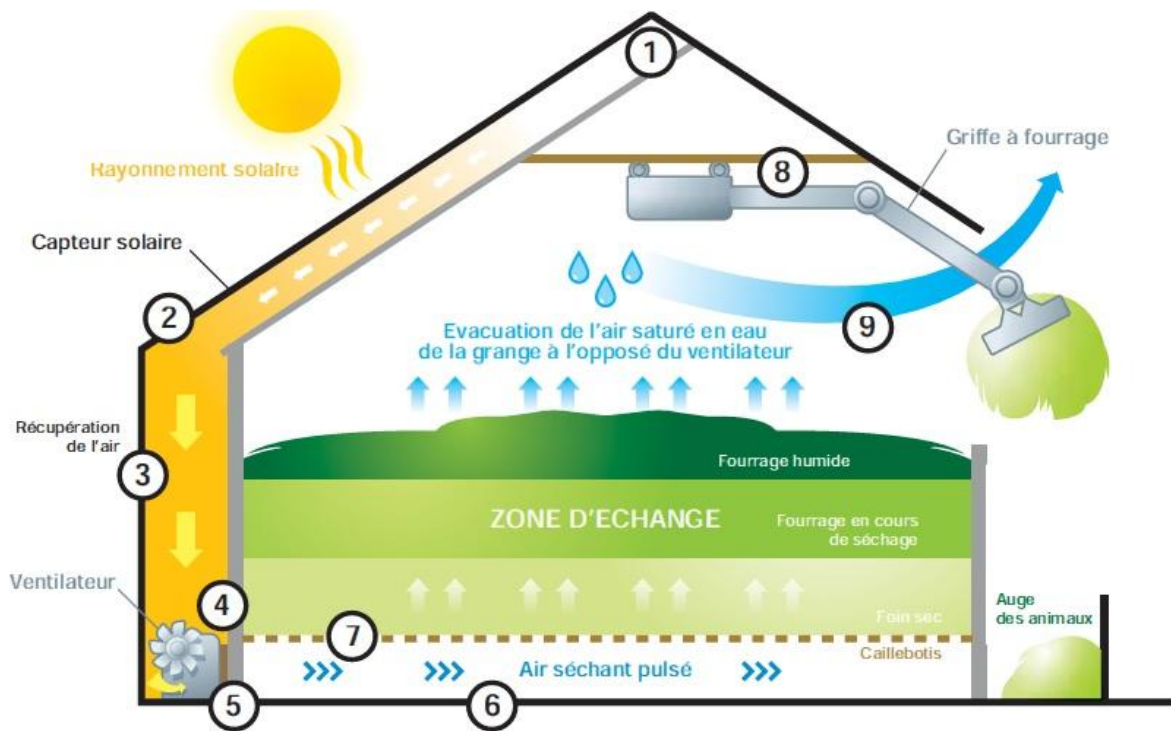


Figure 4 : Schéma du principe de fonctionnement d'un séchoir en grange avec capteur solaire (Source : PERLUDE, ARPE et SOLAGRO)

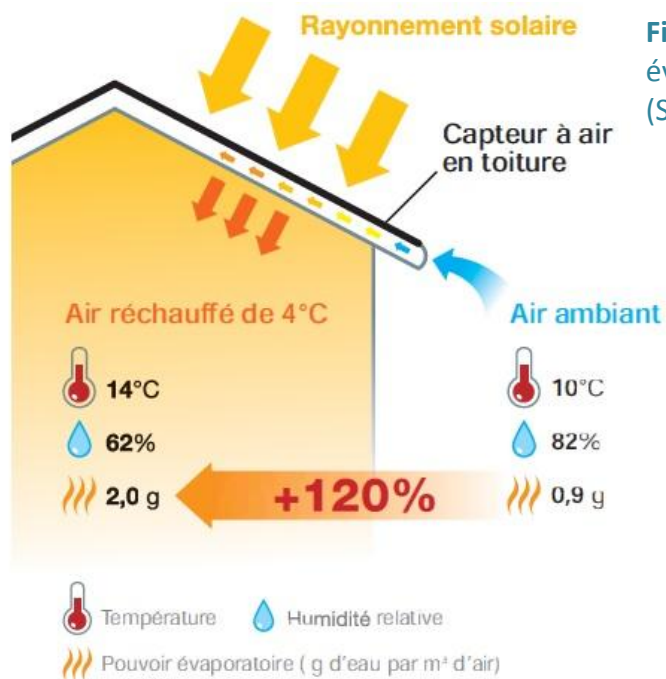


Figure 5 : Schéma de l'augmentation du pouvoir évaporatoire de l'air (Source : PERLUDE, ARPE et SOLAGRO)

2. Le séchage en grange

Le séchage des fourrages en grange provient des Etats-Unis d'Amérique où la publication de cette méthode a été réalisée par la Tennessee Valley Authority en 1945. Ce système de ventilation du fourrage a suscité un grand intérêt dans de nombreux pays du monde, surtout ceux dont les conditions pédoclimatiques étaient peu favorables au séchage du foin en plein air. En Europe, la Suède, l'Allemagne, le Royaume-Uni, mais surtout la Suisse ont analysé et adopté ce type de système.

Le séchage en grange est donc une technique de séchage artificiel du fourrage destiné à l'alimentation des élevages. Utilisé à l'origine dans les régions montagnardes en France (ex : Jura, Savoie), ce système s'adapte particulièrement aux régions à hivers longs ou à pluviométrie importante. Grâce à ses améliorations et son perfectionnement, il se développe depuis les années 2000 aussi bien dans les reliefs du Sud Ouest que dans les plaines du Nord Ouest de la France. En 2008, les spécialistes estiment leur nombre à 3 000 dans toute la France. Cette méthode utilise donc une source d'énergie afin d'extraire l'humidité du foin qui peut être d'origine :

- **non renouvelable**, comme le fioul, gaz, le propane ou l'électricité (résistance électrique ou pompe à chaleur)
- **renouvelable**, comme l'énergie solaire ou le bois

Le système de séchage à l'énergie solaire permet une récolte et une conservation des fourrages particulièrement efficace, tout en diminuant la consommation d'énergie et en respectant l'environnement.

b) Principe de fonctionnement d'un séchoir en grange solaire (cf. Figure 3)

Le principe de fonctionnement est simple : pour sécher le fourrage il faut en extraire l'eau qu'il contient. Pour cela, ce système se base sur la capacité de l'air chaud à emmagasiner l'humidité : c'est le pouvoir évaporatoire de l'air. En effet, cet air contient de l'eau sous forme de vapeur et plus cet air est chaud, plus il peut contenir de vapeur, donc le pouvoir évaporatoire augmente (la hausse de 4°C de l'air permet une augmentation de son pouvoir évaporatoire de 120%, cf. Figure 4). La quantité d'eau contenue dans un mètre cube d'air est très variable selon la température à laquelle il se situe.

Exemple : pour un mètre cube d'air à 20°C, sa capacité est de 17,2 g de vapeur d'eau. Pour une température de 30°C, sa capacité en vapeur d'eau est de 30,5 g/m³ d'air.

Pour maintenir au mieux la qualité initiale du fourrage rentré, il est important de prendre en compte sa rapidité de séchage. L'activité respiratoire du foin est d'autant plus importante que sa teneur en eau est élevée. Or si l'on diminue rapidement la teneur en eau du produit, on va limiter la respiration et alors les pertes par dégradation organique seront moindres. Cependant, la rapidité de séchage est liée aux conditions climatiques ainsi qu'aux diverses solutions possibles concernant le matériel de ventilation et de réchauffe de l'air.

Pour assurer un séchage du fourrage efficace, il est nécessaire d'augmenter le pouvoir évaporatoire de l'air grâce à l'élévation de sa température de 3 à plus de 6°C suivant le type de fourrage (graminées ou légumineuse) et de son état (humide, peu humide ou quasi sec).

Afin de rendre l'air plus sec, il existe différents procédés de capteurs solaires : capteur toiture opaque, capteur toiture avec tuile, capteur toiture translucide à effet de serre, capteur toiture à absorbeurs poreux, etc. Ici sera présenté seulement le capteur toiture opaque qui est celui utilisé sur l'expérimentation de Patuchev. La toiture de l'exploitation se compose d'une double paroi constituée d'une lame d'air qui forme le capteur solaire :

- La paroi située à l'extérieur est opaque et de couleur sombre et mate afin d'optimiser l'absorption des rayonnements solaires et la restituer à l'air circulant entre les deux parois.
- La paroi intérieure est quant à elle isolée et étanchéifiée ce qui permet de limiter les infiltrations d'air et d'humidité ainsi que les pertes d'énergies.

L'air passant dans cette double paroi se retrouve donc chauffé et le pouvoir évaporatoire de l'air peut s'accroître de 50 à plus de 100 % selon l'installation. En effet, la conception du capteur doit être réalisée avec précision afin que la récupération de chaleur par l'air soit optimisée. Pour cela, la dimension entre les deux parois, l'orientation et l'inclinaison de la toiture, les matériaux utilisés pour la face extérieure comme celle intérieure rentrent en jeu pour le rendement global du capteur solaire.

Une fois que l'air extérieur est passé dans les gaines de récupération, il va être aspiré dans une chambre positionnée du côté de la pente ascendante du toit (dont la façade peut être elle aussi assombrie pour capter les rayonnements solaires), par de gros ventilateurs puis propulsé sous le foin entreposé sur caillebotis.

Les ventilateurs utilisent de l'énergie électrique pour fonctionner, comme la griffe. Ils représentent à eux deux les seuls coûts à prendre en compte pour la consommation énergétique du séchoir en grange solaire. En effet l'énergie solaire utilisée pour chauffer l'air est gratuite mais pas l'énergie électrique. D'après une étude réalisée pour le compte de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), la consommation électrique pour un séchoir de fourrage en vrac est d'environ 100 kWh par Tonne de MS (tMS). Sur les 20 agriculteurs répondants à l'enquête, la consommation électrique varie de 30 à 230 kWh/tMS, avec une moyenne de 98 kWh/tMS dans l'Ouest et 95 kWh/tMS dans le Massif Central.

Une fois que cet air chaud et sec est propulsé sous les caillebotis, il va suivre un mouvement ascendant. L'air va donc traverser les différentes couches de foin entreposées dans la cellule et se charger de l'humidité présente dans ces couches afin de les sécher. Le foin situé en fond de cellule va être sec, l'air le traversant ne prélèvera plus d'eau. La zone d'échange va donc petit à petit s'élever vers le haut de la cellule et ainsi sécher les différentes couches entreposées.

Il est très important que l'air saturé en eau et froid soit évacué facilement hors du bâtiment pour éviter tout phénomène de condensation sur les parois et donc de leur détérioration.

c) Les grandes étapes : récolte – conservation – distribution

- ✓ Lorsqu'un créneau de 2 à 3 jours de beau temps est prévu, on doit réaliser la fauche soit le matin après disparition de la rosée, soit le soir pour maximiser les teneurs en sucre du fourrage. L'herbe doit être fauchée au stade précoce, c'est-à-dire entre le stade épi 10 cm et début épiaison pour les graminées et dès l'apparition des premiers bourgeons pour les légumineuses, à une hauteur de 7 à 8 cm pour que la prairie puisse redémarrer. Elle est ensuite pré-fanée et laissée au champ environ 48h (voir plus si le temps est incertain) afin d'être engrangée aux alentours de 50 à 60 % de MS.
- ✓ L'herbe est ensuite récoltée en vrac à l'aide d'une auto-chargeuse après avoir été andainée. Le fourrage est ensuite réparti dans les différentes cases de séchage sur une hauteur de 1,5 à 2 m pour assurer une circulation homogène de l'air. Au démarrage d'une cellule, il est important de mettre plus de foin au tour de la cellule et sur la gaine si elle n'est pas enterrée. Si le fourrage rentré est trop humide, il ne faut pas hésiter à le décompacter.

- ✓ Le fourrage est séché progressivement en 3 à 5 jours selon la météo. Celui-ci doit être ventilé en permanence durant son séchage et l'arrêt de la ventilation se fait progressivement. Il va atteindre une valeur aux alentours de 90% de matière sèche, ceci permettant une bonne conservation du fourrage.

Remarque : il est préférable de ventiler plus longtemps que de stopper la ventilation trop tôt, ceci permettant d'éviter les moisissures et l'échauffement du foin.

On peut trouver dans une même cellule des couches de foin rendues à différents stades :

- une couche de foin humide (rentré la veille ou le jour même), à la surface de la cellule
- une couche de foin en train de sécher ($1 \leq \text{nb jours} \leq 5$), au milieu de la cellule
- une couche de foin sec (≥ 5 jours), au fond de la cellule

Durant une saison, il peut y avoir différentes qualités de foin dans une même cellule. Au fond, on retrouve un foin de printemps plus riche en énergie ; au milieu, un foin d'été plus riche en fibres ; et à l'automne un foin plus azoté. Certaines personnes peuvent préconiser de mélanger les différentes couches de foin une fois séché afin d'avoir un fourrage plus homogène

- ✓ 1 à 3 jours après l'arrêt des ventilateurs, les remettre en route afin de sentir le foin pour contrôler s'il est sec. Une fois sec, il reste stocké dans les cellules avant d'être distribué aux animaux à l'aide d'une griffe.

d) Le séchage en grange présente plus d'un avantage...

La qualité du fourrage

- Un fourrage de bonne qualité toute l'année, grâce entre autre à une meilleure conservation des feuilles de légumineuses riches en protéines.
- Possibilité de récolter le foin au moins à 55 % de MS, au-delà de 60 à 70 % de MS les pertes par émiettement sont trop importantes. Lors d'un foin classique les pertes sont de 20 à 25 % et si le fourrage est exposé à la pluie, elles peuvent atteindre 40 %.
- Possibilité de récolter le foin au stade végétatif optimal, c'est-à-dire une dizaine de jours avant épiaison pour les graminées et au stade bourgeonnement pour les légumineuses.
- Un nombre de coupes qui augmente par parcelle grâce aux coupes précoces du printemps, permettant ainsi d'améliorer le rendement des prairies par unité de surface.

- Un foin beaucoup plus appétant pour les animaux.

Amélioration des prairies

- Le séchage en grange améliore la pérennité des prairies en limitant le nombre de passage et donc de compactage de la parcelle.
- Bon développement des légumineuses et des graminées (RGA, dactyle, fétuque...) favorisé par les coupes précoces et au détriment de la pousse d'adventices.
- Privilégier une coupe haute, c'est-à-dire de 5 à 8 cm afin de préserver la qualité sanitaire de la prairie. Ceci permet aussi un redémarrage plus rapide de la prairie fauchée.

Sécurité

Moins de dépendance au climat, besoin de moins de temps de séchage, environ 48 à 72 h au lieu de 4 à 5 jours de suite de beau temps pour un foin classique, parfois difficile à trouver dans certaines régions au printemps.

Conditions de travail

- Amélioration des conditions de travail en hiver.
- Le séchage en grange est adapté à un seul UTH.

Niveau sanitaire du troupeau

- Présence de moins de butyriques dans le lait due à l'absence de moisissures dans le fourrage.
- Observations d'une baisse de toxémie de gestation.

Environnemental

- Moins de déchets que l'enrubannage, l'ensilage ou des bottes (ficelle, bâche, pneu, jus).
- Utilisation de l'énergie solaire, énergie respectueuse de l'environnement.
- Une consommation de gazole moins importante grâce à une diminution des passages sur une même parcelle, réduction des gaz à effets de serre.
- Utilisation modérée des intrants limitant les risques de pollutions des sols et des eaux.
- Allongement des rotations qui limitent l'impact négatif des travaux sur la vie microbienne du sol.

Gain économique

- Séchage en grange à l'énergie solaire qui ne présente aucun coût (mise à part les ventilateurs et la griffe qui fonctionnent à l'électricité, énergie peu coûteuse)
- Réduction de l'utilisation de concentrés dans la ration grâce à un fourrage plus équilibré et une augmentation de la production fourragère à l'hectare.

- Les recours aux engrais, semences pesticides et aux travaux du sol sont limités.

e) ... mais aussi des inconvénients

- Nécessite un investissement important en immobilisations, environ 150.000 à 220.000€, pour un bâtiment de 150 tMS de stockage avec aménagement des cellules (caillebotis, gaine de distribution, ...), griffe, auto-chargeuse, ventilateurs avec raccord électrique ainsi que le capteur solaire.
- L'adaptation du séchoir à un bâtiment d'élevage déjà créé n'est pas toujours évidente.
- Une installation encore peu répandue et donc difficilement accessible.
- Un manque de références techniques concernant l'utilisation de foin ventilé, en particulier pour les systèmes d'élevages caprins.
- Reste quand même dépendant du climat vis-à-vis du rayonnement solaire.
- Nécessite une surveillance régulière en période de récolte qui mérite de l'attention ainsi que de l'expérience.
- Débit de chantier plus faible qu'en ensilage.

Le séchage en grange peut donc être une possibilité intéressante pour augmenter l'autonomie alimentaire des exploitations. Toutefois, pour tirer le maximum des avantages de cette technique, il est nécessaire de récolter un fourrage de qualité. Le choix d'implanter des prairies multi-espèces peut s'avérer comme une solution complémentaire.

3. La prairie multi-espèces

La prairie multi-espèces, comme son nom l'indique, se compose de différentes espèces qui associent le plus souvent plusieurs types de graminées et de légumineuses. Elle est peu utilisée par les exploitants agricoles à cause de son coût élevé au semis, mais surtout parce que ses rendements et ses valeurs alimentaires sont encore peu connus.

Pourtant, la prairie multi-espèces est bien une solution à envisager pour se tourner vers l'autonomie alimentaire, car le fourrage qui en est issu apporte des valeurs nutritives riches aux animaux. La complémentarité des espèces permet aussi d'apporter de nombreux avantages agronomiques comme : une meilleure structure du sol, l'apport d'azote par les légumineuses, la souplesse d'exploitation, ...). Toutefois les espèces du mélange doivent être judicieusement choisies pour que chacune trouve sa place et joue son rôle sans qu'il y ait

Annexe 5

| Nature du foin | UEL | MAT (g/kg MS) | CB (g/kg MS) | UFL | PDIN (g/kg MS) | PDIE (g/kg MS) |
|--------------------------------|------|------------------|-----------------|------|-------------------|-------------------|
| RGI | 1,05 | 101 | 299 | 0,72 | 65 | 79 |
| Fétuque | 1,08 | 131 | 288 | 0,69 | 86 | 85 |
| Luzerne | 1,03 | 180 | 349 | 0,67 | 117 | 91 |
| Issu de prairies multi-espèces | 0,99 | 137 | 262 | 0,82 | 88 | 88 |

Tableau 1 : Comparaison de moyenne de valeurs alimentaires d'un foin de RGI, de Luzerne, de Fétuque (Source : INSTITUT DE L'ELEVAGE L'alimentation pratique des chèvres laitières p.186) et issu de prairie multi-espèces (Source : La Blanche Maison)

une trop forte concurrence entre elles. Si le choix réalisé est juste, la prairie bénéficiera :

- D'une forte robustesse qui permettra de réduire la variabilité interannuelle
- D'une bonne croissance même dans des zones aux conditions plus défavorables
- D'une bonne valeur alimentaire de l'herbe
- D'une pousse homogène durant tout le long de l'année
- D'un apport d'intrants fortement réduit voire inexistant (grâce aux légumineuses présentes dans le mélange)
- D'une production de MS élevée et régulière

Le choix des bonnes espèces est donc primordial, c'est pourquoi il existe de nombreuses documentations nous renseignant sur la complémentarité ou l'antagonisme inter-espèces ([exemple](#) : AFPF, 2014). Ils nous permettent de sélectionner des espèces adaptées aux conditions pédoclimatiques de la région, à l'utilisation de la parcelle et pour leur intérêt zootechnique. Il est donc important de choisir ses variétés au moins sur des critères de précocité, ploïdie et de souplesse d'exploitation. Il faut aussi veiller à ce que les espèces présentent des degrés d'agressivité comparables dans le mélange.

Pour réaliser un foin, les variétés d'espèces diploïdes sont préférées, car elles contiennent moins d'eau que les variétés tétraploïdes. Il est aussi important de prendre des variétés à épiaison tardive, car si l'épiaison est trop précoce, la perte de valeur de la plante sera déjà engagée lorsque les conditions météorologiques seront adéquates à faire du foin classique. Avec le système de séchage en grange, permettant de récolter plus tôt, on peut s'affranchir de cette contrainte.

Lorsque l'on compare un foin issu de prairie multi-espèce à des foins mono espèce (cf. Tableau 1), on remarque une différence non négligeable de leurs valeurs alimentaires. Le foin issu de prairie multi-espèce possède des valeurs azotées (MAT, PDIE, PDIN) supérieures aux foins de RGI ou de Fétuque, mais encore loin de la performance des foins de Luzerne. Le foin issu de prairie multi-espèces, à contrario des autres foins, a des valeurs d'encombrement (UEL) et de cellulose brute (CB) nettement inférieures, et donc une meilleure digestibilité pour l'animal.

Or, plus la digestibilité du fourrage est grande plus l'ingestibilité sera grande, donc on se rapprochera d'une autonomie en fourrage. Par contre si l'ingestibilité est trop grande, ceci peut entraîner chez l'animal des pertes de 2 à 5 g/l de matière grasse (MG) (Bossis N. et *al.*, Fiches techniques de l'Institut de l'élevage, 2012)

Dans l'Orne, sur le site de l'INRA du Pin-au-Haras, des essais ont été menés sur la comparaison de deux mélanges de prairies multi-espèces consommés en vert et séchés en grange (Delaby et *al.*, 2008). Les caractéristiques nutritionnelles des foins ventilés ont peu varié par rapport à l'herbe verte. Ils ont observé une petite diminution des valeurs énergétiques (- 0,06 UFL/kg MS), une augmentation de la cellulose brute (+ 9 g/kg MS) et une perte limitée de la MAT (- 10 g/kg MS) du foin une fois séché. Les teneurs en PDIE et PDIN sont quant à elles égales, voire même supérieures à l'herbe verte. La présence de différentes espèces mais surtout de légumineuses dans les prairies multi-espèces, permet d'augmenter la valeur de MAT et de PDIN du fourrage.

D'autres suivis ont été réalisés à la ferme expérimentale de la Blanche Maison afin de mieux connaître les caractéristiques nutritionnelles de foin issu de prairies multi-espèces une fois séché en vrac (Houssin et *al.*, 2010). Ces expérimentations ont permis de montrer qu'il y avait plusieurs facteurs qui jouaient sur ces valeurs nutritionnelles. En effet les 1^{ères} coupes ont des valeurs énergétiques meilleures que les suivantes, de même pour la digestibilité et l'encombrement. Quant aux coupes suivantes, leur MAT ainsi que leur teneur en cellulose brute sont plus élevés. Le phénomène pédoclimatique de la région est aussi un facteur de variation de ces valeurs. De manière générale, les valeurs des foins de prairies multi-espèces séchés en grange sont bonnes, mais restent hétérogènes. On peut retenir qu'il faut récolter au stade jeune afin d'avoir des graminées et des légumineuses digestibles dans le mélange ainsi que des caractéristiques nutritionnelles importantes.

A l'aide de ces deux suivis, on peut voir que les prairies multi-espèces sont adaptées au séchage en vrac. En effet les valeurs nutritionnelles entre l'herbe verte et le foin séché en grange varient peu. Il est cependant conseillé de faire attention au stade de récolte afin de conserver au maximum la qualité biochimique du foin.

De manière générale, l'intérêt d'utiliser des prairies multi-espèces associées à un système de séchage en grange est d'augmenter la teneur en protéines de la ration. Cet élément est primordial pour améliorer l'autonomie alimentaire des systèmes d'élevages car l'achat de concentrés azotés du commerce peut s'avérer très couteux.

L'alimentation d'un élevage caprin représente la part la plus importante des coûts de production du lait. Les concentrés représentent quasiment un quart de ce coût de production. Il est donc nécessaire pour les éleveurs d'essayer de diminuer ce coût d'achat d'aliment et de se tourner vers une autonomie plus importante de leur système, sans pour autant négliger la charge de travail et le coût de sa propre production en aliment. Le choix de la mise en place d'un séchoir en grange associé à l'implantation de prairies multi-espèces dans l'expérimentation, a été réalisé dans le but d'augmenter la teneur en protéine du fourrage et donc de la ration.

En quoi l'utilisation de foin ventilé issu de prairies multi-espèces peut-il améliorer l'autonomie d'un élevage caprin laitier ?

Ayant à disposition 10 semaines de stage au sein de l'INRA, mon étude s'est donc portée directement sur un seul des 3 systèmes du dispositif expérimental. Le lot conduit en contre saison et élevé en bâtiment offre des mesures supplémentaires, comme celle de l'ingestion. Toutes ces données récoltées par l'ensemble de l'équipe « Patuhev » vont me permettre une analyse plus complète de mon sujet.

III - Matériels et méthodes

1. Le dispositif expérimental

a) Le lot dessaisonné bâtiment

Le lot dessaisonné bâtiment (DB) réunit une soixantaine de chèvres. Comme son nom l'indique, le troupeau est mené en reproduction dessaisonnée et élevé exclusivement en bâtiment. En effet, la chèvre est un animal cyclé en fonction de la durée de luminosité des jours. Les caprins comme les ovins, sont une espèce qui vient de manière naturelle en reproduction lorsque les jours diminuent à l'automne. Pour réaliser une reproduction en contre-saison, il est possible d'utiliser des hormones exogènes mais également, il est possible d'effectuer un traitement lumineux. Durant l'hiver, il sera appliqué des jours longs avec une lumière artificielle (16h d'éclairage pendant 90 jours) permettant de mimer une période estivale, et au printemps les lumières seront arrêtées, la chèvre aura donc l'impression que les jours diminuent et son cycle redémarrera.

Ce lot de chèvres est à la base issu de l'expérimentation précédente conduite en reproduction saisonnée (mises-bas en Février) et élevé en bâtiment avec une ration à base de concentrés et de la paille (système très efficace en terme de production mais coûteux). En 2011, les 150 chèvres présentes sur l'élevage ont été réparties dans les 3 systèmes d'élevages étudiés en tenant compte de leurs performances (production laitière, format, âge, potentiel génétique) de manière à obtenir 3 lots les plus homologues possibles. Lors de la création du projet Patuchev, il a été décidé d'amener progressivement les 2 systèmes dessaisonnés en contre saison, en avançant la reproduction d'un mois tous les ans. Ainsi, les chèvres du lot DB sont conduites durant cette période de transition sur un rythme légèrement accéléré car elles ont mis bas en Janvier 2012, Décembre 2012, Novembre 2013 et enfin mettront bas en Octobre 2014.

Le lot DB est entré dans la nouvelle chèvrerie, construite pour le projet, le 8 Octobre 2012. Le 5 Novembre 2012, c'est-à-dire 1 mois avant leur mise-bas, celles-ci ont changé de système d'alimentation (passage à une ration à base de foin ventilé) et donc c'est à partir de cette date que l'on peut considérer que le programme Patuchev a commencé pour ce système d'élevage.

L'insémination animale est pratiquée en 1^{er} cycle de reproduction sur l'ensemble des chèvres du lot. Les retours en chaleur sont effectués par la monte naturelle de bouc gardé

Annexe 6

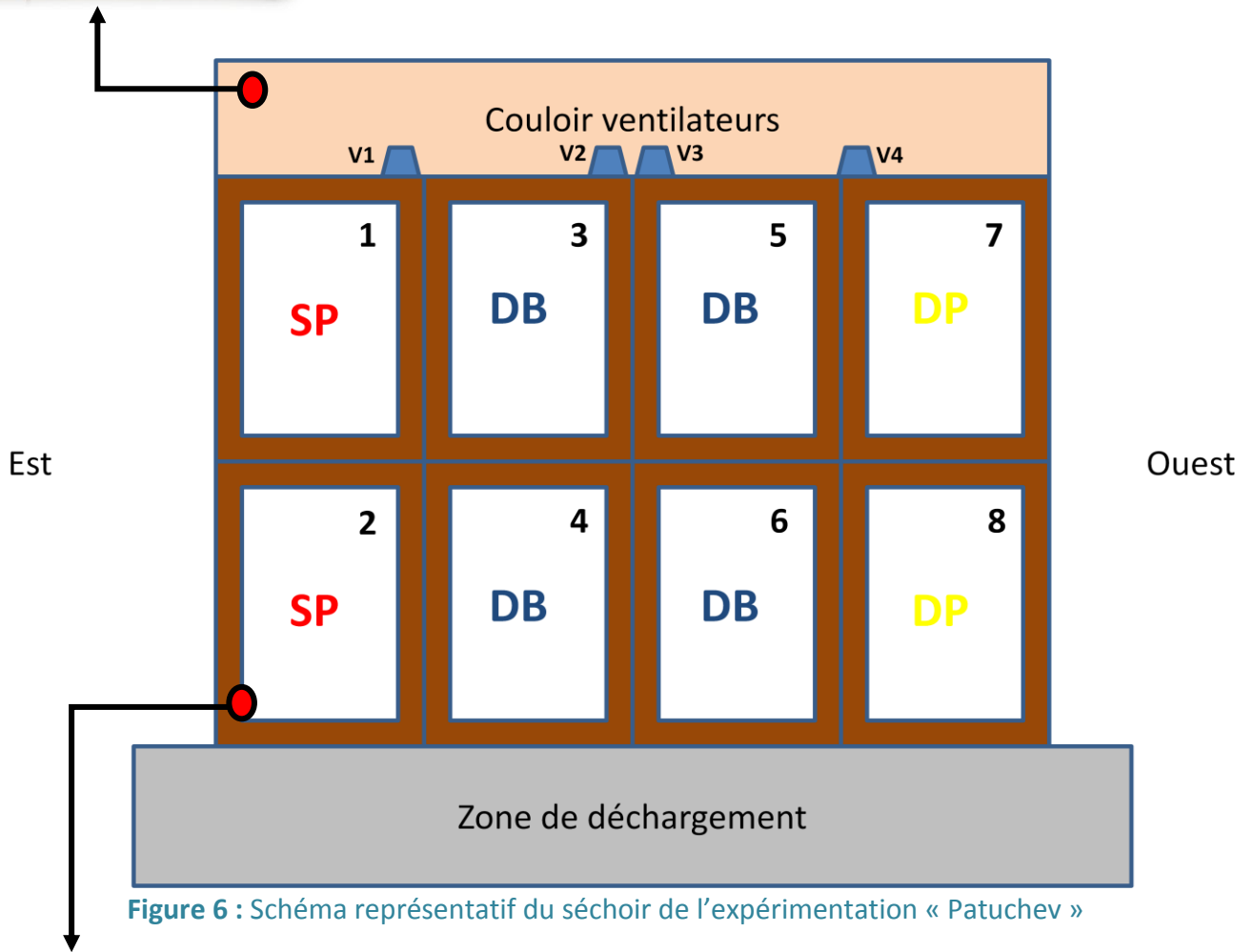


Figure 6 : Schéma représentatif du séchoir de l'expérience « Patuhev »



sur l'exploitation. Quant au renouvellement, qui est intra-système (les chevrettes nées de mères du lot DB reviennent dans le lot DB), seules les chevrettes issues des IA sont gardées pour la production future.

b) Le séchoir en grange à capteur solaire (cf. Figure 6)

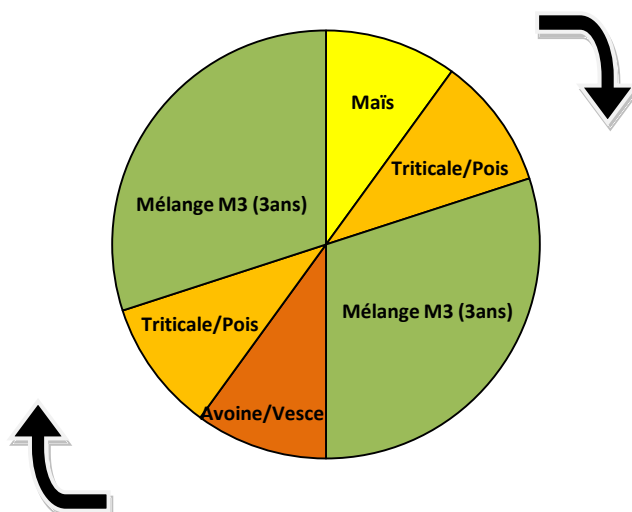
Le séchoir se divise en 8 cellules, dont 4 d'entre elles sont réservées au lot DB, puis les 4 cellules restantes se partagent équitablement entre les 2 systèmes (DP et SP). Il se compose de 4 ventilateurs ayant pour chacun d'entre eux 2 cellules à leur charge. Chaque cellule a une contenance d'environ 20 tonnes de foin. L'air extérieur rentre du côté Ouest de la toiture. Puis il se réchauffe tout le long de son trajet dans la double paroi avant de déboucher dans la gaine de ventilation, se situant à l'Est du bâtiment, dans la même inclinaison que la pente du toit. Le ventilateur 1 se trouvant en dessous de la gaine, il est possible qu'il hérite plus facilement de l'air chaud provenant de la toiture que du ventilateur 4.

Le séchage de foin des DB se divise donc en deux ventilateurs (ventilateur 2 et 3) puis en 4 cellules (cellules n°3, 4, 5 et 6).

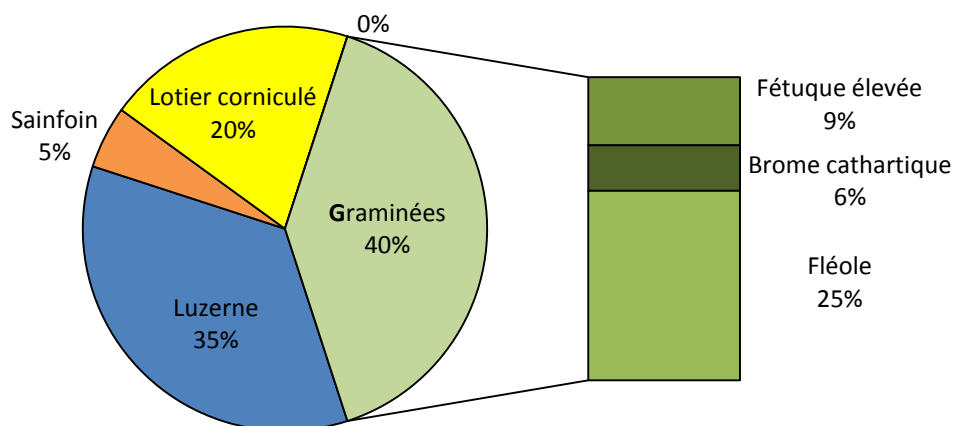
c) Assolement et rotation

Le lot DB dispose de 10 ha de surface agricole utile répartis en 6 ha de surface fourragère destinés exclusivement à la fauche, ainsi que 2 ha de Triticale/Pois fourrager (TP), 1 ha de Maïs et 1 ha de Vesce/Avoine, le tout situé à a peine 1 km.

La rotation de ces cultures est longue et s'effectue sur 10 ans :



Le mélange prairial réalisé sur ces 6 ha est composé de 6 espèces réparties de la manière suivante :



Ces 6 espèces sont complémentaires et ont chacune des caractéristiques bien précises :

- ✓ Sainfoin :
 - tolérant à la sécheresse
 - à toute sa place en mélange
 - adapté à la fauche
 - pérennité deux à trois ans
 - peu agressif
 - fourrage très appétant et apprécié par les caprins
 - peu exigeant en fertilisant
- ✓ Lotier corniculé :
 - très tolérant à la sécheresse
 - riche en protéine et a une très bonne valeur alimentaire
 - pérennité deux à trois ans
 - peu agressif
 - à associer avec de la luzerne et fétuque élevée
- ✓ Luzerne :
 - s'adapte à tous les climats
 - tolérante à la sécheresse
 - rendement élevé
 - très bonnes valeurs azotées
 - pérennité de trois à quatre ans
- ✓ Fléole :
 - démarre tôt au printemps
 - épiaison demi-précoce
 - adaptée à la fauche
 - très bonnes valeurs fourragères
 - pérennité trois à six ans
- ✓ Fétuque élevée :
 - robuste et régulière
 - espèce tardive
 - démarre tôt au printemps
 - adaptée à la fauche
 - bonnes valeurs alimentaires
 - très productive
 - pérennité trois à dix ans
 - bonne pousse en été
 - association avec luzerne
- ✓ Brome cathartique :
 - épiaison demi-tardive
 - adapté à la fauche
 - forte production
 - pérennité trois à quatre ans
 - faible remontaison à épi

2. Les mesures réalisées sur le dispositif

a) Suivi des prairies

Quantitatif :

La biomasse consiste à estimer une quantité de MS à disposition après la fauche de la prairie.

Pour cela, chaque remorque d'auto-chargeuse est pesée lors de l'entrée du foin dans le séchoir. Pour chaque remorque, 3 bonnes poignées sont prélevées afin de constituer un sac d'environ 750 g d'herbe. Le sac est ensuite pesé en vert (partiellement séché au champ en amont) et mis à l'étuve pendant 48 h à 80°C. Une fois sec, le foin est pesé afin d'établir le pourcentage de MS qu'il possédait à l'entrée du séchoir et ainsi établir le rendement en matière sèche des prairies.

Qualitatif :

- La composition botanique consiste à évaluer la proportion de chaque espèce présente dans la parcelle à faucher, afin de déterminer l'évolution de chaque espèce du mélange durant les différentes coupes de l'année.

La composition botanique est réalisée la veille ou bien le jour de la fauche. Les techniciens vont alors aller prélever 3 poignées d'une superficie au sol d'environ 0,2m x 0,3m chacune par demi-hectare, et les réunissent dans un seul sac. Ces 3 poignées sont sélectionnées à divers endroits aléatoirement dans la parcelle. Elles doivent représenter au mieux la diversité de la parcelle.

Exemple : pour une parcelle de fauche de 1 ha, il doit y avoir 6 points de prélèvements, c'est-à-dire 2 sacs de composition d'environ 500 g d'herbe chacun.

Une fois les échantillons, l'équipe trie chaque plante par espèce (Luzerne, Fléole, Fétuque élevée, ...). Pèse la quantité en vert, puis met les sacs à l'étuve pendant 48h à 80°C. Deux jours après, les échantillons sont sortis de l'étuve et pesés en sec afin de déterminer le pourcentage de MS de chaque espèce, et donc avoir une estimation de la proportion de chaque espèce présente dans la fauche réalisée.

- La biochimie permet d'estimer les valeurs énergétiques (UEL, UFL, MAT, CB, PDIN, PDIE, ...) du fourrage vert lors de la fauche.

Pour cela, il est appliqué le même protocole que pour la composition botanique, c'est-à-dire 3 poignées d'une superficie de 0,2m x 0,3m par demi-hectare la veille ou le jour

même de la fauche. Chaque sac d'herbe récoltée est ensuite pesé et mis à l'étuve à 60°C pendant 72h. Cette différence de température avec le premier protocole n'est pas anodine. En effet, un séchage à basse température permet de sécuriser toutes pertes de valeurs énergétiques par brûlure. Après ces 3 jours de séchage, la masse en sec de chaque sac de biochimie est pesée, puis broyée. Les flacons sont ensuite envoyés puis analysés par le laboratoire d'analyses biochimique du Centre Ouest (LABCO) à Surgères. Toutes les données concernant les résultats des analyses sont envoyées sous fichier par le laboratoire.

Pour l'année 2014, du fait qu'au moment de la distribution du foin, il est impossible de repérer les différentes coupes dans les cellules, un autre protocole a été créé afin d'établir la valeur biochimique du foin de chaque coupe une fois séché, pour le comparer aux valeurs biochimique obtenues en vert avant la coupe. Ceci permettra d'évaluer les pertes énergétiques du fourrage lors de son séchage au sol et dans la cellule.

La méthode consiste à récupérer une poignée de foin par remorque d'auto-chargeuse dans un filet à linge, lors du jour d'entrée du foin dans le séchoir. Ce filet est ensuite étiqueté du nom de la parcelle, de la date de fauche et du numéro de la coupe, puis placé dans la cellule lui correspondant. Cet échantillon va donc sécher dans les mêmes conditions que la totalité du foin récolté. Le contenu du filet est récupéré et analysé lorsqu'il revient à la surface de la cellule au fur et à mesure des distributions de foin.

Ce suivi permettra donc de comparer la valeur énergétique du fourrage vert au fourrage une fois séché en prenant compte son origine de départ (parcelle, numéro de coupe).

b) Suivi de l'ingestion

Quantitatif :

Tous les jours, lors de la distribution du fourrage, le foin est pesé avant d'être distribué à l'aide d'un chariot peseur. Le foin resté dans l'auge la veille, appelé « refus », est lui aussi récupéré et pesé avec le chariot. Grâce à ces données, on peut calculer la quantité de foin ingérée par le lot de chèvre et estimer une quantité ingérée par chèvre.

Ce chariot est directement relié au réseau. Il enregistre toutes les pesés sous format Excel en créant un fichier jour par jour.

Qualitatif :

Un suivi des valeurs biochimiques du foin est aussi entrepris par l'expérimentation. Chaque jour, une poignée du foin distribué et des refus est prélevée pour constituer un échantillon moyen chaque semaine. Les deux échantillons, « distribué » et « refus » sont pesés et mis à l'étuve à 60 °C pendant 24 h. A leur sortie, ils sont repesés puis broyés afin qu'ils soient analysés par LABCO à Surgères.

c) Suivi de la production laitière...

... au lot

Quantitatif :

Tous les jours, l'équipe réalise une pesée du tank à lait par lot. En effet, l'expérimentation est composée de 3 lots bien distincts, mais leur lait est récolté dans le même tank. Pour cela, il a été installé des capteurs sous le tank, permettant d'évaluer une quantité de lait produit pour chaque lot. Quand le premier lot passe, les techniciens relèvent le poids affiché par le compteur, puis ils le remettent à 0. Le lait ayant une densité supérieure à 1, la quantité de lait en litre est donc recalculée ultérieurement.

Qualitatif :

Trois fois par mois, l'équipe de Patuchev réalise un contrôle laitier en interne. Le lait de chaque lot est recueilli dans une pré-cuve où il y est mélangé. Un échantillon de ce pré-tank à lait est alors prélevé afin de déterminer des valeurs moyennes du troupeau concernant le TP, TB, cellules, ... Ce contrôle se fait sur 2 traites successives et un échantillon est prélevé pour chacune d'elle.

... individuelle

Quantitatif :

Une fois par semaine, sur deux traites successives (le Lundi soir puis le Mardi matin), la quantité de lait produite par chèvre est calculée à l'aide d'un automate de contrôle laitier (Lactocorder©). Ces données sont automatiquement enregistrées sur fichier Excel.

Qualitatif :

Une fois par mois, dans le cadre du contrôle laitier officiel, un échantillon par chèvre est réalisé sur deux traites successives. Il y a donc deux échantillons de lait par chèvre qui sont récupérés afin d'être analysés par le laboratoire interprofessionnel laitier du Centre Ouest. Les résultats individuels (TB, TP, cellules, germes, urée,...) de chaque chèvre sont

transmis par la suite sous fichier texte et une valeur moyenne (soir+matin) pondérée par la quantité de lait produit est calculée.

d) Suivi de la consommation électrique du séchoir

Afin de pouvoir déterminer la consommation en électricité du séchoir à foin, l'équipe expérimentale de Patuchev a mis en place un procédé simpliste se basant sur les relevés de compteurs électriques sur chaque ventilateur et la griffe. En effet, la seule consommation d'énergie dite non renouvelable du séchoir à capteur solaire est l'utilisation d'électricité du fonctionnement des ventilateurs et de la griffe.

Ventilateur :

A chaque utilisation des ventilateurs, les techniciens remplissent une fiche papier sur laquelle ils indiquent :

- Le numéro de la cellule pour laquelle le ventilateur fonctionne
- La date et l'heure de mise en route et d'arrêt
- Le relevé du compteur (en kWh) au début et à la fin de son utilisation
- Le régime des ventilateurs, soit en continue, soit en alternatif

A partir de ces données, on peut estimer la quantité de kWh utilisée pour chaque cellule en fonction de la quantité de foin présent dans la cellule, et donc ramener à un nombre de kWh/tMS de foin rentré.

Griffe :

Durant ma période de stage, j'ai mis en place un procédé se basant sur celui de la consommation énergétique des ventilateurs. Pour cela, j'ai créé une fiche permettant de prendre en note :

- Le temps de fonctionnement de la griffe lors de la récolte de foin
- La masse de foin (en tMS) déplacée par la griffe
- Le relevé du compteur (en kWh) avant et après utilisation

A partir de ces données, on peut donc calculer le nombre de kWh utilisé par tMS de foin déplacé, ce qui permet d'évaluer la consommation électrique lors de la récolte de foin, mais aussi d'estimer la consommation électrique journalière de la griffe lors de la distribution du fourrage.

Annexe 7

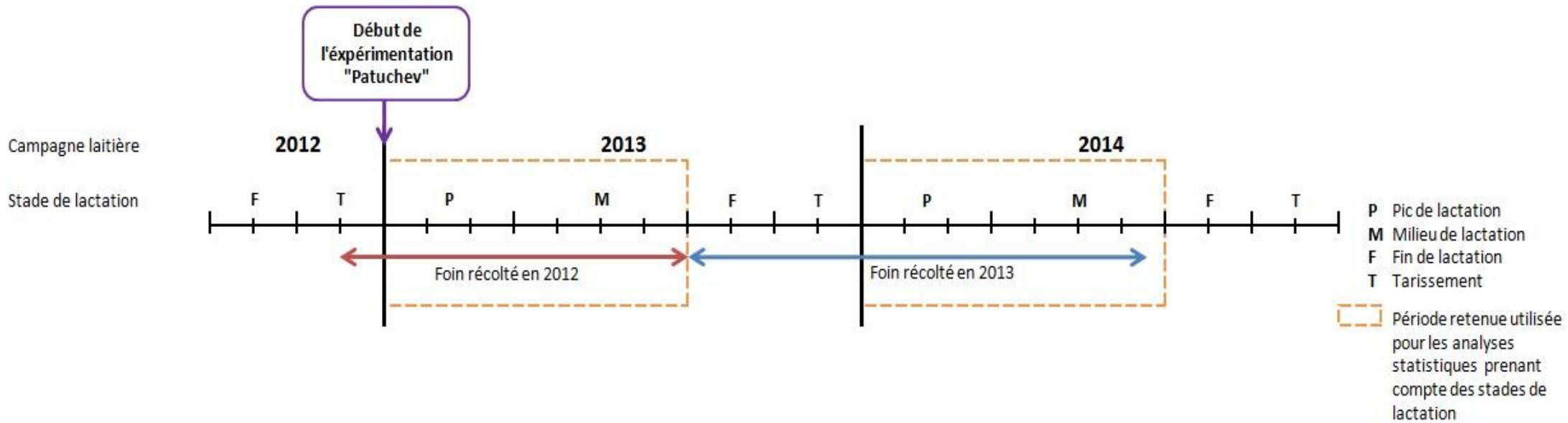
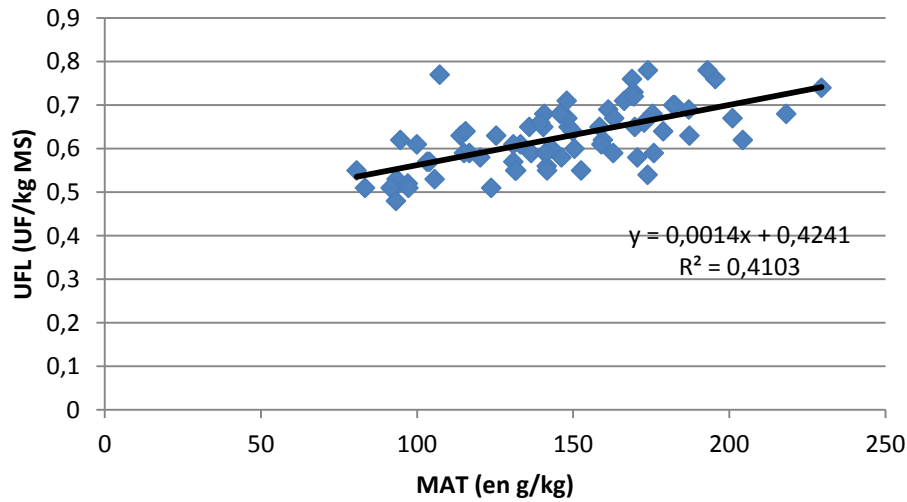
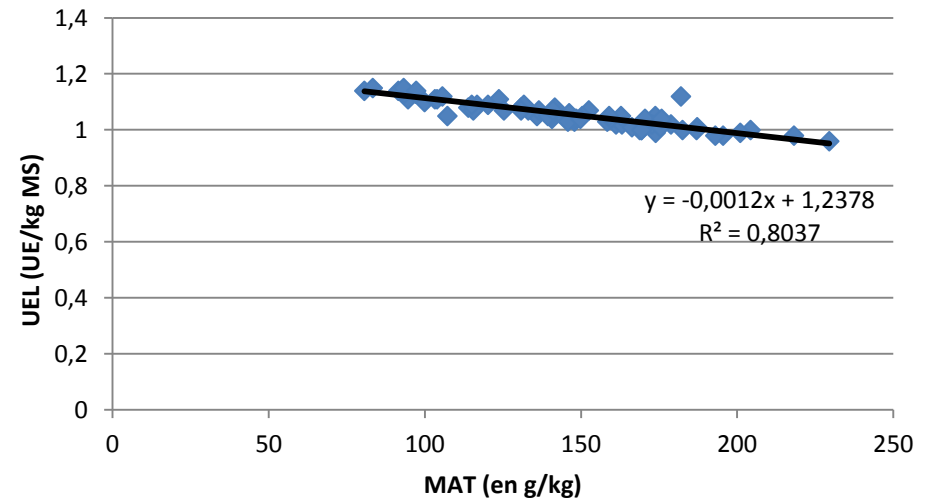


Figure 7 : Schéma explicatif de l'analyse statistique



Graphique 3 : Corrélation de la valeur MAT avec la valeur UFL



Graphique 4 : Corrélation de la valeur MAT avec la valeur UEL

e) L'analyse statistique (cf. Figure 7)

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System) lors de mon stage. Nous allons essayer par cette approche, d'identifier les facteurs externes qui peuvent faire varier les résultats afin de les quantifier, pour les corriger avec la procédure GLM (General Linear Models) d'analyse de variance et d'estimation des effets.

Le choix a été fait d'utiliser 3 variables explicatives :

- **Le stade de lactation** : obtenu en différenciant chaque stade de lactation (4 périodes) durant l'année par un nombre de semaines. Le pic de lactation dure 12 semaines, le milieu de lactation, 19 semaines pour la campagne laitière 2013 et 14 semaines pour celle de 2014. Cette répartition n'a pas été choisie au hasard : la campagne laitière 2014 n'étant pas terminée au moment de l'analyse des résultats, cette répartition permettra de tester un effet stade avec deux modalités relativement comparables (Pic et Milieu) sur les deux années.
- **Année de récolte** : permet de caractériser le foin récolté en 2012 et en 2013, et par conséquent d'évaluer statistiquement la qualité du fourrage.
- **Niveau de MAT** : la MAT est un bon indicateur de la qualité du fourrage car il s'agit d'une valeur mesurée. Elle est directement donnée par les analyses biochimiques de foin, or que d'autres valeurs (UFL, UEL, PDI,...) sont calculées à partir d'équations nécessitant de connaître la proportion de chaque espèce dans l'échantillon. Dans le cas d'un échantillon de foin issu d'une prairie multi-espèces, séché et stocké en vrac, il est difficile au moment de la distribution de connaître la proportion de chaque espèce. Cependant, la MAT étant utilisée pour le calcul d'autres valeurs (Baumont et *al.*, 2009), et par conséquent bien corrélées entre elles (cf. Graphique 3 et 4), j'ai fait le choix de m'intéresser principalement à cette valeur pour caractériser le foin distribué. Ce choix se justifie d'autant plus que l'amélioration de l'autonomie en protéines de la ration représente un véritable enjeu.

Le niveau de MAT a été réparti en 2 classes, $MAT < 15$ et $MAT \geq 15$ %.

Le fichier de données utilisé pour l'analyse statistique est constitué de 73 observations. Chaque observation correspond à une semaine de campagne laitière. Ainsi

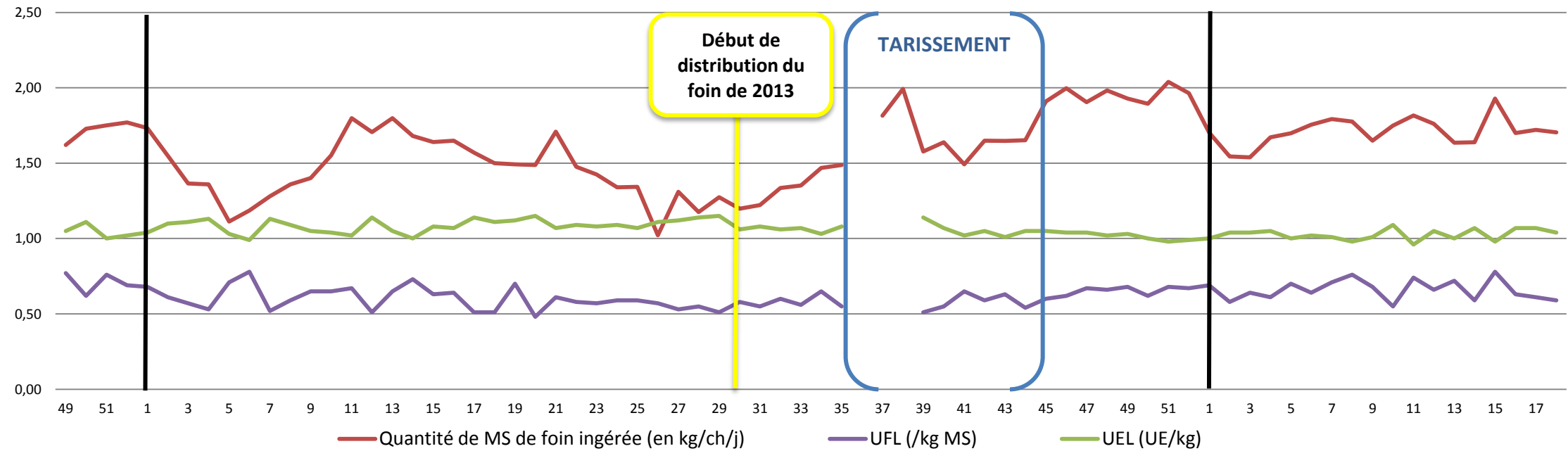
pour la campagne laitière 2013 je disposais de 47 observations et 26 pour celle de 2014. Par semaine les données récoltées sont les suivantes :

- Quantité moyenne de matière sèche de foin distribuée et ingérée par chèvre (moyenne constituée de 5 à 7 observations).
- Valeurs biochimiques d'un échantillon moyen du foin distribué.
- Quantité de concentrés distribuée par chèvre.
- Production laitière (hebdomadaire à partir de la semaine 20 de 2013, avant données mensuelles).

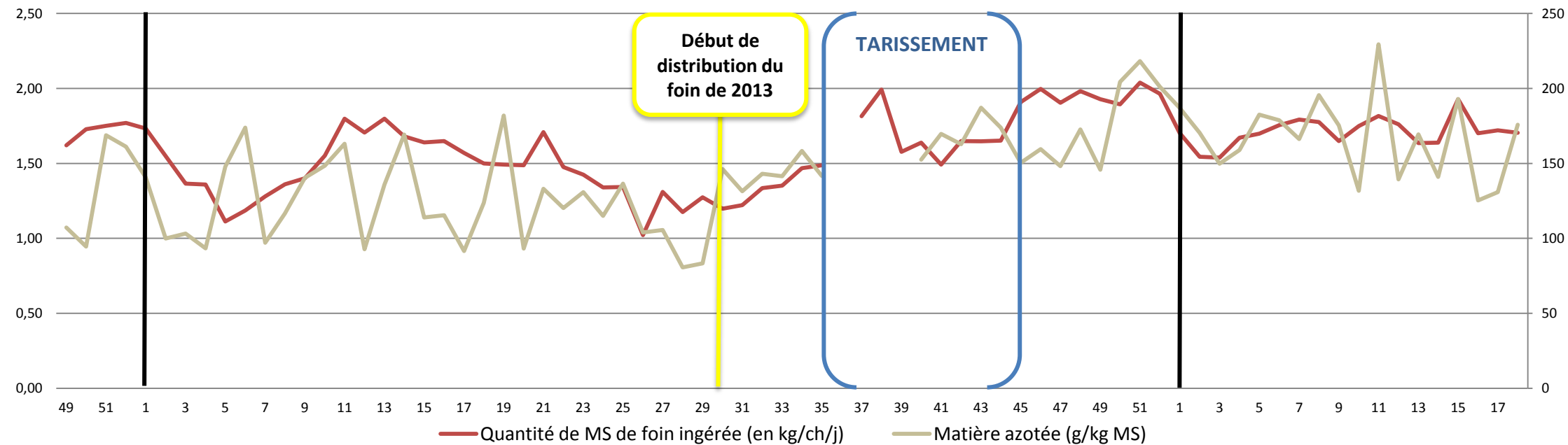
La qualité du lait étant évaluée une fois par mois, je disposais de 11 observations pour la campagne laitière 2013, et 6 observations pour la campagne laitière 2014.

On retiendra un effet comme significatif lorsque le test de probabilité sera inférieur à moins de 5 %.

Annexe 8



Graphique 5 : Evolution de la quantité de MS de foin ingérée avec ses valeurs en UFL et UEL en fonction des semaines



Graphique 6 : Evolution de la quantité de MS de foin ingérée avec ses valeurs de MAT en fonction des semaines

IV - Résultats et analyses

1. Impact du foin ventilé sur la performance du troupeau

a) Influence sur l'ingestion

L'ingestion de MS de foin ventilé issu de prairie multi-espèces a subitement augmenté pendant l'année 2013. Mais à quoi est-ce dû ?

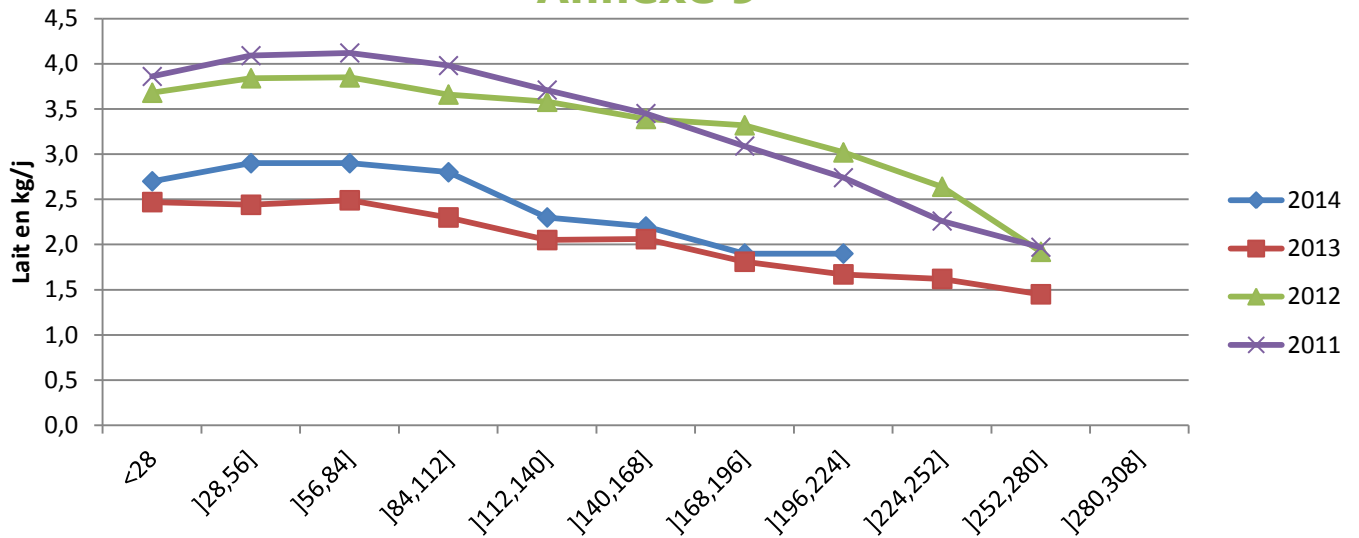
Les deux graphiques en annexe 8 nous montrent l'évolution de la quantité de MS de foin ingérée par chèvre et par jour lors des campagnes lactières de 2013 et 2014. On observe au cours de ces campagnes une variabilité du niveau d'ingestion. L'analyse statistique confirme que cette variation est liée au stade physiologique ($P < 0,4\%$), soit environ + 200g/chèvre/jour en début et milieu de lactation par rapport à la fin. Egalement, si l'on considère seulement les 6 premiers mois de lactation (« Pic » et « Milieu ») communs aux deux campagnes lactières, la quantité de MS de foin ingérée est supérieure de 230g/chèvre/jour lors de la campagne lactière 2014 ($P = 0,01\%$)

Le graphique 5 permet de visualiser l'évolution de la quantité de MS de foin ingérée /chèvre/jour avec l'évolution de sa qualité énergétique (UFL) et d'encombrement (UEL). On constate une fluctuation de la qualité du fourrage en fonction de l'année de récolte. En effet, l'analyse statistique nous révèle un lien de la qualité du fourrage (que ce soit pour la valeur d'encombrement, énergétique ou minérale du fourrage) avec l'année de récolte du fourrage ($P < 3,2\%$).

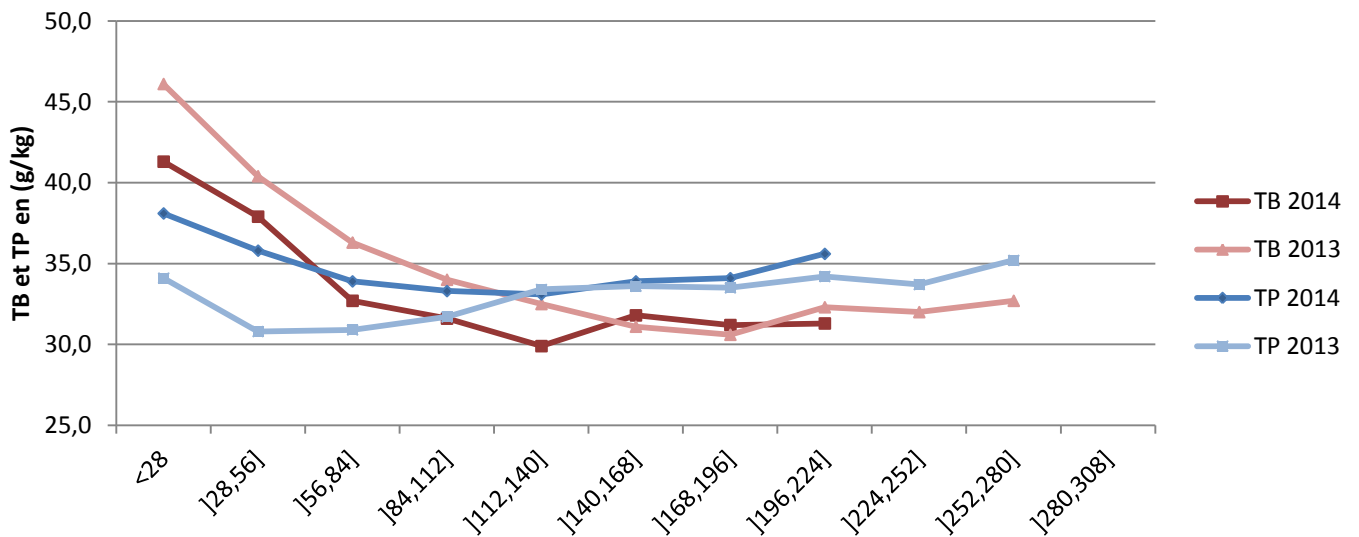
Le graphique 6 montre aussi une différence de qualité en MAT du fourrage selon l'année de récolte. Les analyses statistiques confirment cette observation au travers d'un effet année de récolte du fourrage ($P < 0,01\%$) avec une différence significative de + 4,45% de MAT pour le foin récolté en 2013.

La valeur MAT moyenne du foin récolté en 2012 (11,5 %) par rapport à celui de 2013 (15,9 %) peut éventuellement s'expliquer par un stade de récolte plus avancé pour celui de 2012, car la composition botanique du fourrage au moment de la fauche était comparable entre les 2 années (73 % de légumineuses en 2012 vs 68 % en 2013). Sachant que la perte liée au séchage sur le foin de 2013 est faible (16,1 % MAT à la récolte vs 15,9 % à la distribution), il a été impossible de tester un effet stade de récolte entre les 2 années, car le foin récolté en 2012 n'a pas été analysé en vert.

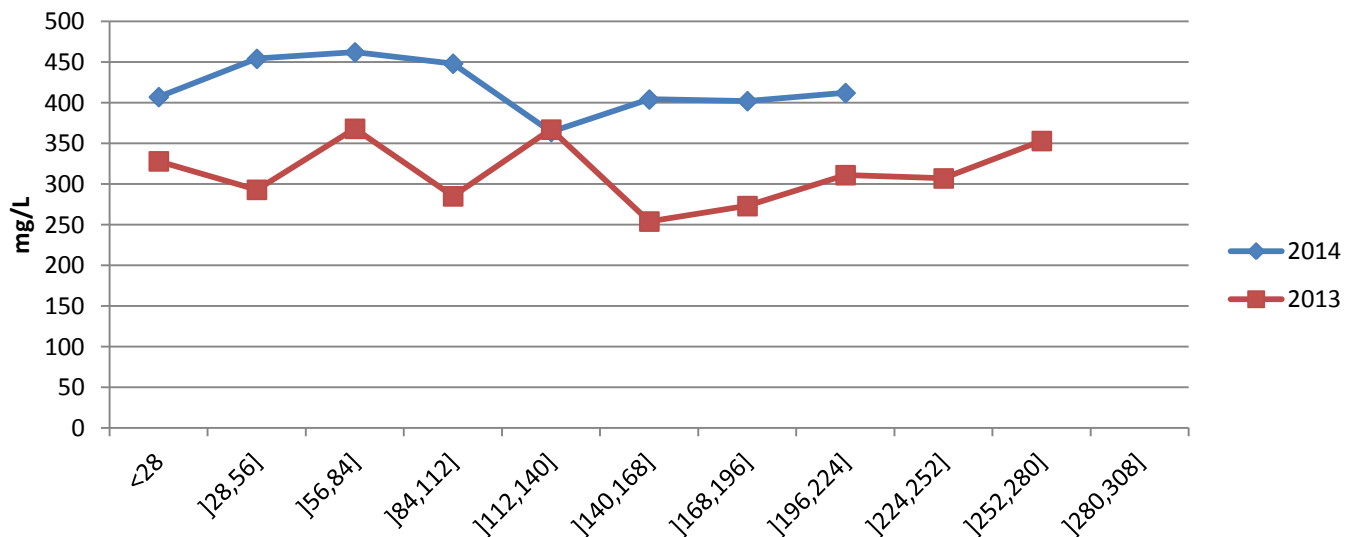
Annexe 9



Graphique 7 : Evolution de la production laitière par jour et chèvre en fonction du stade de lactation



Graphique 8 : Evolution du taux butyreux en fonction du stade de lactation



Graphique 9 : Evolution de l'urée en fonction du stade de lactation

b) Influence sur la productivité et la qualité du lait

Lors des campagnes laitières de 2011 et 2012, le lot DB était conduit avec une ration sèche composé de Verdi Cub, de foin de Luzerne et de concentrés. A partir de celle de 2013, le troupeau est entré dans la nouvelle expérimentation système « Patuhev ».

Les résultats présentés ci dessous correspondent aux valeurs moyennes individuelles.

Production laitière :

Le graphique 7 montre une baisse de la production journalière de lait par chèvre (environ – 1,5 L) entre les campagnes laitières 2011-2012, et celles de 2013-2014.

L'analyse statistique nous révèle qu'entre les campagnes laitières 2013 et 2014, l'effet stade intra campagne laitière n'est pas significatif. On peut donc comparer les 6 premiers mois de ces 2 campagnes laitières. Il nous montre bien une différence significative ($P=0,7\%$) de + 0,35 L pour 2014.

Taux Butyreux (TB) et Taux Protéique (TP) : (cf. Graphique 8)

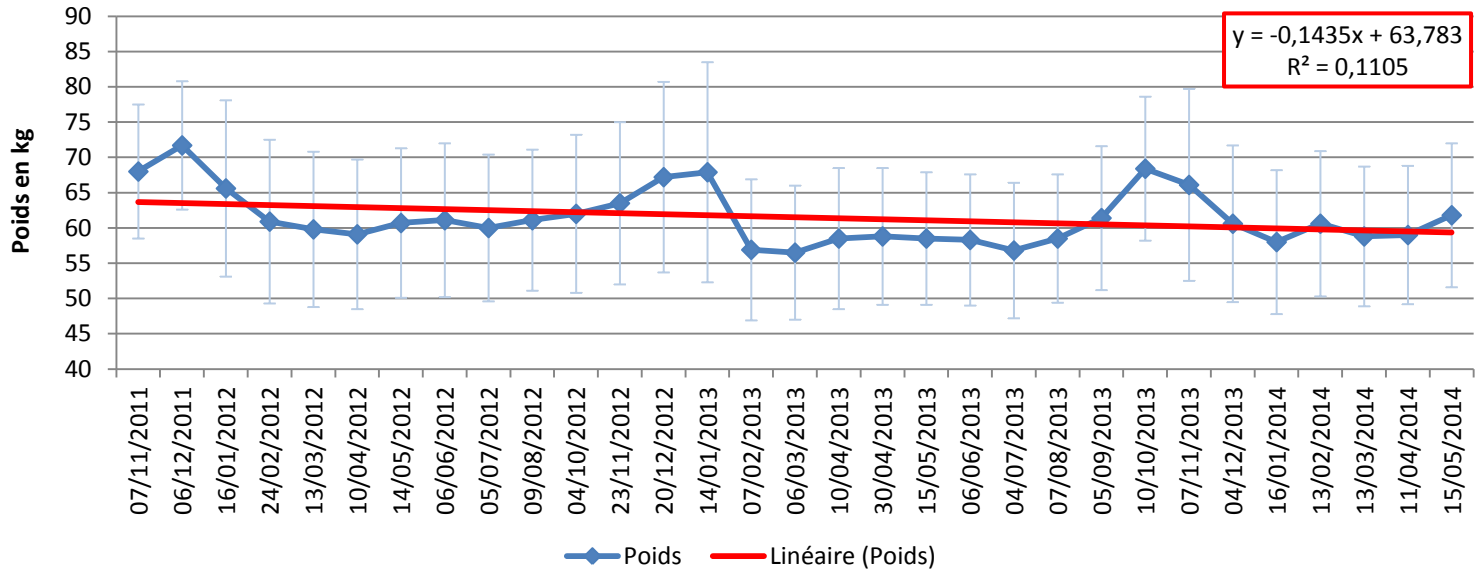
L'analyse statistique basée sur les 6 premiers mois de lactation 2013 et 2014, ne met pas en évidence de différence significative sur le TB moyen, mais une tendance à la significativité sur le TP se dégage ($P<0,7\%$), soit + 1,6 g/kg pour 2014. Toutefois ces taux moyens cachent une inversion de taux ($TP>TB$) sur une grande partie de la lactation. Celle-ci démarre dès le 140^{ème} jour de lactation en 2013 et encore 3mois plus tôt en 2014. Ces inversions de taux sont dues à une matière grasse relativement faible dans le lait, phénomène connu avec les foins ventilés.

Urée :

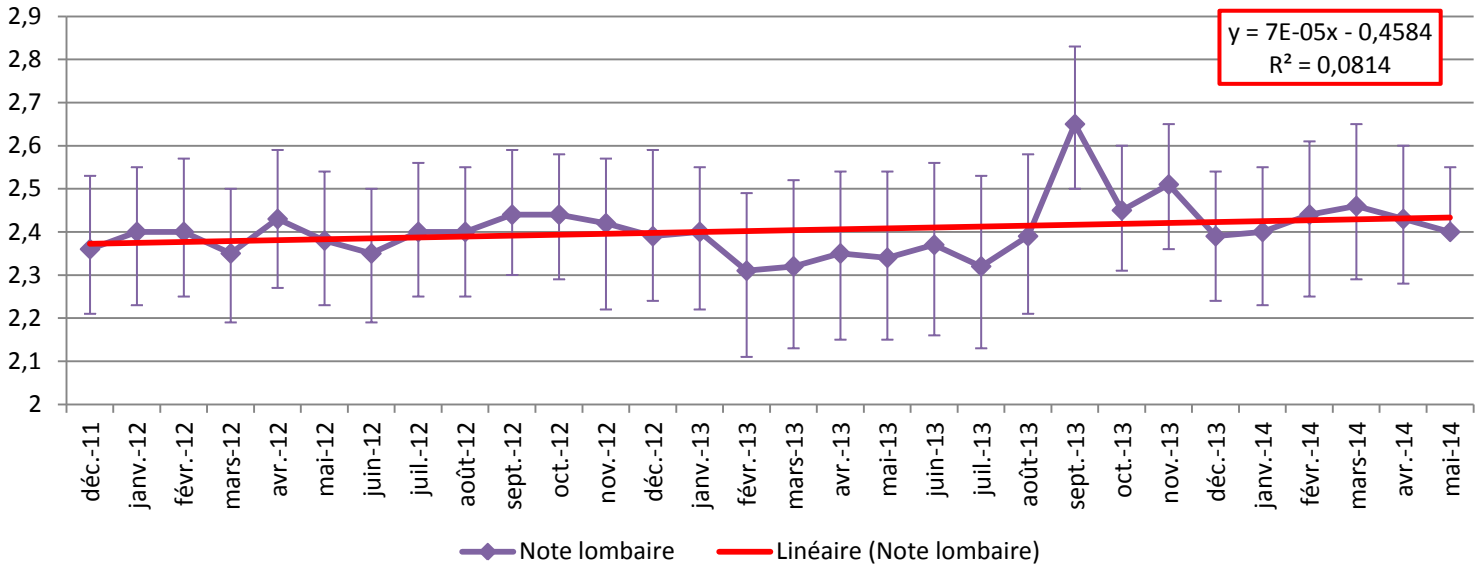
L'urée présente dans le lait de la chèvre est un indicateur qui permet d'apprécier un excès ou un déficit d'azote dans la ration. Si l'urée est inférieure à 300 mg/L de lait, cela signifie que l'apport d'azote dans la ration est faible. Pour une ration dite « normale », l'urée est aux alentours de 400 à 450 mg/L. Si les apports en azote sont supérieurs aux besoins de l'animal, alors le taux d'urée dans le lait est de 600 mg/L.

Grâce au graphique 9, on constate, quelle que soit l'année, le niveau d'urée dépasse rarement les 450 mg/L. L'analyse statistique nous révèle une différence presque significative ($P=8,4\%$) entre les deux campagnes (343 vs 417). Le niveau plus élevé en 2014 s'explique par une ration plus riche en azote (Fourrage et triticales/pois).

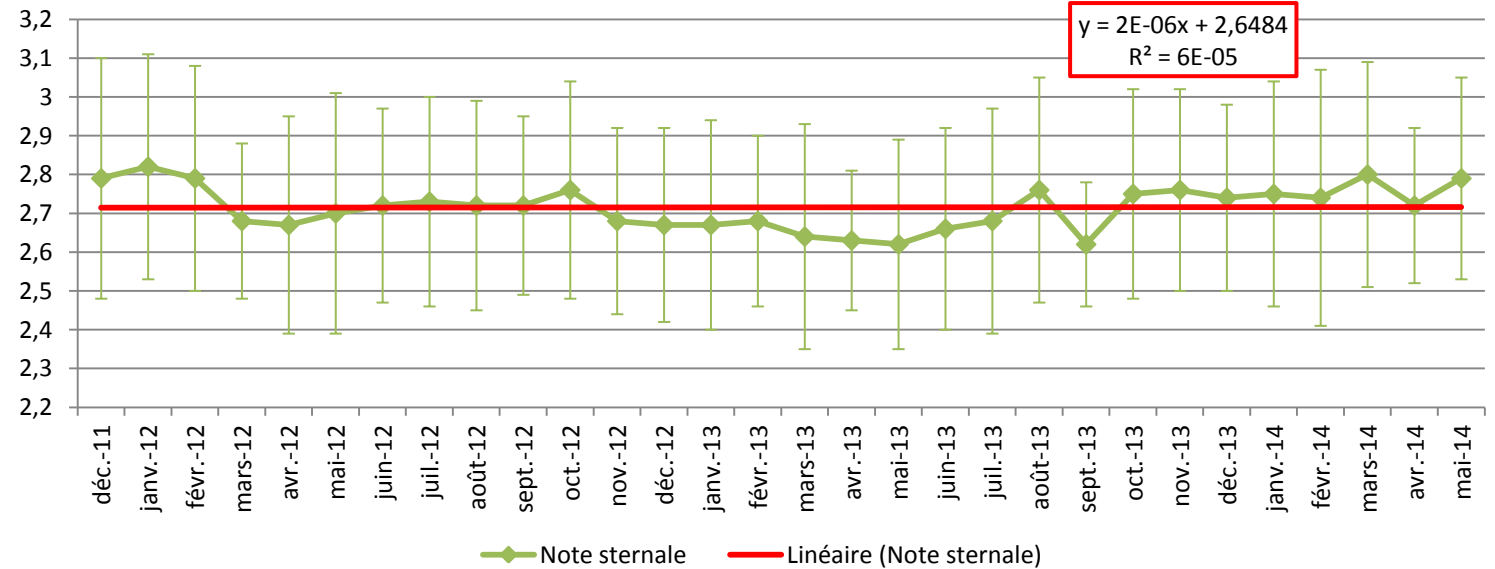
Annexe 10



Graphique 10 : Evolution du poids (kg) en fonction du temps



Graphique 11 : Evolution de la NEL en fonction du temps



Graphique 12 : Evolution de la NES en fonction du temps

c) Influence sur la physiologie des animaux

Poids :

D'après la courbe à tendance linéaire du graphique 10, on constate une légère différence de poids en 2013 après les mises-bas par rapport à 2012 et 2014. Les écarts types plus élevés au niveau des mises-bas s'expliquent par la différence intra-troupeau du stade physiologique.

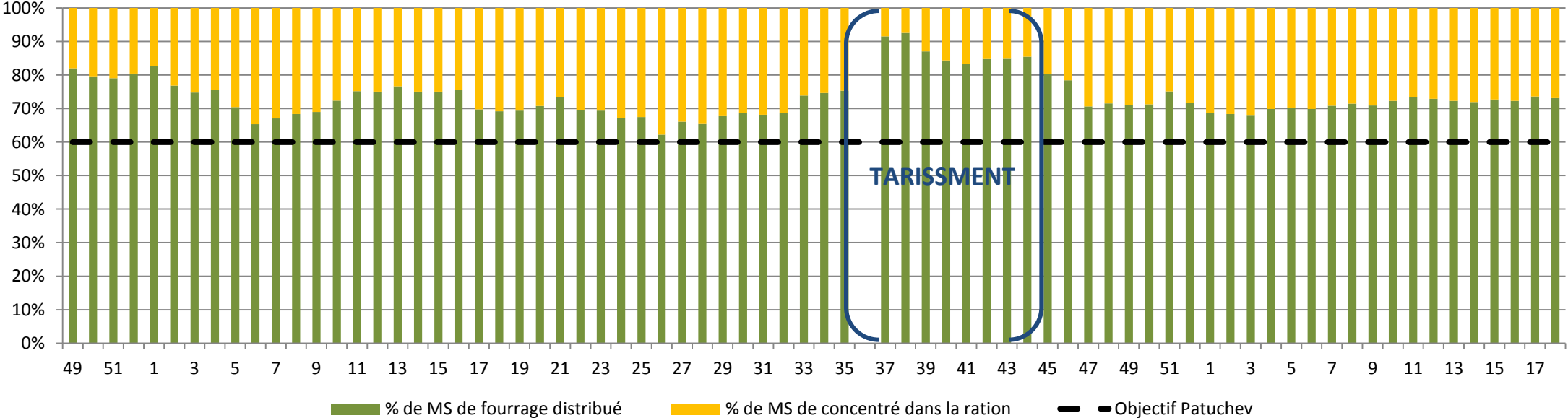
En effet, on peut remarquer qu'entre les mises-bas de 2011 et 2012 le poids moyen du troupeau est de 60 kg ou plus. Entre les mises-bas de 2012 et 2013 le poids baisse et se rapproche de 55 kg de moyenne. En 2014, le poids a tendance à revenir aux valeurs de 2012.

Note d'Etat Corporel (NEC) :

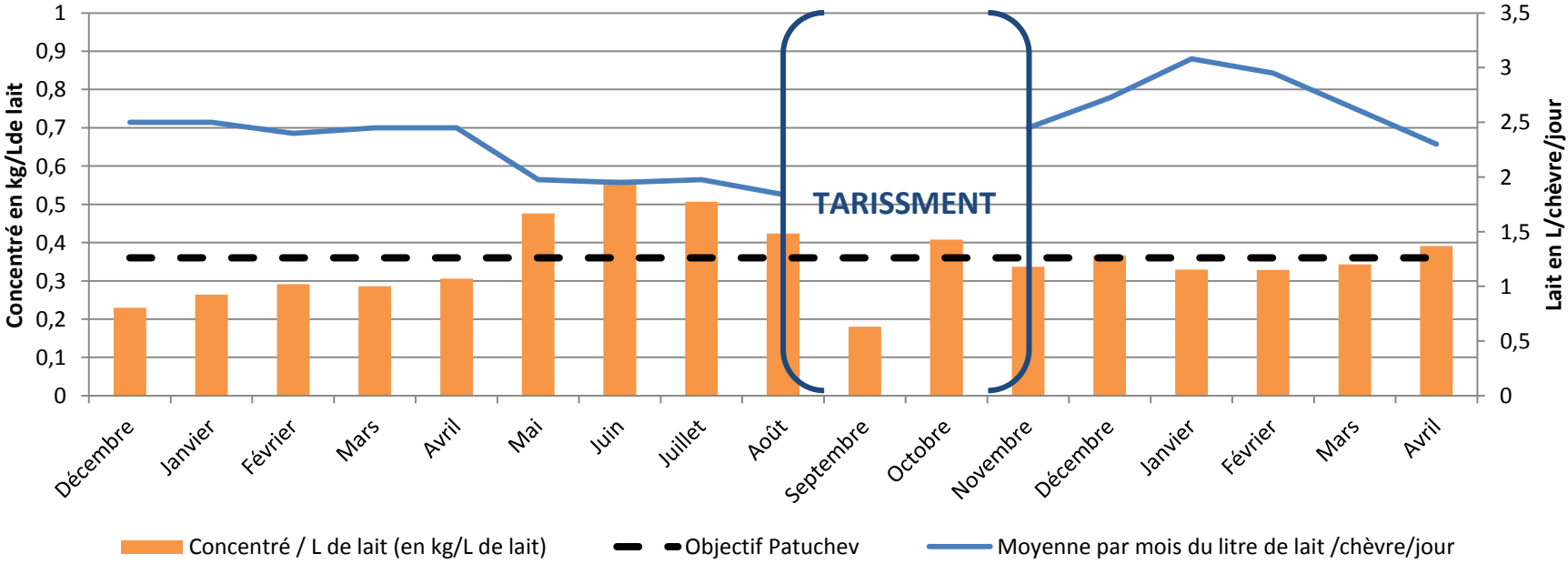
A l'aide du graphique 11, on constate une NEC lombaire (NEL) qui se situe aux alentours de 2,4 en moyenne. Depuis 2012, la NEL a eu tendance à augmenter légèrement. On peut voir qu'à partir de Février 2013, la NEL chute de 0,1 point. Elle retrouve sa tendance moyenne à partir d'Août 2013. Le point de Septembre 2013 peut s'expliquer par un changement d'opérateur, elle n'est donc pas significative de l'évolution de la NEL.

Sur le graphique 12, on observe une NEC sternale (NES) qui se situe aux alentours de 2,7, à 2,8, mais avec un écart type assez important (+/- 0,25). Depuis 2012, la NES a eu tendance à augmenter légèrement. A partir de Mars 2013, la note sternale diminue de 0,1 point par rapport à la moyenne. Elle retrouve sa tendance moyenne à partir de Juillet 2013. Pour le point de Septembre 2013, même explication que pour la NEL. On constate une NES à la moyenne en 2014.

Annexe 11



Graphique 13 : Evolution de la part de fourrage et de concentrés dans la ration en fonction des semaines (Sem 49 à 35 : lactation 2013 ; Sem 45 à 18 : lactation 2014)



Graphique 14 : Evolution des concentrés par litre de lait en fonction des mois

2. Indicateurs d'autonomie

L'autonomie en fourrage :

L'autonomie fourragère se caractérise par la part de fourrage produite divisée par la part totale de fourrage distribuée dans la ration :
$$\frac{\text{Quantité de MS de fourrage produite}}{\text{Quantité de MS de fourrage distribuée}}$$

Depuis le début du dispositif, la totalité des fourrages distribués a été autoconsommée.

On peut observer à l'aide du graphique 13 que la part de MS de fourrage distribuée dans la ration est importante, avec une moyenne lors des 6 premiers mois des deux campagnes laitières d'environ 72,3 %. Avec les analyses statistiques obtenues, la variabilité de la part de MS de fourrage distribuée dans la ration n'est pas significativement différente.

Sur la période de tarissement (Sem 35 à 45) la part de fourrage distribuée apparaît plus importante, mais celle-ci est due à une quantité de concentrés plus faible au cours de cette période.

L'autonomie en concentrés :

L'autonomie en concentrés suit la même logique que pour celle du fourrage, son rapport est :
$$\frac{\text{Quantité de MS de concentrés produite}}{\text{Quantité de MS de concentrés distribuée}}$$

Sur la campagne laitière de 2013, la totalité des concentrés a été achetée. Sur celle de 2014 le triticale/pois produit sur l'exploitation a été autoconsommé, soit un total de 31 % d'autonomie en concentrés.

Le graphique 14 montre que la quantité de concentrés/litre de lait est relativement proche. Le niveau de 2014 est tout de même un peu plus faible (363 vs 347). Cet indicateur est plus pertinent sur la totalité d'une campagne laitière. Il peut varier au cours de la lactation, mais il est cependant préconisé aux éleveurs de ne pas dépasser 500g (communication personnel IDELE)

L'autonomie globale :

L'autonomie globale est calculée suivant le rapport :

$$\frac{\text{Quantité de MS de fourrage produite} + \text{Quantité de MS de concentrés produite}}{\text{Quantité totale de MS distribuée}}$$

L'autonomie globale est en moyenne de 76,6 % sur les 6 premiers mois des 2 campagnes laitières. Mais l'on observe, grâce aux tests statistiques, une différence significative ($P < 0,01\%$) de + 7,6 % d'autonomie en 2014, influencée par une autonomie en concentrés plus importante cette année là.

Annexe 12

| | | % moyen de MS du foin rentré | Poids du foin rentré (en kg) | Poids de foin MS (en kg) | Consommation électrique (en kW) | Consommation électrique en kWh/tMS de foin rentré | Consommation électrique moyenne en kWh/tMS par lot |
|-----------------|---------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---|--|
| Lot S.P. | Cellule n°1 | 61,18 | 18715 | 11280 | 1531 | 82 | 83 |
| | Cellule n°2 | 67,08 | 29696 | 19185 | 2463 | 83 | |
| | Ventilateur 1 | 64,13 | 48411 | 30465 | 3994 | 83 | |

| | | | | | | | |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|------|------------|-----------|
| Lot D.B. | Cellule n°3 | 51,86 | 51765 | 24800 | 2791 | 54 | 86 |
| | Cellule n°4 | | | | | | |
| | Ventilateur 2 | 51,86 | 51765 | 24800 | 2791 | 54 | |
| | Cellule n°5 | 67,93 | 19935 | 13438 | 2098 | 105 | |
| | Cellule n°6 | 47,57 | 23960 | 10454 | 2352 | 98 | |
| | Ventilateur 3 | 57,75 | 43895 | 23893 | 4450 | 101 | |

| | | | | | | | |
|-----------------|---------------|-------|-------|-------|------|------------|------------|
| Lot D.P. | Cellule n°7 | 61,27 | 23965 | 14136 | 2526 | 105 | 100 |
| | Cellule n°8 | 70,21 | 16240 | 11401 | 1510 | 93 | |
| | Ventilateur 4 | 65,74 | 40205 | 25537 | 4036 | 100 | |

Tableau 2 : Consommation électrique bilan en kWh des ventilateurs par lot en 2013

| | SEGRAFO Ouest | L'Ouest | Le Massif Centrale | Patuhev (moyenne des ventilateurs 1, 3 et 4) |
|------------------------------------|---------------|---------|--------------------|--|
| Consommation électrique en kWh/tMS | 103 | 98* | 95* | 94 |

Tableau 3 : Consommation électrique de la région Ouest, du Massif Central et de Patuhev

* Enquête ADEME auprès des agriculteurs – sécheurs

3. Consommation énergétique du séchoir à capteur solaire

Le système de séchage en grange à capteur solaire utilise l'énergie solaire pour subvenir au séchage du foin. Mais l'utilisation d'électricité lui est primordiale afin de contribuer au fonctionnement des ventilateurs et de la griffe.

Consommation électrique des ventilateurs :

L'étude de la consommation électrique des ventilateurs a été réalisée en 2013 sur les 3 systèmes de l'expérimentation (cf. Tableau 2)

On peut remarquer un écart type à peine égale à 10 kWh/tMS entre les 3 lots. Quand on regarde de plus près, la majorité des cellules se retrouvent avec une consommation électrique de 80 à 100 kWh/tMS. Seule la cellule n°3 chute à 55 kWh/tMS. Cette consommation relativement basse contrairement aux autres, peut s'expliquer par des basculements de foin d'une cellule à l'autre dans le lot DB, et donc une quantité de foin trop importante lui a été notée par rapport à sa consommation en kWh.

La cellule n°4 n'a pas été utilisée durant l'année 2013, ce qui explique une absence de résultat la concernant.

Les légères différences observées entre les résultats des cellules n°1, 2, 4, 5, 6, 7 et 8 est difficile à expliquer, car la consommation en kWh/tMS peut varier en fonction :

- Des phénomènes météorologiques lors du séchage en grange du foin (pluie, humidité extérieure, air sec, température élevée, ...)
- % de MS à laquelle le foin est rentré
- Disposition du ventilateur par rapport à la gaine de ventilation
- Vitesse de remplissage de la cellule

Les résultats trouvés sur l'expérimentation Patuchev à Lusignan en 2013, semblent cohérents aux précédents résultats trouvés par l'enquête de 2011 réalisée par l'ADEME auprès d'agriculteurs en France, ou bien avec celle de SEGRAFO (cf. Tableau 3)

Afin de pouvoir réduire cette consommation en électricité, il est possible de mettre en place une sonde hygrométrique couplée à un automate programmable. D'après SEGRAFO, ce dispositif permettrait :

- une amélioration de la conservation du foin et de sa qualité
- une économie énergétique de la consommation électrique du séchoir de +/- 20 %

Annexe 13

| | | Coût/ha | Coût/tMS | Coût/chèvre (sur la campagne laitière 2013) |
|-----------------------------|--|-----------------|----------------|---|
| Charges de fumure | Epandage | 7,17 € | 0,70 € | 0,72 € |
| Charges d'implantation | Labour | 47,19 € | 4,58 € | 4,72 € |
| | Déchaumage | 18,08 € | 1,76 € | 1,81 € |
| | Combiné herse rotative + semoir | 44,40 € | 4,31 € | 4,44 € |
| | Roulage | 16,14 € | 1,57 € | 1,61 € |
| | TOTAL | 41,94 € | 4,07 € | 4,19 € |
| Charges de récolte | Faucheuse | 29,82 € | 2,90 € | 2,98 € |
| | Fanneuse | 14,90 € | 1,45 € | 1,49 € |
| | Andaineuse | 11,93 € | 1,16 € | 1,19 € |
| | Autochargeuse | 84,80 € | 8,23 € | 8,48 € |
| | Sous-total | 141,45 € | 13,73 € | 14,15 € |
| | Utilisation griffe pour la récolte* | 0,86 € | 0,084 € | 0,086 € |
| | TOTAL (≈ 3 coupes dans l'année) | 425,22 € | 41,28 € | 42,52 € |
| Charges du semis | Luzerne | 91,65 € | 8,90 € | 9,17 € |
| | Sainfoin | 34,56 € | 3,36 € | 3,46 € |
| | Lotier | 73,10 € | 7,10 € | 7,31 € |
| | Brome cathartique | 57,60 € | 5,59 € | 5,76 € |
| | Fétuque élevée | 29,67 € | 2,88 € | 2,97 € |
| | Fléole | 10,50 € | 1,02 € | 1,05 € |
| | TOTAL | 99,03 € | 9,61 € | 9,90 € |
| Charges de conservation | Utilisation de ventilateur* | 86,17 € | 8,37 € | 8,62 € |
| Charges de distribution | Utilisation griffe pour distribution* | 0,86 € | 0,084 € | 0,086 € |
| TOTAL pour une année | | 660,38 € | 64,12 € | 66,04 € |

Tableau 4 : Représentant les coûts de production du foin ventilé
(*ne prend pas en compte les charges liées aux infrastructures)

- une amélioration du confort du travail due à l'automatisation de la mise en marche des ventilateurs

Mais cet outil « d'aide à la décision » a un coût d'environ 3 000 €, et ne remplace en aucun cas le savoir faire de l'agriculteur.

Consommation électrique de la griffe :

D'après les données récoltées lors de mon stage sur la consommation électrique de la griffe, celle-ci dépense en moyenne 0,94 kWh/tMS de foin déplacée.

Lors de la campagne laitière 2013, environ 43 tMS de foin ventilé ont été distribués au lot DB, ce qui représente un coût de 3,60 €, pour un prix du kWh à 0,089 €. Il faut aussi penser à ajouter le foin engrangé lors des récoltes par la griffe. En 2013, 96 tMS ont été rentrés dans le séchoir pour le lot DB, soit un coût de 8 €.

4. Coût de la ration

a) Coût de la production du foin ventilé (cf. Tableau 4)

Le foin ventilé est issu d'une prairie multi-espèces (Luzerne, Sainfoin, Lotier corniculé, Fléole, Brome cathartique et Fétuque élevée) implantée pour une durée de 3 ans et exclusivement exploitée en fauche. Sur l'année 2013, les rendements moyens réalisés étaient de 10,3 tMS/ha. Le coût du foin ventilé dépend donc des différentes charges qu'il additionne durant la totalité de son implantation.

Elle ne reçoit aucun intrant à part la fumure organique lors de son implantation. Il faut donc prendre en compte les charges de l'épandage, les charges concernant l'ITK (Itinéraire Technique) d'implantation, les charges de récolte, puis les coûts de fonctionnement des ventilateurs pour la conservation et de la griffe pour la distribution.

Le coût des charges des fumures, de l'implantation et du semis de la prairie sont divisé par 3, du fait que la prairie soit implantée pour une durée de 3 ans. Quant aux charges de récoltes, elles sont multipliées par 3 car en une année, il est réalisé en général 3 coupes de foin. Pour les coûts concernant la griffe et les ventilateurs, ils ont été estimés en €/tMS, donc pour les avoir par hectare il a fallu les multiplier par les rendements moyens à l'hectare de la prairie.

Le coût total à l'année pour 1 ha revient à 660,38 €, soit un coût de 64,11 €/tMS, et un coût par chèvre pour la campagne laitière 2013 de 66,04 €.

Annexe 14

| Concentré | Prix en €/kg |
|--------------|--------------|
| Altiflore | 4,13 € |
| Avoine | 0,27 € |
| Maïs | 0,26 € |
| Physio Tarie | 1,12 € |
| Orge | 0,27 € |

Tableau 5 : Prix en €/kg des concentrés acheté en 2013

| | | Coût/ha | Coût / T |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| Charge d'implantation | Labour | 47,19 € | 35,08 € |
| | Combiné herse rotative + semoir | 44,40 € | 33,01 € |
| | Roulage | 16,14 € | 12,00 € |
| | TOTAL | 107,73 € | 80,09 € |
| Charge de récolte | Moissonneuse batteuse | 64,50 € | 47,96 € |
| Charge du semi | Triticale | 93,48 € | 69,50 € |
| | Pois Fourrrager | 49,35 € | 36,69 € |
| | TOTAL | 142,83 € | 106,20 € |
| TOTAL pour une année | | 315,06 € | 234,24 € |

Tableau 6 : Représentant le coût de production du méteil triticale/pois

| | | Coût/ha |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Charge d'implantation | Labour | 13,50 € |
| | Combiné herse rotative + semoir | 20,60 € |
| | Roulage | 2,04 € |
| | TOTAL | 36,14 € |
| Charge de récolte | Moissonneuse batteuse | 64,50 € |
| Charge du semi | Avoine | 108,11 € |
| | Vesce | 16,10 € |
| | TOTAL | 124,21 € |
| TOTAL pour une année | | 224,85 € |

Tableau 7 : Représentant le coût de production du méteil avoine/vesce

b) Coût des concentrés

Concentrés achetés : (cf. Tableau 5)

Sur la campagne laitière de 2013, la totalité des concentrés ont été achetés. Les 4 ha dédiés à la complémentation ont été implantés avec un méteil de triticale/pois fourrager, mais la récolte ayant lieu à la fin de cette campagne laitière, il n'a donc pas été distribué au lot. Il a donc fallu acheter divers concentrés : maïs, orge, avoine et des compléments industriels (Altiflore et Physio Tarie).

Triticale/Pois :

L'équipe de « Patuhev » avait implanté un méteil de triticale et pois fourrager en Octobre-Novembre 2012, avec une densité de semis de 117 kg/ha de triticale (92%) et de 33 kg/ha de pois fourrager (8%). Il fut donc récolté en Juin-Juillet 2013, stocké puis autoconsommé lors de la campagne laitière 2014. En raison d'un problème de verse avant la récolte, la quantité récoltée a été de 5,380 tonnes, soit un rendement moyen de 13,5 quintaux par hectare.

Concernant les charges (cf. Tableau 6), elles prennent en compte l'implantation, la semence et la récolte. En effet, aucun amendement ni traitement ne sont réalisés sur cette culture. Celui-ci revient donc à un coût/ha de 315,06 € et donc un coût élevé à la tonne de 234,24 € dû au rendement faible réalisé en 2013.

Avoine/Vesce :

L'assolement 2013-2014 voit arriver un second mélange de céréales/protéagineux dans la rotation. Ce méteil d'avoine et de vesce a été implanté en Octobre-Novembre 2013, avec une densité de semis de 120 kg/ha d'avoine (97%) et de 7 kg/ha de vesce (3%). Le coût de production (cf. Tableau 7) à l'hectare s'élève à 224,85 €.

Il était prévu d'être récolté en Juin-Juillet 2014, malheureusement, les épisodes orageux du weekend du 7,8 et 9 Juin dans la région Poitou-Charentes ont anéanti toutes les cultures. Que ce soit le méteil de triticale/pois ou d'avoine/vesce, ainsi que les cultures de maïs, elles ont été ravagées et aucune d'entre elles ne seront récoltées en 2014. Cet évènement limitera donc le niveau d'autonomie pour la prochaine campagne laitière.

c) Marges alimentaires de la campagne 2013

| Charges alimentaires/chèvre | | | Produit/chèvre | |
|--|------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| Aliments | Consommation à l'année en kg | Coût | | |
| Foin ventilé (issus de prairie multi-espèces) | 613,2 | 39,32 € | Prix pour 1000 L de lait en 2013 | 667,17 € |
| Maïs | 203,1 | 51,91 € | | |
| Avoine | 16,8 | 4,45 € | Litre de lait produit/chèvre/an | 537 |
| Orge | 15,4 | 4,17 € | | |
| Physio Tarie | 0,3 | 0,31 € | | |
| Altiflore | 0,1 | 0,58 € | | |
| Charges total alimentaire | | 100,74 € | Produit du lait /chèvre | 358,27 € |
| Marge alimentaire/chèvre = 257,53 € | | | | |

Tableau 8 : Représentant la marge alimentaire de 2013

La marge alimentaire/chèvre se calcule de la façon suivante :

$$\text{Produit} - \text{Charges alimentaires} = \text{Marge alimentaire}$$

Sur la campagne laitière de 2013, la marge alimentaire réalisée sur l'exploitation se situe juste au dessus 237 €/chèvre (moyenne de 2012, Résultat 2012 des exploitations laitières et fromagères, IDELE).

Le coût alimentaire/chèvre est relativement bas (100,74 €), alors que l'intégralité des concentrés ont été achetés. Cependant, ce résultat est à modérée, car durant l'année 2013 la quantité de concentré distribuée était faible.

Toutefois, la production laitière de 537 L/chèvre lors de l'année 2013 s'avère faible lorsque que l'on compare à la moyenne annuelle nationale de 2008 (781 L/chèvre/an).

V - Discussion

Les résultats obtenus lors de mon étude, mettent en évidence une différence significative de la qualité du fourrage (+ 4,45% de MAT) selon son année de récolte. Il est possible d'expliquer cette différence par un effet stade de récolte, sachant que la composition botanique et le système de séchage du fourrage étaient identiques aux deux années. Ce résultat est confirmé par le fait que les autres critères de qualité (UFL, UEL, dMO, P, Ca) sont également meilleurs dans le foin récolté en 2013.

Par la suite, le test a prouvé une corrélation positive (+ 0,52) entre la qualité du fourrage et sa quantité de MS ingérée. En effet, nous avons constaté une ingestion supplémentaire de fourrage (+ 230 g/chèvre/jour) et de concentrés (+ 150 g/chèvre/jour) entre les 6 premiers mois de lactation des 2 campagnes. Cette augmentation s'est traduit par une amélioration de la production laitière de 2014 (+ 0,35 L). Cependant, le foin ventilé a engendré une inversion des taux (TP>TB) plus précoce qu'en 2013 en raison d'un TP significativement supérieur (+ 1,6 g/kg) et d'un TB en baisse. Concernant l'état général des animaux, nous avons pu constater une baisse moyenne de poids durant l'année 2013 (- 5kg) et de son état d'engraissement. Ceci s'explique par un fourrage de moins bonne qualité et une complémentation probablement sous évaluée.

Toutefois, l'efficacité du concentré est plus élevée en 2014 lors des 6 premiers mois des 2 campagnes laitières (363 g/L vs 347 g/L). Cependant, sur la globalité de la campagne laitière de 2013, le rapport s'élève à 343 g/L, soit en dessous de l'objectif fixé dans le programme Patuchev (< 360 g/L). Quant à la part de fourrage dans la ration, elle reste la même lors des deux campagnes laitières (68 %) et atteint donc son objectif (> 60 %). Cependant, l'ajout du triticale/pois autoconsommé dans la ration, a permis d'apporter une amélioration de l'autonomie globale du système de 8 % en 2014 (81 %).

Mais l'autonomie rime-t-elle avec économie ?

Les résultats économiques ont permis de révéler un coût alimentaire relativement bas (100,74 €/chèvre) par rapport aux résultats 2012 obtenus par les réseaux d'éleveurs de l'IDELE (292 €/ chèvre). Toutefois, ce coût est à relativiser car la totalité des charges de mécanisation sont peut-être sous estimées (ex : coût de la griffe à foin par rapport à l'utilisation d'un tracteur). Malgré une production laitière faible pour la campagne laitière

2013 (537 L/chèvre/an), le solde alimentaire/chèvre reste correct par rapport à la moyenne du réseau d'éleveurs de l'IDELE (systèmes foin – 226 €/chèvre). La production à l'hectare reste cependant inférieure à l'objectif fixé dans le cadre du dispositif (3 222 L/ha vs 5 300 L/ha), en sachant que le niveau de chèvre à l'ha est correct, mais que la production laitière par chèvre reste faible. Par conséquent, on peut supposer un coût à l'hectare du système plus élevé.

Conclusion

Lors de mon stage, j'ai pu mettre en évidence que le foin issu de prairie multi-espèces de bonne qualité est en mesure d'améliorer l'ingestion de fourrage chez la chèvre.

Cette meilleure qualité de fourrage s'est traduite par une diminution de la quantité de concentrés, permettant une part de fourrage plus importante dans la ration.

Dans le cas où ce fourrage est produit et autoconsommé, il permet d'augmenter l'autonomie globale du système d'élevage.

Dans un contexte économique instable, un foin ventilé produit à partir de prairies multispécifiques peut s'avérer être une solution plus durable. Toutefois, il est important de rester vigilant sur le chargement à l'hectare et nécessite d'atteindre une production de matière utile à l'hectare pour rester économiquement viable.

Références bibliographiques

Ouvrages entiers :

BOSSIS N., LEGARTO J., LEFRILEUX Y., LAZARD K., COURSANGE H., BLUET B., BEALU C., POUPIN B., LICTEVOUOT V., DESBOS V., POMMARET A., BLANCHARD F., COUTINEAU H., OUIN S., MORGE F., Décembre 2012. *Des indicateurs liés à l'observation des troupeaux pour ajuster le rationnement des chèvres laitières*, Collection Fiches Techniques.

JOUIN C., 1961. Le séchage en grange, Actes du colloque technique « les problèmes actuels de l'électrification rurales et les applications agricoles de l'électricité », p. 121-165

LOCHON V., Décembre 2013. *Coût de la distribution de l'alimentation en élevage caprin*, Collection Théma.

VIGNAU-LOUSTAU L. et HUYGHE C., 2008. *Stratégie fourragères*, Edition France Agricole, **Chapitre 4 - III**. Le séchage par ventilation, p. 206-231.

Documents :

ALLIÉ M., 2012. *Chiffres clés 2012 – Productions caprines lait & viande*, GEB, Institut de l'Élevage.

Rédigé par ARPE & SOLAGRO, Edition 2006. *Le séchage solaire de fourrage – La qualité au service du développement et de l'environnement*, Documents PRELUDE.

Rédigé par l'Association Française pour la Production Fourragère, 2014. *Préconisations agronomiques pour les mélanges de semences pour prairies en France*.

BOCHU J-L., BORDET C., PLEAU R., DESNOS G., VANCRAYENEST L., VARIN F., LE BRAS A., COUDURE R., GARNIER C., Septembre 2011. *Utilisation rationnelle de l'énergie pour le séchage des grains et des fourrages*.

BOITEAU DI MARCO P., Edition Juillet 2008. *Le séchoir solaire en grange*, Pour une agriculture paysanne et durable en Pays Basque.

CARRIER M. . *Le séchage en grange du foin à l'énergie solaire*.

CHARRIER Y., Septembre 2013. *Le séchage en grange des fourrages en vrac : Une technique performante, économe et respectueuse de l'environnement*, tech & bio.

CHARRIER Y., Printemps 2010. *Compte rendu de la formation : Conduire une installation de séchage de fourrage en vrac*.

GENDRON S., BESSONNET S., JENOT F., GUILLON M., JACQUEMENT C., DROGE V., GILLIER M., CHEBONNIER J., POUPIN B., BOSSIS N., Août 2003. *L'autonomie alimentaire en élevage caprin – résultats du réseau d'élevage caprin Poitou-Charentes et Pays de la Loire*, Brochure de 8 pages.

Rédigé par Réseau REAGRI Groupe « Agriculture et Energie », Novembre 2006. *Le séchage solaire en grange*.

Rédigé par SEGRAFO Ouest, . *Fonctionnement d'une sonde couplée à un automate programmable sur un séchoir en grange*.

Articles :

BAUMONT R., AUFRERE J., MESCHY F., 2009. La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation, *Fourrages*.

BOSSIS N., 21 Septembre 2012. En élevage caprin, impact économique de l'augmentation du prix des matières premières, *Institut de l'élevage*.

DELABY L., PECCATTE J.-R., 2008. Valeur alimentaire de foins ventilés issus de prairies multispécifiques, *Fourrages*.

Rédigé par le Réseau d'Élevage Caprin et l'Institut de l'Élevage, 7 Janvier 2004. L'autonomie alimentaire en pratique, *La chèvre*.

HOUSSIN B., ROUILLE B., HARDY A., ROINEL E., 2010. Influence sur les performances zootechniques de deux systèmes laitiers Normands : pâture/ensilage de maïs et pâture/foin séché en grange, *Renc. Rech. Ruminants*, 17, p 259

HOUSSIN B., DOZIAS D., PECCATTE J.-R., DELABY L., 2010. Evolution « in vivo » de la valeur alimentaire des foins multi-espèces ventilés, récoltés sur le site de la ferme expérimentale de la Blanche Maison, *Renc. Rech. Ruminants*, 17, p 308

MICHEZ F., BERTIN T., GALLAY C., 2005. Comparaison des différents types de machine de séchage du foin en grange, *Renc. Rech. Ruminants*, 12, p 118

Mai-Juin 2011. Réussir la récolte et le stockage des fourrages, *La chèvre*.

WYSS U., ARRIGO Y., MESSIER M., NYDEGGER F., BOECHAT S., BOESSINGER M., 2011. Les facteurs de réussite du foin séché en grange à partir de l'expérience Suisse, *Fourrages*.

Site web :

SEGRAFO. *La technique du séchage en grange*, [en ligne].

Adresse URL : www.segrafo.com/index.php?rang=3

En France, l'élevage caprin est actuellement composé d'environ 1,4 millions de chèvres, réparties dans des exploitations qui ont tendance à s'agrandir (>200 chèvres). Pour autant elles ne possèdent pas une surface fourragère en adéquation avec leur cheptel. L'alimentation constitue le premier poste du coût de production dans la filière caprine, en raison d'une part importante de l'utilisation d'intrants. Le contexte économique se caractérise par une flambée historique des concentrés achetés, associée à un prix du lait incertain. Les éleveurs se posent donc davantage de questions quant à la rentabilité de leur système d'exploitation. Il est donc pertinent de s'interroger sur la mise en place de systèmes plus autonomes conciliant performances économiques, environnementales et sociales.

C'est pourquoi l'INRA a mis en place, dans la principale région caprine de France, une expérimentation système basée sur l'autonomie alimentaire des élevages caprins. Le dispositif appelé « Patuchev », vise donc à évaluer et proposer des systèmes de production plus autonomes et économes, et permettant à l'éleveur un revenu et une activité plus attractifs. Pour y parvenir, des choix techniques ont été mis en place, comme l'implantation de prairies multi-espèces, ou bien la construction d'un séchoir en grange, alliant tous deux une production de fourrages de qualité supérieure.

Mon étude porte sur un système d'environ 60 chèvres de race Alpine conduites en contre saison et en bâtiment. L'objectif est de déterminer l'impact du foin ventilé sur l'amélioration en autonomie du système. Ce programme ayant débuté en Novembre 2012, la période considérée concerne la campagne laitière 2013 et les 6 premiers mois de la campagne laitière 2014. Pour cela, je me suis appuyé sur les résultats d'ingestion, de production laitière qualitative et quantitative, et d'état corporel du troupeau, tout en prenant compte des coûts de production du foin et des divers méteils autoconsommés.

L'étude a mis en évidence une différence significative sur la qualité des foins selon l'année de récolte. Egalement, une corrélation positive entre la quantité de MS de fourrage ingérée et la qualité du fourrage (MAT, UFL, UEL) a été démontrée. Les quantités ingérées (fourrage et concentrés) ont été supérieures pour la campagne laitière 2014, ce qui s'est traduit par une production laitière journalière moyenne supérieure de 0,35 litre par chèvre. Néanmoins la quantité de concentrés utilisée pour produire ce lait a toutefois été proche entre les 2 campagnes à stades physiologiques comparables. En revanche, en raison d'une part plus importante de concentrés autoconsommés, l'autonomie globale s'est améliorée de 8 %. Quelle que soit l'année, la part de fourrage ingérée est d'environ 68 %. L'étude économique de la campagne 2013 a démontré malgré une production laitière relativement basse, un solde alimentaire au dessus de la moyenne du réseau d'éleveur de l'IDELE.