

Spécialité Agronomie

Spécialisation Ingénierie De l'Elevage

### **Mémoire de fin d'études**

Formation Ingénieur AgroSup Dijon

Formation Initiale

## **Quel est l'impact des arbres sur le comportement et le bien-être des ovins au pâturage ?**

*Stage réalisé du 20/03/2017 au 20/08/2017*

**Pauline Dechavanne**

3<sup>ème</sup> année

**Alexandra Destrez**

Tutrice de stage

Enseignante Chercheuse

AgroSup Dijon

**Véronique Deiss**

Maitre de stage

INRA, UMRH Equipe CARAIBE

Theix, 63122 Saint Genés Champanelle



# Remerciements

Je souhaiterais dans un premier temps remercier la plus cool de toutes les maitres de stage, j'ai nommé Véro !! Un grand merci à Cécile pour sa gentillesse, sa disponibilité et sa patience infaillible même lorsqu'il fallait m'expliquer chaque chose plus de trois fois !!

Je remercie également Xavier, Marie, Bruno, Fred, Alain, Hervé et toute l'équipe de l'INRA grâce à laquelle j'ai passé un merveilleux stage de fin d'étude.

Un énorme merci à Alexandra, la meilleure des tutrices ! J'aurais tellement aimé que tu deviennes ma maitre de thèse ! Je te souhaite de tout cœur de réaliser ce projet rapidement.

Mon stage n'aurait pas été aussi agréable sans mes collègues de bureau, Morgane et Laure que je remercie grandement pour leur soutien et leur déconade au cours de mon stage. Le bureau de l'ambiance était bien celui des non-titulaires et c'est en grande partie grâce à elles !

Je n'oublie pas bien sûr les autres stagiaires et thésards de l'INRA, Mélanie (merci pour la chambre d'hôte), Lucile, Louise, Nathan, Thomas, Adrien (désolée pour le coup de la panne !) Louise (merci pour la voiture !), Guigui et Laurine sans qui ce stage n'aurait pas été aussi épanouissant.

Merci à mes parents, ma famille, Brice et Emy de m'avoir soutenue durant les moments les plus difficiles !

Enfin, je souhaiterais remercier les brebis Sm, R1, R2, R3, B1, B2, B3, V1, V2 et V3 de chaque lot pour leur coopération dans cette étude ! Merci les filles !



## Résumé

Avec le réchauffement climatique, l'élevage est soumis à de nombreuses contraintes et doit sans cesse s'adapter pour continuer de produire dans des conditions favorables à la préservation de l'environnement. Une des solutions à ces contraintes est l'agroécologie et l'application de ses principes au sein des élevages, comme l'agroforesterie qui vise à planter des arbres dans les cultures et les prairies. Le projet Parasol a pour but de répertorier les impacts des arbres sur la prairie, sur l'autonomie alimentaire des élevages mais également sur le comportement et le bien-être des ovins. Pour cela, des observations du comportement des brebis sont effectuées au moyen de scans d'activités toutes les 5 min pendant 2h30 matin, après-midi et soir. D'autres données sont enregistrées comme le nombre de mouvements des animaux en réponse à une gêne occasionnée par les insectes ou encore le nombre de repas des animaux au moyen de colliers Ethosys. Les données ainsi acquises sur le terrain ont permis de mettre en évidence l'intérêt des arbres dans les prairies pour les ovins. Ces derniers utilisent en effet l'arbre en tant qu'abris lors de conditions météorologiques défavorables, telles que la pluie mais également contre de trop fortes radiations solaires qui pourraient être responsables d'un stress thermique. Les ovins choisissent en effet de se mettre à l'ombre lorsqu'ils en ont la possibilité. Les arbres présentent toutefois des aspects négatifs comme le fait d'attirer plus d'insectes dans les parcelles ou d'impacter négativement la biomasse des prairies dans le cas d'une trop forte densité d'arbres dans la parcelle. Les résultats obtenus sont très prometteurs dans le cadre de l'utilisation de l'agroforesterie en lien avec le bien-être animal. Ces résultats ont toutefois besoin d'être approfondis notamment par une analyse plus précise au niveau des heures de la journée ou avec une augmentation du nombre d'observations effectuées sur les animaux.

**Mots clés :** Agroforesterie – Bien-être animal – Comportement – Ovins – Scans d'activités

## Abstract

With global warming, livestock has to fight against many constraints and must constantly adapt itself to continue producing while preserving the environment. One of the solutions to these constraints is agroecology and the application of these principles such as agroforestry, which aims to plant trees in crops and grasslands. The goal of the Parasol project is to document the impacts of tree on the grassland, the food autonomy of the livestock but also the behavior and welfare of the sheep. For this purpose, observation of behavior of the ewes is carried out by activity scans every 5 min during 2h30 on morning, afternoon and evening. Other data are recorded as the number of movements of the animals in response to insect discomfort or the number of animal meals using Ethosys necklaces. The data collected in the field highlighted the value of trees in grasslands for sheep. They use the tree as shelters against unfavorable weather conditions such as rain but also against excessive solar radiation which could be responsible for thermal stress for sheep. In fact, sheep choose to put themselves in the shade of the tree when they have the possibility. However, trees have negative aspects such as attracting more insects to the plots or negatively impacting grassland biomass in the case of excessive tree density in the plot. The results obtained are very encouraging regarding the use of agroforestry in relation to animal welfare. However, these results could be refined by a more precise analysis at the level of the hours of the day or with an increase of the number of observations on animals.

**Key-words :** Activity scan – Agroforestry – Animal welfare – Behaviour – Sheep



# Table des matières

Liste des figures et tableaux .....	
Liste des abréviations .....	
Introduction .....	1
1 Bibliographie et contexte de l'étude .....	2
1.1 Les différentes contraintes de l'élevage d'herbivores .....	2
1.1.1 Contraintes environnementales .....	2
1.1.2 Contrainte économiques .....	2
1.1.3 Contraintes sociétales.....	3
1.2 Des solutions pour pérenniser l'autonomie alimentaire des élevages d'herbivores et réduire les impacts climatiques.....	4
1.2.1 L'agroforesterie.....	4
1.2.2 Intérêt des arbres pour les cultures ou prairies .....	4
1.2.3 Apports et bénéfices des arbres pour les animaux.....	5
1.3 Le projet PARASOL.....	6
1.4 Questions et hypothèses de recherche.....	8
2 Matériel et méthode .....	9
2.1 Dispositif expérimental.....	9
2.1.1 Répartition des animaux .....	9
2.1.2 Choix des parcelles de l'étude : .....	9
2.2 Méthode.....	10
2.2.1 Observation du comportement des ovins .....	10
2.2.2 Observation de la réactivité des animaux aux insectes .....	11
2.2.3 Analyse des fréquences respiratoires des animaux .....	11
2.2.4 Equipements de mesures supplémentaires .....	12
2.2.5 Mesure des performances zootechniques des animaux.....	12
2.2.6 Prélèvement de Biomasse disponible dans les parcelles .....	13
2.2.7 Station météo et relevés climatiques.....	13
2.2.8 Traitement des données et analyses statistiques.....	13
3 Résultats.....	14





3.1	Analyse du comportement et des bilans d'activité .....	14
3.1.1	Analyse des activités selon la densité d'arbres de la parcelle .....	14
3.1.2	Positionnement des animaux à l'ombre ou au soleil.....	16
3.1.3	Positionnement des animaux par rapport aux arbres .....	17
3.2	Analyse des autres mesures comportementales.....	18
3.2.1	Analyse des mouvements liés aux insectes .....	18
3.2.2	Analyses des fréquences respiratoires .....	19
3.3	Analyse des mesures complémentaires sur les animaux .....	20
3.3.1	Analyse des mesures issues des podomètres .....	20
3.3.2	Analyses des mesures issues des colliers Ethosys.....	21
3.4	Analyse des données zootechniques.....	22
3.4.1	Analyse de l'évolution du poids des agneaux.....	22
3.4.2	Analyse de l'évolution du poids et de l'état corporel des brebis.....	22
3.4.3	Analyse des coproscopies des agneaux et brebis.....	24
3.5	Biomasse disponible pour les animaux .....	25
3.6	Caractérisation de la météo au cours de la période de printemps.....	25
4	Discussion des résultats obtenus.....	26
4.1	Analyse du comportement et des bilans d'activité.....	26
4.1.1	La présence d'arbre impacte-t-elle la proportion de temps consacré à une activité donnée ?.....	26
4.1.2	Comment la présence d'arbres influence-t-elle la proportion de temps passé à l'ombre ou au soleil ? .....	27
4.1.3	Comment la présence d'arbres influence-t-elle le temps passé par les animaux près des arbres ?.....	27
4.2	Analyse des autres mesures comportementales.....	28
4.2.1	Comment les arbres influencent-ils la présence d'insectes auprès des animaux ? ....	28
4.2.2	Comment la présence d'arbres influence la respiration des animaux ?.....	28
4.3	Analyse des mesures supplémentaires sur les animaux .....	29
4.3.1	Comment la présence d'arbres impacte-t-elle les déplacements des animaux ?.....	29



4.3.2	Comment l'implantation d'arbres dans la parcelle influence-t-elle l'alimentation des animaux ? .....	29
4.4	Analyse des données zootechniques.....	29
4.4.1	Comment les arbres ont-ils impactés la croissance des agneaux ? .....	29
4.4.2	Comment la présence d'arbres influe sur l'évolution du poids et de l'état corporel des brebis	30
4.4.3	Comment la présence d'arbres impact l'infestation parasitaire des animaux ? .....	30
4.5	Analyse de la biomasse disponible des parcelles .....	30
4.6	Caractérisation de la météo au cours de la période de printemps.....	31
	Conclusion .....	32
	Références bibliographiques.....	
	Annexes.....	



# Liste des figures et tableaux

## Liste des figures

Figure 1 : Décalage de production d'herbe selon le type de parcours (Moreau et Launay, 2017)....	5
Figure 2 : Maintien de l'herbe sur pied en présence ou non d'arbre (Moreau et launay, 2017) .....	5
Figure 3: Diagramme opérationnel du projet Parasol (Source AGROOF, 2016).....	7
Figure 4 : Schéma des questions posées et des différentes observations réalisées pour le projet Parasol (Source AGROOF, 2016) .....	7
Figure 5 : Représentations schématiques du marquage des brebis .....	9
Figure 6 : Parcelle A0, 1 arbre (à gauche) et parcelle A+, 60 arbres / ha (à droite) .....	9
Figure 7 : Parcelle A++ (120 arbres / ha) .....	9
Figure 8 : Schéma explicatif des codes de positions .....	10
Figure 9 : Brebis Sans Marquage avec collier Ethosys .....	12
Figure 10 : Schéma d'une lame de Mac Master. (D'après Chartier et al., 2001).....	12
Figure 11 : Observation au microscope d'un strongle, d'un strongyloïde et d'une coccidie.....	12
Figure 12 : Répartition des activités selon les dates et les lots.....	14
Figure 13 : Proportion de temps passé à l'ombre et au soleil (réalisés sur l'ensemble des scans ensoleillés).....	16
Figure 14 : Proportion de temps passé par les brebis au contact des arbres, sous les houppiers et en zone nue.....	17
Figure 15 : Moyenne par lots des mouvements liés aux insectes en mouvements par minutes (avec déviations standards) durant les quatre journées d'observations de la période de printemps .....	18
Figure 16 : Fréquences respiratoires moyennes (avec déviations standards) pour les quatre journées d'observations de printemps.....	19
Figure 17 : Somme des pointages en position "Debout" des 10 animaux par lot pour la journée d'acquisition du 22 Juin 2017 .....	20
Figure 18 : Somme des pointages en position "Debout" des 10 animaux par lot pour la journée d'acquisition du 23 Juin 20170 .....	20
Figure 19 : Moyenne du nombre de repas (avec déviations standards) pour la première période d'enregistrement (du 20 au 23 Mai).....	21
Figure 20 : Moyenne du nombre de repas (avec déviations standards) pour la deuxième période d'enregistrement (du 30 Mai au 01 Juin) .....	21
Figure 21 : Evolution du poids des agneaux (avec déviations standards) au cours de la période de printemps, du 15 Mai au 26 Juin (sevrage) .....	22
Figure 22 : Evolution du poids des brebis (avec déviations standards) au cours de la période de printemps, du 15 Mai au 10 Juillet 2017 (tarissement au 27 Juin) .....	22



Figure 23 : Evolution de la Note d'Etat Corporel (NEC) des brebis (avec déviations standards) au cours de la période de printemps, du 15 Mai au 10 Juillet 2017 (tarissement au 27 Juin) .....	23
Figure 24 : Quantité de strongles (en œufs par gramme de fèces) des agneaux (avec déviations standards) au cours de la période de printemps (15 Mai au 26 Juin) .....	24
Figure 25 : Quantité de strongles (en œufs par gramme de fèces) des brebis (avec déviations standards) au cours de la période de printemps (03 Mai au 26 Juin) .....	24
Figure 26 : Moyenne de biomasse disponible (avec déviations standards) en zone nue et sous les huppriers pour le 24 Mai et le 21 Juillet .....	25
Figure 27 : Evolution de la température pour les 4 journées d'observations comportementales (les créneaux d'observations sont représentés par les cadres violets) .....	25





## Liste des tableaux

Tableau 1: Les principaux services de l'agroforesterie (Van Lerberghe, 2015).....	6
Tableau 2 : Code identifiant les animaux et leurs significations.....	9
Tableau 3 : Ethogramme des brebis lors des observations comportementales .....	10
Tableau 4 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) des différentes activités des brebis.....	15
Tableau 5 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) des différentes activités des brebis selon les créneaux d'observations (C), les dates (D) et les parcelles (P) .....	16
Tableau 6 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur le positionnement à l'ombre des brebis	16
Tableau 7 : Résultats des tests de Willcoxon sur le choix de l'ombre par les animaux.....	17
Tableau 8 : Estimation de la surface couverte par les houppiers des arbres des différentes parcelles .....	17
Tableau 9 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) des différentes positions des brebis par rapport aux arbres.....	17
Tableau 10 : Résultats des tests de Willcoxon sur le choix de la proximité de l'arbre par les animaux .....	18
Tableau 11 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur le nombre de mouvements par minute liés aux insectes pour les 4 journées d'observations du printemps.....	19
Tableau 12 : Résultats des tests statistiques effectués sur les fréquences respiratoires des animaux durant les journées d'observations .....	19
Tableau 13 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur le positionnement "debout" des brebis .....	20
Tableau 14 : Résultats des tests statistiques (Anova) réalisés sur le nombre de repas par jour pour les animaux équipés de colliers Ethosys lors de la première période d'acquisition des données ..	21
Tableau 15 : Résultats des tests statistiques (Anova) réalisés sur le nombre de repas par jour pour les animaux équipés de colliers Ethosys lors de la deuxième période d'acquisition des données .	21
Tableau 16 : Moyennes et Ecart-types du gain de poids des agneaux entre le 15 Mai et le 26 Juin 2017 (période de printemps) .....	22
Tableau 17 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution du poids des agneaux entre le 15 Mai et le 26 Juin 2017 (période de printemps) .....	22
Tableau 18 : Moyennes et Ecart-types de la perte de poids des brebis entre le 15 Mai et le 10 Juillet 2017 (période de printemps). .....	23
Tableau 19 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution du poids des brebis entre le 15 Mai et le 10 Juillet 2017 (période de printemps) .....	23
Tableau 20 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution de la Note d'Etat Corporel (NEC) des animaux entre le 15 Mai et le 10 Juillet 2017 (période de printemps) .....	23
Tableau 21 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution de l'infestation des agneaux par les strongles entre le 15 Mai et le 26 Juin 2017 (période de printemps) .....	24



Tableau 22 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution de l'infestation des brebis par les strongles entre le 15 Mai et le 26 Juin 2017 (période de printemps) .....	24
Tableau 23: Températures (en °C) moyennes (Moy), minimales (Min) et maximales (Max) enregistrées durant les journées d'observation selon les trois créneaux d'observations et durant la journée entière (00:00 - 23:00).....	25
Tableau 24 : Caractérisation des différents créneaux d'observations (1 : 08:30-11:00, 2 : 12:30-15:00 et 3 : 16:30-19:00) selon la moyenne de l'indice Tbg (*calculé avec la radiation solaire de la station de St-Genes-Champagnelle) .....	25
Tableau 25 : Résultats des tests statistiques (Anova) sur la biomasse disponible pour le 24 Mai et le 21 Juillet 2017 .....	25



## Liste des abréviations

**ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

**AFAF** : Association Française d'AgroForesterie

**AGROOF** : Bureau d'étude sur l'Agroforesterie

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de Carbone

**GES** : Gaz à Effet de Serre

**GIEC** : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

**IDELE** : Institut De L'Elevage

**INRA** : Institut Nationale de Recherche Agronomique

**IRSTEA** : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

**MAAF** : Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

**NEC** : Note d'Etat Corporel

**Tbg** : Black Global Temperature (indice)



## Introduction

De nos jours, le modèle productiviste des élevages d'herbivores est largement remis en cause en raison de ses effets sur l'environnement, sur la qualité des produits ainsi que la sécurité des consommateurs (Chia et al., 2008). En plus de cela s'ajoutent de nombreuses contraintes économiques, environnementales et sociétales auxquelles sont confrontés les éleveurs. De ce fait, l'agriculture et plus particulièrement l'élevage se tourne vers des nouveaux modes de productions basés sur un concept d'agroécologie. Ce concept est fondé sur des actions intermédiaires entre disciplines scientifiques, mouvements sociaux et pratiques agricoles (Stassart et al., 2012) et est donc une façon différente de concevoir des systèmes de production en s'appuyant directement sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes (Schaller, 2013). Parmi les différents principes de l'agroécologie, on retrouve l'agroforesterie qui consiste à intégrer sur une même surface des arbres et des productions agricoles végétales et/ou animales et s'inscrit ainsi dans un objectif de durabilité des systèmes de production (Dupraz et Liagre, 2008). Associer des arbres aux cultures procure de nombreux avantages, comme par exemple de meilleurs rendements et une biomasse supérieure (AFAF, 2013). Les arbres peuvent également apporter de nombreux bénéfices aux animaux, en prodiguant un abri par exemple (Van Lerberghe, 2015) ou encore une ressource fourragère supplémentaire (Moreau et Launay, 2017). Il manque toutefois des données concernant l'impact des arbres sur le bien-être des animaux, notamment sur la présence d'insectes et de parasites qui serait ou non accentuée par la présence d'arbres dans la prairie. Afin de caractériser plus en détails certains services écosystémiques tel que le stockage du carbone ou la production de fourrages, les services comportementaux notamment au niveau du bien-être des animaux et les bénéfices zootechniques que peuvent procurer les arbres au sein des prairies pâturées, un projet financé par l'ADEME a été mis en place avec la collaboration de L'INRA, d'un bureau d'étude AGROOF et de l'Institut de l'élevage. Cette expérimentation menée sur trois années (2014 – 2017) est dédiée à l'étude des impacts du microclimat agroforestier adulte sur les systèmes d'élevage ovin. Ce mémoire s'intéresse particulièrement à la tâche concernant le comportement des animaux et les interactions entre les arbres et les ovins afin de répondre à la question suivante : **Quel est l'impact de la présence d'arbres sur le comportement des ovins au pâturage ?** Pour cela, plusieurs observations sont effectuées sur trois lots de brebis suitées réparties dans trois parcelles à la densité d'arbres différentes. Les observations se déroulent sur la période de printemps, de Mai à Juin, jusqu'au tarissement des brebis. Une seconde période a lieu en été à partir de mi-Juillet mais elle ne sera pas exploitée dans ce rapport faute de temps.





# 1 Bibliographie et contexte de l'étude

## 1.1 Les différentes contraintes de l'élevage d'herbivores

Si le secteur de l'élevage s'inscrit dans un contexte caractérisé par une croissance soutenue de la demande mondiale en produits animaux, les filières sont cependant confrontées aujourd'hui à de nombreuses contraintes à la fois climatiques et économiques.

### 1.1.1 Contraintes environnementales

D'ici la fin du siècle, la température dans le monde aura augmenté de 1,5 à 4,5°C (GIEC, 2014). Cette augmentation, sans précédent dans les 10 000 dernières années, est liée à l'augmentation notable de la concentration de certains gaz à effet de serre, les GES, en lien évident avec l'activité humaine. Si l'effet de serre est un phénomène totalement naturel, son amplification liée à l'homme conduit au réchauffement global de la planète (Seguin, 2008). L'accroissement de la concentration en CO<sub>2</sub>, un des principaux GES, durant les cent dernières années résulte principalement de l'utilisation de combustibles fossiles et des changements d'utilisation des terres, notamment avec la déforestation (GIEC, 2001). L'agriculture représentait d'ailleurs à elle seule en 2010 entre 10 et 12% des émissions de GES d'origine humaine (GIEC, 2014). L'augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique et le réchauffement climatique entraînent une variation de la pluviométrie aux effets importants sur la productivité végétale, l'économie de l'eau et le bilan des nutriments (Tubiello et al., 2007). Les rendements agricoles mondiaux seraient alors réduits de 2% par décennie au cours du 21<sup>ème</sup> siècle jusqu'en 2050. Le changement climatique menace également l'élevage, notamment avec des risques de stress thermique pour les animaux (GIEC, 2014). Tous les élevages sont donc concernés tant par la maîtrise des consommations d'énergies fossiles et de l'eau, que par la réduction des émissions de gaz à effet de serre (Peyraud et al., 2013).

### 1.1.2 Contrainte économiques

En plus des contraintes liées au changement climatique, l'élevage est confronté à une forte augmentation des charges et notamment des coûts alimentaires. Entre 2005 et 2012, le prix des intrants et des moyens de productions tels que matériels, équipements et bâtiments a augmenté pour toutes les filières de ruminants de 30 à 35% en France (Peyraud et al., 2013).

En 2015, avec l'évolution du prix du lait, le revenu des éleveurs bovins laitiers français a été divisé par deux par rapport à l'année 2014 (Bouyssié, et al., 2016). De plus en plus d'ateliers d'élevage se reconvertissent en ateliers grandes cultures, les revenus de ces exploitations étant 2 à 4 fois plus élevés que pour les exploitations d'élevage (Chotteau et al., 2013). Cette reconversion entraîne globalement une baisse des cheptels comme en production ovine par exemple, où le cheptel a baissé de 36,3% par rapport à 1990 (Eurostat, 2016).



Cette baisse concerne majoritairement le cheptel allaitant avec une perte de plus de 40% de son effectif en 25 ans (Agreste, 2013). Cela est en partie lié à la diminution de la consommation de viande bovine et ovine, avec respectivement en 2016 une diminution de 0,7 % et 3,1%. Si la consommation de viande ovine repose pour plus de la moitié sur les importations, la production française repart toutefois à la hausse en 2016 (Lavergne, 2017).

Avec le recul de l'élevage, trois millions d'hectares de prairies ont été perdues en 25 ans (Chotteau, et al., 2013). Face à ces évolutions et ces contraintes économiques, il est nécessaire dans toutes les filières de mieux valoriser les fourrages, afin de réduire les charges des élevages mais également pour renforcer l'autonomie et l'impact positif des élevages sur l'environnement (Peyraud et al., 2013).

### 1.1.3 Contraintes sociétales

L'intérêt des citoyens pour le bien-être des animaux d'élevage s'est considérablement développé au cours des dernières décennies. Une étude d'Eurobaromètre (2016) indique qu'en France, 88 % de la population considère qu'il est important de mieux prendre en compte le bien-être des animaux d'élevage. Cette demande sociétale s'est amplifiée ces dernières années avec l'évolution des techniques de communication et plus particulièrement des médias et des réseaux sociaux largement utilisés par les associations de protection des animaux pour militer en faveur du bien-être en élevage. Ainsi, cette forte demande sociétale a conduit récemment à la reconnaissance par le Code civil du statut d'être sensible pour l'animal (nouvel article 515-14, 28 Janvier 2015 vote définitif au parlement).

Le respect du bien-être animal est souvent défini depuis 1979 par le respect des « 5 libertés » édictées par le Farm Animal Welfare Council en Grande-Bretagne. Ces 5 libertés concernent une bonne alimentation (absence de faim et de soif), un logement confortable, une bonne santé (absence de douleur, de blessures et de maladie), une absence de peur ou d'anxiété et enfin la possibilité d'exprimer des comportements normaux propres à l'animal. Plusieurs études ont montrés que l'animal est doué de mémoire et peut se souvenir des interactions avec l'homme et des émotions positives ou négatives associées (Mounaix et al, 2014). Ainsi l'éleveur, par la gestion de son exploitation, est donc directement lié au bien-être de ses animaux. Avec la mise en place récente d'un plan d'action gouvernemental en faveur du bien-être animal par le Ministère en charge de l'agriculture, le bien-être des animaux d'élevage est alors devenu un des enjeux majeurs de l'agriculture notamment en Europe.



## **1.2 Des solutions pour pérenniser l'autonomie alimentaire des élevages d'herbivores et réduire les impacts climatiques**

Pour pallier les contraintes économiques et environnementales, les exploitations d'élevage peuvent agir au niveau du système fourrager. En effet, augmenter la part de pâturage dans l'alimentation des troupeaux permet de limiter les intrants et les charges de l'exploitation. Cette pratique s'inscrit dans un concept d'agro-écologie, qui consiste au fait de concevoir des systèmes de production s'appuyant sur les fonctionnalités offertes par les différents écosystèmes (MAAF, 2013). Ainsi, une meilleure gestion des surfaces pâturées, souvent sous exploitées, peut se faire par l'association d'espèces fourragères ou l'extension des périodes de pâturage en intersaison. Des solutions innovantes peuvent également être développées comme par exemple le pâturage en zones de forêts claires ou volontairement éclaircies (Peyraud et al., 2013). L'utilisation de l'agroforesterie en élevage apparaît alors à ce titre comme une solution intéressante pour limiter les impacts du changement climatique et optimiser l'utilisation des prairies afin de renforcer l'autonomie des exploitations.

### **1.2.1 L'agroforesterie**

Selon l'Association Française d'Agroforesterie (AFAF), ce terme désigne le fait d'associer des arbres à des cultures ou à des animaux sur une même parcelle agricole. Cette pratique très ancienne s'est développée en France entre les années 1600 et 1850 et était encore très présente lors de la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle. Le fonctionnement des exploitations de l'époque était basé avant tout sur l'autonomie, l'autoconsommation et la diversification des productions et les plantations d'arbres étaient considérées comme source de richesse. Après la Seconde Guerre Mondiale, l'intensification de l'agriculture conduit à la disparition progressive de l'agroforesterie jusqu'à la fin des années 1980 où les avantages des arbres dans les cultures et les prairies sont remis en avant par la recherche française (Van Lerberghe, 2015). Cependant, il faut attendre 2006 pour que cette pratique soit reconnue comme pratique agricole à part entière (Eggermont, 2014). Aujourd'hui, notamment avec le plan de développement de l'agroforesterie du Ministère en charge de l'agriculture, l'agroforesterie se développe et les agriculteurs prennent de plus en plus conscience des bénéfices des arbres dans l'agriculture.

### **1.2.2 Intérêt des arbres pour les cultures ou prairies**

Les systèmes agroforestiers sont plus productifs que les mono-cultures agricoles et fournissent de nombreuses prestations écologiques (Kaeser et al., 2011). Les expérimentations réalisées ont montré qu'en système de grandes cultures, l'intégration des arbres améliore les rendements et permet un gain de biomasse de 30 à 40% (AFAF, 2013).

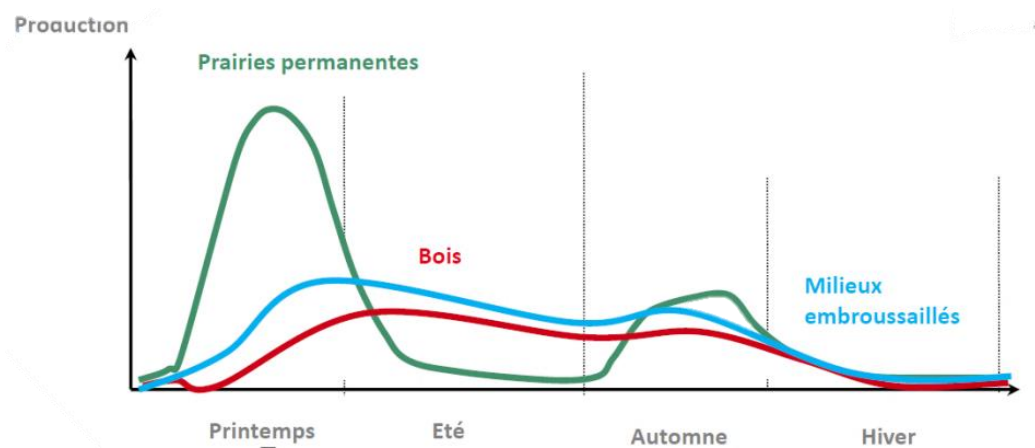


Figure 1 : Décalage de production d'herbe selon le type de parcours (Moreau et Launay, 2017)

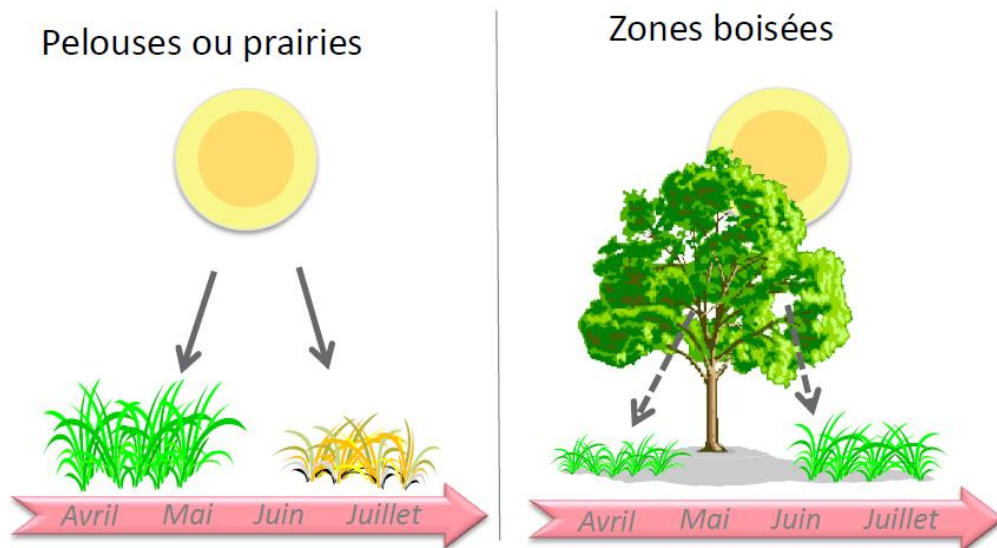


Figure 2 : Maintien de l'herbe sur pied en présence ou non d'arbre (Moreau et launay, 2017)

Outre cette productivité de biomasse, l'arbre permet également d'apporter un supplément de matière organique et ainsi de stimuler la fertilité des sols, notamment par la décomposition des feuilles et des racines (Eggermont, 2014). Avec un système racinaire développé en profondeur, les arbres optimisent l'utilisation des ressources en remontant les nutriments profonds, améliorant ainsi la disponibilité des ressources pour les cultures. De plus, ce système racinaire permet une amélioration de la structure du sol, notamment la porosité qui limite l'érosion des sols et augmente la réserve utile en eau. L'arbre filtre et dépollue l'eau souterraine en limitant une partie de la lixiviation des nitrates. L'infiltration est également améliorée et l'évapotranspiration limitée (AFAF, 2013). L'agroforesterie permet aussi de développer la biodiversité, les arbres constituent en effet un refuge pour de nombreux êtres-vivants, micro ou macroorganismes. Elle participe par ailleurs au stockage du carbone, permettant ainsi la réduction des gaz à effet de serre en captant entre 1 et 4 tonnes de carbone par hectare et par an. Un microclimat est également créé au niveau des arbres, protégeant ainsi les cultures des excès climatiques (Eggermont, 2014). L'implantation des arbres au sein des cultures offre donc de multiples avantages mais de nombreux bénéfices sont également possibles lorsque les arbres sont implantés au sein des prairies, avec notamment des avantages pour les animaux.

### 1.2.3 Apports et bénéfices des arbres pour les animaux

Concernant les bénéfices fournis aux animaux, les arbres représentent un abri en cas d'intempéries ou de trop forte chaleur. La zone de confort thermique d'une brebis, par exemple, se situe entre -5°C et 20°C (Dudouet, 2012). La présence d'arbres permet ainsi de réguler la température et d'offrir aux animaux des zones d'ombres en cas de fortes chaleurs. En plus d'un abri, pour certains animaux comme les volailles, les arbres représentent également une protection contre les prédateurs, notamment les rapaces (Van Lerberghe, 2015).

Un autre bénéfice des arbres dans les prairies est la ressource fourragère supplémentaire qu'ils représentent pour les herbivores, les animaux pouvant en effet consommer les feuilles de certaines espèces. De plus, l'effet « parasol » des arbres permet également de décaler la pousse de l'herbe, comme indiqué sur la **figure 1** et l'ombre des arbres maintient l'herbe sur pied plus longtemps comme le montre la **figure 2** (Moreau et Launay, 2017).

Tableau 1: Les principaux services de l'agroforesterie (Van Lerberghe, 2015)

Service rendu par les arbres (en bordure ou au sein des parcelles agricoles)	Type de service			Bénéficiaires	
	Economique	Environnemental	Social et territorial	Agriculteur	Communauté rurale
Augmentation potentielle de la productivité globale des systèmes agricoles : <i>optimisation des ressources du milieu</i>	X			X	
Diversification des revenus : <i>capacité à générer plusieurs produits agricoles forestiers sur la même unité de gestion</i>	X			X	
Limitation de l'érosion du sol par la pluie, le vent et les régimes thermiques contrastés		X		X	
Restauration de la fertilité et de l'activité biologique des sols : <i>apport de matières organiques</i>		X		X	
Création de microclimats favorables aux cultures, prairies et au bien-être animal		X		X	
Amélioration de la résilience des systèmes agricoles aux épisodes extrêmes de pluie, de sécheresse et de vent		X		X	
Limitation des flux de nitrates, pesticides et phosphore attachés aux particules érodées de sol : <i>protection de la qualité des eaux de surface et souterraines</i>		X			X
Augmentation de la biodiversité floristique et faunistique sauvage		X			X
Atténuation des effets nuisibles des ravageurs par les auxiliaires de culture abrités dans les structures arborées		X		X	
Reconstitution de la trame écologique : <i>circulation de la faune et de la flore, brassage génétique des populations</i>		X			X
Séquestration biologique du carbone atmosphérique et réduction des gaz à effet de serre					X
Diversification des paysages : <i>amélioration du cadre de vie et augmentation de l'attractivité touristique</i>			X		X
Remise en culture des terres marginales (parcelles en friches ou en pente)			X		X
Préservation des usages traditionnels : <i>valorisation des connaissances locales</i>			X		X



Ainsi, l'agroforesterie offre de multiples intérêts tant au niveau végétal qu'au niveau du cheptel. Ces différents bénéfices sont résumés dans le **tableau 1**. D'autres intérêts de la présence d'arbres dans les prairies pourraient être soulignés comme par exemple l'hypothèse que les arbres favorisent le regroupement social ou au contraire créent des éclatements du troupeau, les animaux occupant donc plus largement l'espace proposé dans ce dernier cas. Concernant la gestion des infestations parasites, les arbres pourraient également présenter un intérêt pour limiter le parasitisme des ovins (Hoste et Torres-Acosta, 2011) mais les avis sur ce sujet sont souvent contraires et il est difficile de trouver des informations, de même que pour la présence d'insectes qui serait ou non favorisée par la présence d'arbre dans la parcelle. Ainsi, pour quantifier certains des intérêts non cités jusqu'à maintenant que pourraient prodiguer les arbres et palier un manque de littérature sur certains sujets, un projet de recherche, le projet Parasol, a récemment été mis en place en collaboration avec plusieurs acteurs.

### 1.3 Le projet PARASOL

Le projet PARASOL est un projet de recherche financé par l'Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Environnement (ADEME). Ce projet est piloté par AGROOF, un bureau d'étude spécialisé en agroforesterie qui vise à promouvoir cette pratique auprès des agriculteurs et des collectivités. L'INRA participe également à cette étude ainsi que l'Institut de l'élevage (IDELE).

L'objectif de ce projet est d'évaluer l'efficacité de l'association d'arbres dans les prairies pâturées par les animaux sur le plan de l'adaptation au changement climatique. Il vise ainsi à étudier et mieux comprendre les interactions complexes entre arbres, élevage et pâturage afin de mettre en place de nouveaux systèmes productifs et adaptés aux nouvelles perspectives bioclimatiques (AGROOF, 2016). Pour ce projet, un réseau de parcelles expérimentales est utilisé avec des arbres adultes, ce qui permet un certain recul sur la pratique d'agroforesterie. Ces 60 parcelles pédagogiques appartenant au réseau IRSTEA et INRA, se situent dans 3 régions climatiques différentes à savoir le Nord-Pas-de-Calais avec un climat tempéré océanique aux amplitudes thermiques saisonnières faibles, le Languedoc-Roussillon, au climat méditerranéen et l'Auvergne aux contrastes climatiques importants

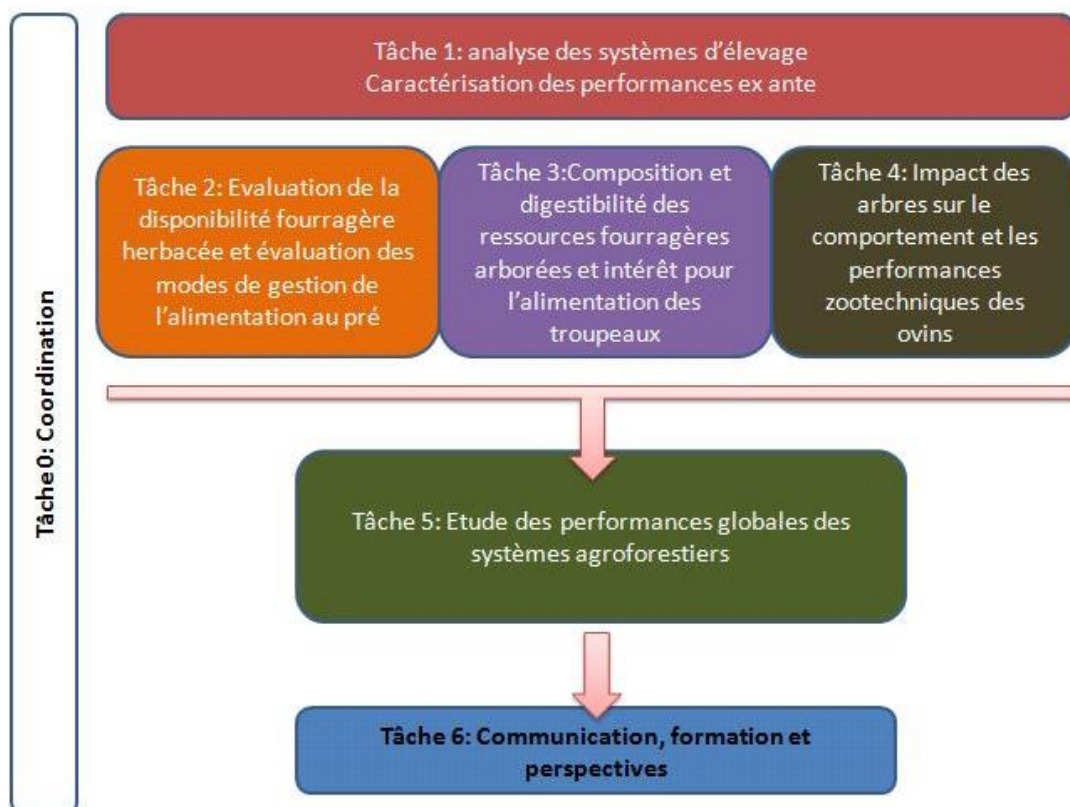


Figure 3: Diagramme opérationnel du projet Parasol (Source AGROOF, 2016)

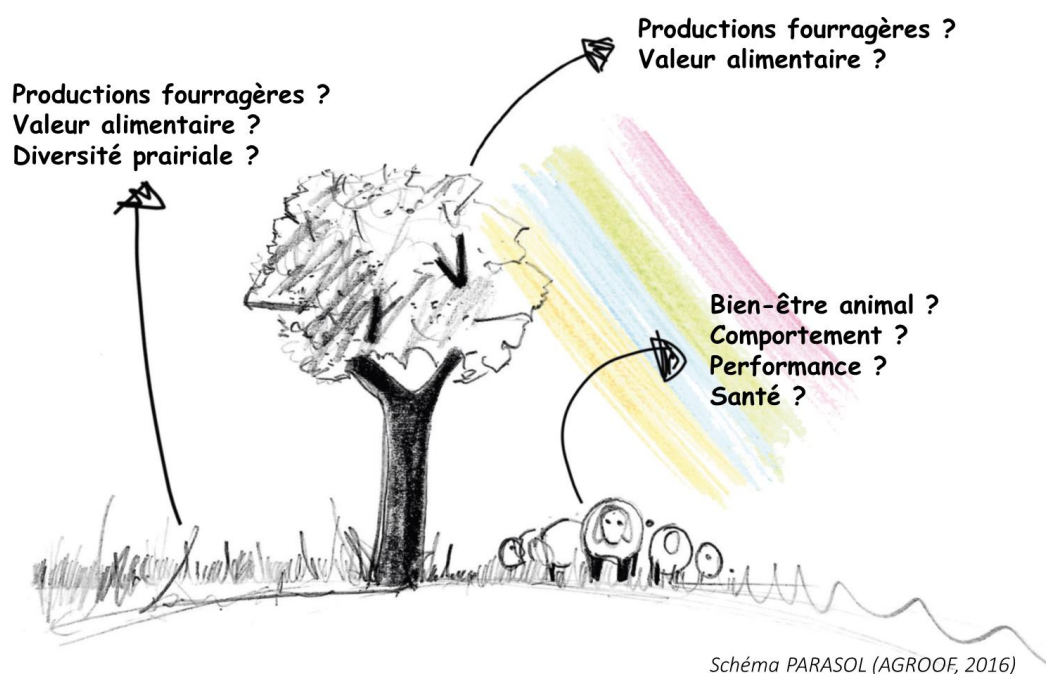


Schéma PARASOL (AGROOF, 2016)

Figure 4 : Schéma des questions posées et des différentes observations réalisées pour le projet Parasol (Source AGROOF, 2016)

Les différentes étapes du projet Parasol sont représentées dans la **figure 3**. Ce projet vise à :

- Comprendre la place de l'agroforesterie dans les systèmes d'élevage ovins et caractériser au préalable (ex ante) leurs performances (Tâche 1)
- Evaluer l'impact des arbres sur la disponibilité fourragère herbacée et les modes de gestion de l'alimentation au pré (Tâche 2)
- Etudier la composition et la digestibilité des ressources fourragères arborées et l'intérêt pour l'alimentation des troupeaux (Tâches 3)
- Evaluer l'impact des arbres sur le comportement et les performances zootechniques des ovins (Tâches 4)
- Etudier les performances globales des systèmes agroforestiers et proposer des scénarios de systèmes agroforestiers innovants plus résilients au changement climatique et où l'arbre devient un élément productif à part entière (Tâche 5)
- Valoriser les résultats du projet auprès des agriculteurs, de l'enseignement agricole et de la recherche (Tâche 6)

C'est dans la tâche 4 du projet que s'inscrit mon stage effectué à l'INRA de Theix durant 5 mois. L'objectif est d'évaluer les relations coûts et bénéfices de la présence des arbres sur les animaux afin de comprendre l'intérêt de l'arbre dans les prairies pâturées dans le cadre du changement climatique.

L'étude à l'INRA de Theix se déroule sur des ovins mais le projet PARASOL s'intéresse également aux prairies pâturées par des bovins et ce projet se base sur des expérimentations en station de recherche (INRA) et en élevage. Plusieurs observations sont réalisées :

- Sur les animaux, observation de leur comportement, des performances zootechniques et de la santé des animaux afin d'évaluer leur bien-être au sein des prairies arborées
- Sur la prairie, observation de la production fourragère, de la valeur alimentaire et de la diversité prairiale
- Sur les arbres, observation de la production fourragère et de la valeur alimentaire des feuilles.

La **figure 4** résume les différentes observations réalisées durant le stage à l'INRA de Theix.



## 1.4 Questions et hypothèses de recherche

L'objectif de cette étude est d'identifier et de quantifier les différents impacts et bénéfices potentiels de la présence d'arbres dans les prairies pâturées par les ovins. Pour cela, on s'intéresse à leurs performances zootechniques, leur comportement alimentaire et social et leur bien-être. Il s'agit alors de suivre les performances des brebis pendant la période de pâturage et d'évaluer leur comportement sur des parcelles boisées et sur une parcelle témoin. On identifie également l'activité et la localisation des animaux à différents moments de la journée afin de déterminer comment la présence d'arbres modifie cette activité et l'exploitation de la parcelle par les animaux. Les conditions météorologiques sont également prises en compte. Cette expérimentation vise alors à répondre à la problématique suivante :

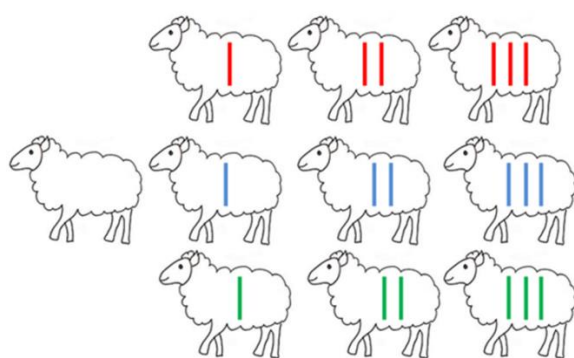
### **Quel est l'impact de la présence d'arbres sur le comportement des ovins au pâturage ?**

Cette question générale comporte plusieurs hypothèses à vérifier notamment :

- La présence d'arbres influence la répartition des activités des brebis dans la journée, notamment en fonction des conditions météorologiques (Schreffler et Hohenbocken, 1980)
- Les ovins ont tendance, lorsqu'ils en ont l'occasion, à passer plus de temps près des arbres (Sibbald et al, 1996).

Cette étude a également pour but de répondre à d'autres questions de recherche dont les références bibliographiques font à ce jour défaut. On cherche par exemple à savoir si la présence d'arbres impacte les performances zootechniques des animaux et si la présence d'insectes ou de parasites tels que les strongles varie en fonction de la densité d'arbre dans les parcelles.

**Tableau 2 : Code identifiant les animaux et leurs significations**



**Figure 5 : Représentations schématiques du marquage des brebis**

Code de l'animal	Caractéristique de l'animal
SM	Brebis Sans Marquage
R1	Brebis avec 1 barre Rouge
R2	Brebis avec 2 barres Rouges
R3	Brebis avec 3 barres Rouges
B1	Brebis avec 1 barre Bleue
B2	Brebis avec 2 barres Bleues
B3	Brebis avec 3 barres Bleues
V1	Brebis avec 1 barre Verte
V2	Brebis avec 2 barres Vertes
V3	Brebis avec 3 barres Vertes



**Figure 6 : Parcelle A0, 1 arbre (à gauche) et parcelle A+, 60 arbres / ha (à droite)**



**Figure 7 : Parcelle A++ (120 arbres / ha)**



## 2 Matériel et méthode

### 2.1 Dispositif expérimental

Pour cette étude, 3 lots de 10 brebis suitées, allaitant deux agneaux sont utilisés. Ces différents lots sont répartis sur trois parcelles de 8 000m<sup>2</sup>, à densité d'arbres différentes.

#### 2.1.1 Répartition des animaux

Les animaux de cette étude sont des brebis de race Romane (ancienne race INRA 401). Cette race créée dans les années 1970 est issue d'un croisement entre la race Romanov, une race prolifique et la race Berrichon du Cher, une race aux aptitudes bouchères. La Romane est donc une race à prolificité élevée et qui peut s'adapter à différents milieux d'élevages (Vilette, 2015). Au début de l'étude, de la sortie sur les parcelles (15 Mai 2017) jusqu'au tarissement (27 Mai 2017), les brebis sont accompagnées de leurs deux agneaux. Le fait d'avoir des agneaux doubles fait en effet partie des critères de sélection des animaux, en plus d'un poids et d'une Note d'Etat Corporel (NEC) homogène pour les brebis et les agneaux. La filiation a également été vérifiée afin d'éviter de mettre deux brebis sœur dans la même parcelle pour ne pas biaiser les comportements sociaux. L'intérêt est de pouvoir évaluer l'impact des arbres sur le comportement et les performances des brebis mais également sur les agneaux en se rapprochant des conditions d'élevage où les brebis sont souvent sélectionnées sur la prolificité. Les agneaux sevrés fin Juin sortiront alors du dispositif de l'étude à ce moment-là.

Pour faciliter l'observation des animaux, les brebis sont identifiées avec un code couleur comme représenté dans la **figure 5** (seul le comportement des brebis est observé dans cette étude, les performances de production des agneaux sont enregistrées mais les animaux sont identifiés par leur numéro de boucle). Ce code couleur est simplifié par des lettres et un chiffre pour l'enregistrement des données, comme le montre le **tableau 2**.

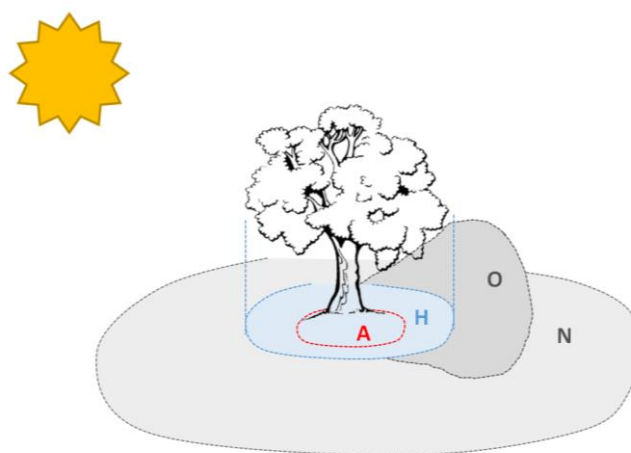
#### 2.1.2 Choix des parcelles de l'étude :

Les brebis sont réparties par lots de 10 sur les trois parcelles de l'étude. Ces parcelles ont une superficie de 8 000m<sup>2</sup> et présentent une densité d'arbres différente représentées dans les **figures 6 et 7** :

- **A0** : Parcelle témoin, ne contient qu'un seul arbre pour satisfaire les recommandations éthiques et réglementaires quant au bien-être des animaux (*Code Rural, article R214 – 18*). L'arbre permet en effet aux animaux de s'abriter en fonction des conditions climatiques.
- **A+** : Parcelle avec 60 arbres par hectare.
- **A++** : Parcelle à 150 arbres par hectare.

*Tableau 3 : Ethogram des brebis lors des observations comportementales*

Code de l'activité	Activité correspondante	Description de l'activité
<b>D-M</b>	Debout – Mange	L'animal est debout et s'alimente en broutant l'herbe, la tête en bas et parfois en se déplaçant en même temps
<b>D-B</b>	Debout – Boit	L'animal est debout et s'abreuve
<b>D-Sel</b>	Debout – Sel	L'animal est debout et lèche la pierre à sel
<b>D-D</b>	Debout – Déplacement	L'animal est debout et se déplace la tête haute
<b>D-Re</b>	Debout – Repos	L'animal est debout et se repose, tête basse, parfois les yeux fermés, aucune action particulière (excepté parfois des mouvements de réactions aux insectes)
<b>D-Ru</b>	Debout – Rumine	L'animal est debout et rumine, il ne se déplace pas
<b>D-V</b>	Debout – Vigilance	L'animal est debout et adopte un comportement de vigilance face à quelque chose, la tête et les oreilles en direction du danger
<b>D-C</b>	Debout – Chôme	L'animal est debout, la tête relâchée et souvent sous le corps d'un autre animal, sans mouvement, parfois avec quelques ruminations lentes
<b>D-Ar</b>	Debout – Arbre	L'animal est debout et interagit avec l'arbre (se frotte à l'arbre, mange les feuilles ou gratte l'écorce...)
<b>D-Sag</b>	Debout – Social agneau	L'animal est debout et a une relation sociale avec un ou plusieurs agneaux, souvent action d'allaiter les agneaux pour la brebis
<b>D-Sbr+</b>	Debout – Social brebis positif	L'animal est debout et a une relation sociale positive avec un autre congénère adulte
<b>D-Sbr-</b>	Debout – Social brebis négatif	L'animal est debout et a une relation sociale négative avec un autre congénère adulte
<b>D-Au</b>	Debout – Autre	L'animal est debout et effectue une action de courte durée telle que uriner, déféquer, se gratter etc...
<b>C-Re</b>	Couché – Repos	L'animal est couché et se repose, sans action particulière, parfois avec une phase d'endormissement (yeux fermés, tête reposée)
<b>C-Ru</b>	Couché – Rumine	L'animal est couché et rumine



*Figure 8 : Schéma explicatif des codes de positions*



Ces différentes densités (60 arbres /ha et 120 arbres /ha) n'ont pas fait l'objet de choix particulier mais résultent d'une étude réalisée il y a quelques années par l'IRSTEA (anciennement Cemagref, institut publique de recherche). Le protocole de l'étude Parasol étant assez conséquent (deux densités différentes d'arbres, une parcelle témoin, trois lots d'animaux homogènes, au moins 10 animaux par lot...) il a été décidé que cette étude se ferait sur ces parcelles, même si la parcelle à la plus forte densité, 120 arbres par hectares (A++) ne représente pas vraiment les pratiques agro-écologiques observées en exploitation. On rencontre en effet plutôt des densités autour de 40 à 60 arbres par hectares selon l'Association Française d'Agroforesterie.

## 2.2 Méthode

### 2.2.1 Observation du comportement des ovins

Une observation du comportement des brebis est également réalisée pour évaluer l'utilisation des arbres par les animaux. Pour cela, des scans d'activité sont réalisés toutes les 5 minutes pendant 2h30 consécutives et cela matin (8h30 – 11h00), après-midi (12h30 – 15h00) et soir (16h30 – 19h00). Ces observations sont conduites sur 4 journées par saison, printemps (Mai-Juin) et été (Juillet-Août). Pour ce rapport, seuls les scans de la période de printemps seront analysés. Trois personnes sont nécessaires pour ces observations car les scans sont effectués sur les trois parcelles en même temps afin d'avoir une idée précise de l'activité de chaque individu pour tous les lots en même temps et sans biais lié à un effet jour. Au cours de ces scans d'activité, plusieurs comportements peuvent être observés. Ces comportements sont alors codés au moment de la prise de note. Les codes et les différents comportements observables sont représentés dans le **tableau 3** ci-contre.

En plus des activités des animaux, leur position est également enregistrée à chaque scan. Pour cela un code de deux lettres est utilisé. La première lettre définit la position de l'animal selon s'il est (voir **figure 8**) :

- Au contact de l'arbre (A)
- Sous le houppier (H)
- Dans une zone nue (N)
- Près d'un arbre extérieur à la parcelle (AE)
- Sous le houppier d'un arbre extérieur à la parcelle (HE)



La seconde lettre précise l'ambiance de l'animal selon si ce dernier est :

- Au soleil (S)
- A l'ombre (O)
- A l'ombre d'un arbre extérieur (OE)
- A l'ombre d'un objet ou d'un bâtiment (OA)
- Sous un temps couvert, sans soleil (C)
- Sous la pluie (P)

Pour éviter un biais lié à l'observateur, des séances d'observations tests ont été réalisées afin d'être sûre que tous les observateurs notent bien les différentes activités et positions des animaux de la même façon.

Les feuilles d'acquisition des données sont disponibles en **Annexe 1**.

### 2.2.2 Observation de la réactivité des animaux aux insectes

En plus de l'observation des activités des ovins est réalisée une observation de la réactivité des animaux face aux insectes. Pour cela, entre deux scans ou entre deux temps d'observation, les brebis sont observées individuellement durant 1 min 30 à 2 min. Au cours de ces observations, plusieurs informations sont notées :

- Le code d'identification de l'animal (ex *SM, R1, V3...*)
- L'heure de l'observation
- La posture de l'animal : debout ou couché
- La réactivité aux insectes, caractérisée par :
  - Le nombre de mouvements de pattes
  - Le nombre de mouvements de tête ou d'oreilles
  - Le nombre de mouvement de queue
  - Le nombre de mouvement de dos (tremblements des flancs ou du dos)

### 2.2.3 Analyse des fréquences respiratoires des animaux

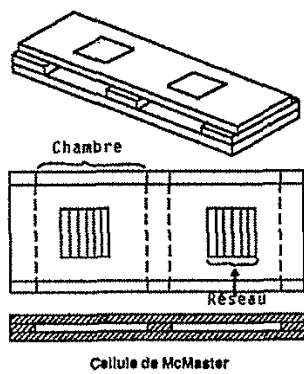
Pour analyser la réponse des brebis à la chaleur, leur fréquence respiratoire est enregistrée. Pour cela, entre deux scans ou entre deux temps d'observation, les brebis sont observées individuellement durant un temps limité (généralement 1 min 30). Le nombre de mouvements respiratoires est alors compté à l'aide d'un compteur manuel puis enregistré. Ces observations ne se font que lorsque les animaux sont couchés afin de limiter les effets de l'activité physique des animaux mais également car les mouvements respiratoires sont difficilement détectables lorsque les animaux sont en mouvement.

Voir les feuilles d'acquisition disponibles en **Annexe 2**.

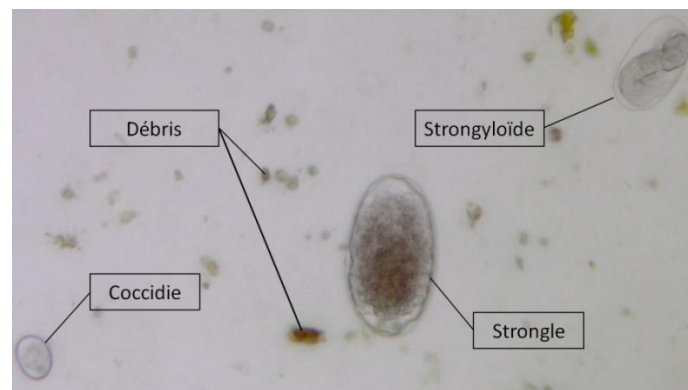
.



*Figure 9 : Brebis Sans Marquage avec collier Ethosys*



*Figure 10 : Schéma d'une lame de Mac Master.  
(D'après Chartier et al., 2001)*



*Figure 11 : Observation au microscope d'un  
strongle, d'un strongyloïde et d'une coccidie*

## 2.2.4 Equipements de mesures supplémentaires

Pour compléter les mesures zootechniques et d'observations réalisées sur les animaux, plusieurs équipements de mesures sont également utilisés sur les brebis :

- **Des podomètres** : ces dispositifs sont placés sur la patte arrière droite ou gauche de chaque brebis (5 animaux à droite et 5 animaux à gauche dans chaque lot). Portés par les animaux pendant deux jours, ils permettent de savoir si l'animal est debout ou couché et permet donc d'évaluer l'activité de l'animal hors des périodes d'observations.
- **Des colliers Ethosys** : ces colliers permettent de différencier l'activité de la brebis selon si l'animal a la tête relevée (rumination) ou la tête baissée (alimentation). Entre 3 et 5 colliers sont posés par lot durant 3 jours. La **figure 9** montre une brebis portant un collier Ethosys.

Les données issues de ces équipements permettent d'allonger le temps d'acquisition de données par rapport aux observations du comportement. L'activité des animaux notamment la nuit est alors mieux analysée et peut être mise en relation avec les observations effectuées.

## 2.2.5 Mesure des performances zootechniques des animaux

Pour évaluer l'impact des arbres sur les performances des ovins, plusieurs mesures individuelles sont réalisées sur les brebis et leurs agneaux toutes les deux semaines :

- Le **poids** des animaux, au moyen d'une balance électronique, et l'**état corporel** des brebis, évalué par les techniciens de l'INRA sur une échelle de 1 à 5 à partir d'une palpation dorsale.
- Des mesures de **l'infestation parasitaire** des animaux, réalisées au moyen de coproscopies. Pour cela, des fèces sont prélevées dans des pots individuels et identifiées pour chaque individu (brebis et agneaux). Une fois au laboratoire, 3 g de ces fèces sont récupérés et mélangés à 42 ml d'eau saturée en sel (357 g de sel pour 1 L d'eau). Le mélange a lieu avec un pilon et se fait au travers d'une passoire pour éviter d'incorporer au mélange des débris et autres déchets qui pourraient gêner la lecture au microscope. Un échantillon du mélange ainsi obtenu est alors placé sur une lame de Mac Master et la lecture s'effectue au microscope, grossissement x10. Cette lame possède deux réseaux quadrillés dans lesquels est compté le nombre d'œufs de parasites (voir **figure 10** et **figure 11**). Pour obtenir le nombre d'œufs par gramme de fèces, on multiplie le chiffre obtenu dans un réseau par 50. A partir du niveau d'excrétion ainsi obtenu, il est possible d'extrapoler un niveau d'infestation de l'animal.



## 2.2.6 Prélèvement de Biomasse disponible dans les parcelles

Afin d'évaluer l'impact des arbres sur la quantité et la qualité de l'herbe, des mesures de biomasses sont réalisées. Pour cela, plusieurs échantillons sont prélevés à l'aide d'une mini-tondeuse sur des bandes de 20 cm<sup>2</sup> dans des zones nues et sous le houppier des arbres. Pour la parcelle A0, 16 prélèvements ont été réalisés en zones nues. Pour les parcelles A+ et A++, 8 échantillons ont été réalisés en zones nues et 8 échantillons sous un houppier. Une fois pesés, ces échantillons sont placés en étuves à 60°C durant 72h, puis ils sont de nouveau pesés pour obtenir le poids sec. Ce poids sec exprimé en gramme est alors divisé par 20 pour estimer la biomasse de la parcelle en tonne de matière sèche par hectare.

## 2.2.7 Station météo et relevés climatiques

Sur chacune des parcelles, une station météo est mise en place dans une zone inaccessible pour les animaux. Ces stations mesurent alors tous les quarts d'heure la température, l'humidité, le rayonnement solaire et la vitesse du vent. Il est ainsi possible de connaître précisément les conditions microclimatiques de chaque parcelle. Ces données peuvent alors être corrélées avec les observations comportementales des animaux et les mesures de hauteur d'herbe et de biomasse.

Afin de caractériser les journées d'observation, l'indice Tbg (Black Global Temperature) a été calculé selon la formule suivante (Hahn et al, 2009) :

$$\text{Tbg} = 1,33 \times \text{Ta} - 2,65 \times \text{Ta}^{0,5} + 3,21 \times \log(\text{Rad} + 1) + 3,5$$

Avec **Ta** = Température extérieure (en °C) et **Rad** = Intensité lumineuse (en W / m<sup>2</sup>)

En prenant pour seuil un Tbg de 25°C (Gaughan et al, 2008), les différents créneaux d'observations seront classés en deux catégories : ceux dont la moyenne des Tbg est supérieure à 25°C ( + ) et ceux dont la moyenne des Tbg est inférieure à 25°C ( - ). Cet indice est important à prendre en compte car l'éventuel stress thermique que peut ressentir un animal lors de fortes chaleurs est augmenté si l'animal est exposé aux radiations solaires (MC Athur, 1991).

## 2.2.8 Traitement des données et analyses statistiques

Les données acquises au cours de l'étude sont traitées et mises en forme avec le logiciel Excel. Avec ce logiciel, des Macros peuvent être utilisées sur certaines données. Ces macros sont des suites d'instructions indiquant à Excel une suite d'opérations à réaliser sur les données. Cela permet une première analyse des données récoltées sur le terrain. En plus de cela, des analyses graphiques sont aussi réalisées sur Excel.





Les analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel de statistique SAS Entreprise Guide® version 5.1. La distribution des données est analysée avec des tests de Shapiro et de Kolmogorov, afin de s'assurer que les données suivent une loi normale et que les variances sont homogènes. Sur les données suivant une loi normale, une analyse de variance (ANOVA) de modèle mixte est appliquée avec le logiciel de statistiques SAS Entreprise Guide. Les effets fixes sont le lot et l'interaction lot\*date. La date est mise en facteur répété et les animaux sont imbriqués dans le lot en facteur aléatoire. Cette analyse est complétée par des tests de comparaison de moyenne avec une correction de Tukey. Sur les données ne suivant pas une loi normale, des tests non paramétriques de Wilcoxon sont appliqués.

### 3 Résultats

Les résultats portent sur la période de pâturage des brebis suitées de la mise à l'herbe le 9 Mai jusqu'au tarissement le 27 Juin 2017.

#### 3.1 *Analyse du comportement et des bilans d'activité*

##### 3.1.1 *Analyse des activités selon la densité d'arbres de la parcelle*

Afin de mettre en évidence un éventuel impact des arbres sur les différentes activités des brebis au cours des journées d'observations, une analyse des différents scans de comportement a été effectuée en ne considérant que l'activité de l'animal. La position et l'ambiance (ombre, soleil, pluie) n'a pas été prise en compte pour cette analyse. De plus, seuls les comportements les plus importants (les plus fréquemment observés) ont été retenus, à savoir :

- Debout – Mange (D-M)
- Debout – Rumine (D-Ru)
- Debout – Repos (D-Re)
- Couché – Rumine (C-Ru)
- Couché – Repos (C-Re)

Tous les autres comportements observés ont été regroupés dans la catégorie « Autres »

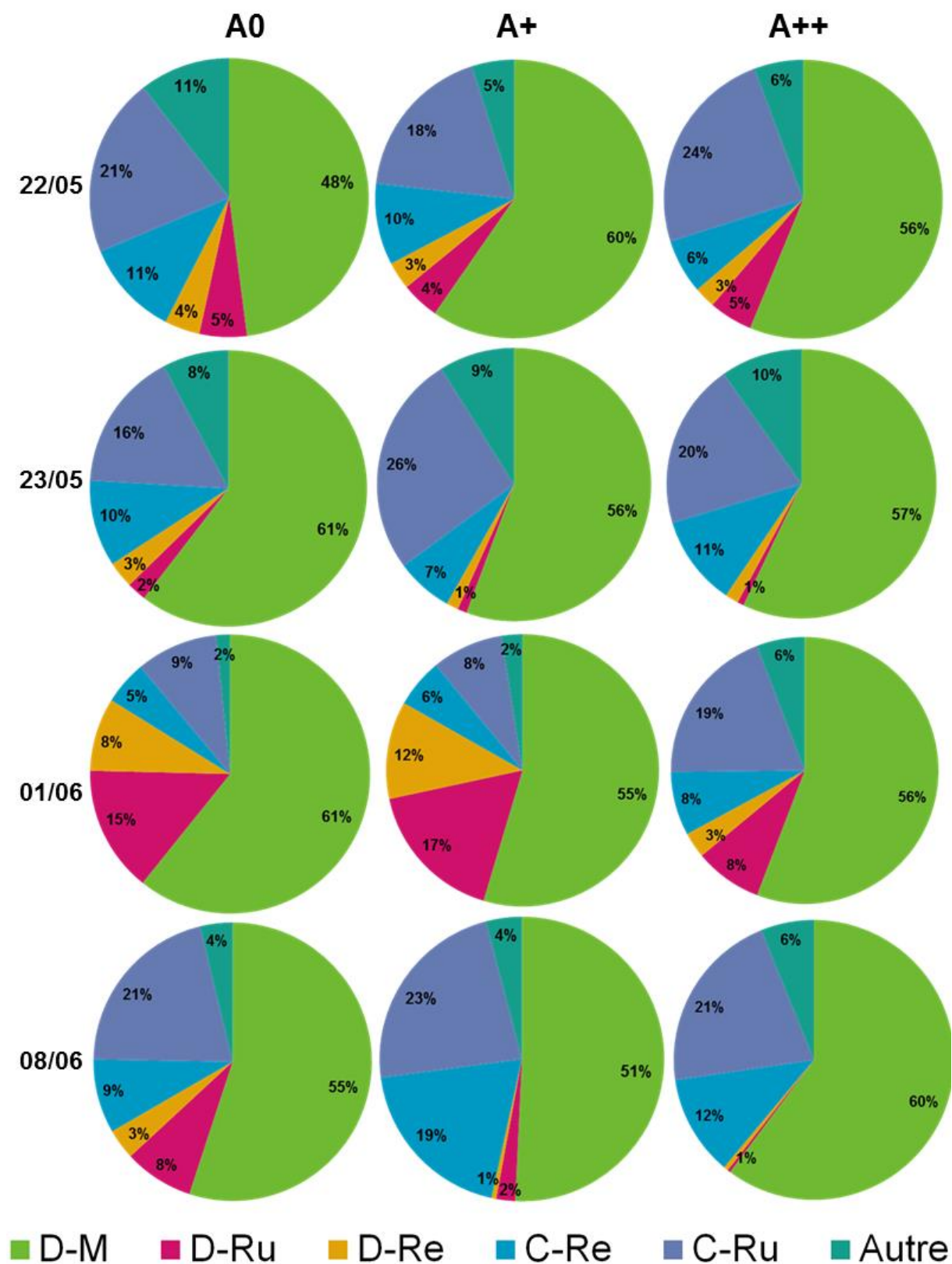


Figure 12 : Répartition des activités selon les dates et les lots

Les analyses statistiques ont été réalisées sur les proportions du temps consacré à chaque activité (exemple, si l'animal a été noté 565 fois « Debout – Mange » au cours d'une journée sur les 930 scans effectués, la proportion du temps passé à manger est de  $565 / 930 = 0,61$ ).

Les répartitions des activités des brebis par traitement et par date sont représentées par la **figure 12** ci-contre. Le comportement le plus important pour tous les lots et toutes les dates d'observation est le comportement « Debout-Mange » (D-M), suivi ensuite du comportement « Rumine » en position debout ou couché (D-Ru et C-Ru).

Les analyses de variances effectuées par activités sur ces variables donnent les résultats suivants :

**Tableau 4 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) des différentes activités des brebis**

Activités	Parcelle		Date		Interaction Parcelle-Date	
	Valeur F	Pr > F	Valeur F	Pr > F	Valeur F	Pr > F
D-M	47	0,6307	3,8	0,0133	14,2	<0,0001
D-Ru	9,98	0,0006	81,54	<0,0001	7,17	<0,0001
D-Re	15,15	<0,0001	39,47	<0,0001	7,61	<0,0001
C-Ru	3,78	0,0357	22,84	<0,0001	6,93	<0,0001
C-Re	0,46	0,637	12,85	<0,0001	7,06	<0,0001
Autres	4,45	0,0213	29,95	<0,0001	7,56	<0,0001

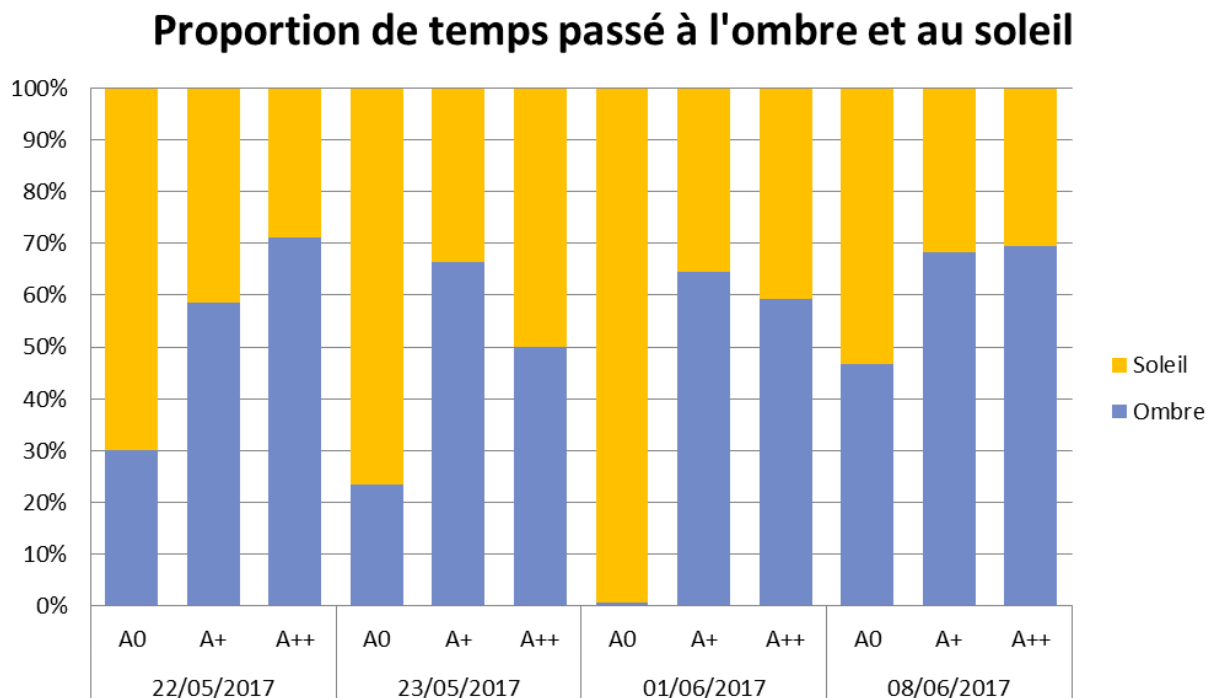
Le **tableau 4** met en évidence une interaction entre la date et la parcelle toujours fortement significative. Cela indique que l'effet parcelle (autrement dit l'effet densité d'arbre) est différent selon les dates ou encore que l'effet date est différent selon la parcelle.

Les résultats des tests statistiques montrent également de nombreux effets significatifs liés aux dates ou à la densité d'arbres des parcelles. Ces significativités correspondent cependant à des différences ponctuelles ne traduisant pas d'évolution claire des activités entre les lots ou entre les dates d'observations.

Il existe une différence significative au niveau de la journée d'observation du 1<sup>er</sup> Juin pour les traitements A0 et A+ qui comptent plus de comportements « Debout-Rumine » (D-Ru) et « Debout-Repos » (D-Re) que pour les autres dates ( $p < 0.0001$ ). Cette particularité est moins nette pour le traitement A++ car cette différence significative ne se retrouve qu'avec deux dates d'observation, le 23 Mai et le 08 Juin mais pas le 22 Mai et seulement pour le comportement « Debout-Rumine » ( $p < 0.0001$ ).

**Tableau 5 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) des différentes activités des brebis selon les créneaux d'observations (C), les dates (D) et les parcelles (P)**

		Date (D)	Créneaux (C)	Parcelle (P)	D*C	D*P	C*P	D*C*P
<b>D-M</b>	F	3,244	295,291	3,050	49,856	13,503	11,427	25,046
	Pr > F	0,022	< 0,0001	0,049	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
<b>D-Ru</b>	F	80,338	6,080	16,492	21,221	7,064	10,833	9,633
	Pr > F	< 0,0001	0,003	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
<b>D-Re</b>	F	33,209	2,304	12,728	5,832	6,407	0,956	6,137
	Pr > F	< 0,0001	0,102	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,432	< 0,0001
<b>C-Ru</b>	F	22,513	24,949	7,130	11,825	6,673	3,974	7,663
	Pr > F	< 0,0001	< 0,0001	0,001	< 0,0001	< 0,0001	0,004	< 0,0001
<b>C-Re</b>	F	12,182	21,642	1,369	5,464	6,731	1,944	4,743
	Pr > F	< 0,0001	< 0,0001	0,256	< 0,0001	< 0,0001	0,103	< 0,0001
<b>Autres</b>	F	30,807	36,828	5,409	5,055	7,809	5,012	12,717
	Pr > F	< 0,0001	< 0,0001	0,005	< 0,0001	< 0,0001	0,001	< 0,0001



**Figure 13 : Proportion de temps passé à l'ombre et au soleil (réalisés sur l'ensemble des scans ensoleillés)**

Lorsque l'on s'intéresse aux activités des animaux en fonction des différents créneaux d'observations (matin, après-midi et soir), les tests statistiques donnent les résultats présentés dans le **tableau 5**. Les tests statistiques mettent en évidence un effet très significatif de l'interaction entre la date, les créneaux d'observations et les parcelles pour toutes les activités. Cela signifie que l'effet créneau d'observation est différent selon les dates et les parcelles auxquels on s'intéresse ou encore que l'effet lot est différent selon la date et le créneau sélectionné.

Les résultats des tests statistiques montrent également de nombreux effets significatifs liés aux dates, aux créneaux et aux parcelles étudiés mais ces significativités correspondent là encore à des différences ponctuelles et ne traduisent pas d'évolution claire des activités entre les lots, les créneaux ou les dates d'observations.

### 3.1.2 Positionnement des animaux à l'ombre ou au soleil

Pour cette analyse, seule l'ambiance des scans a été prise en compte, les activités et la position des animaux n'ont donc pas été considérées. Ainsi, les scans concernés sont seulement ceux pour lesquels l'animal était à l'ombre (O) ou au soleil (S). Les scans couverts (C) ou sous la pluie (P) n'ont donc pas été pris en compte. La proportion de scan au soleil ou à l'ombre a donc été calculée avec le total de scans comportant de l'ombre et du soleil. Le temps passé au soleil et à l'ombre pour chaque lot et chaque date est représenté par la **figure 13** ci –contre.

Les résultats des tests Anova sont présentés dans le **tableau 6** suivant :

**Tableau 6 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur le positionnement à l'ombre des brebis**

Effet	Valeur F	Pr > F
Date	43,65	<.0001
Parcelle	248,35	<.0001
Date*Parcelle	24,62	<.0001

On remarque à nouveau une forte significativité de l'interaction entre la date d'observation et la parcelle (autrement dit, la densité d'arbre). Les analyses statistiques mettent en évidence que le lot A0 passe moins de temps à l'ombre que les deux autres lots et cela quelque que soit la date d'observation ( $p < 0,0001$ ).

Tableau 7 : Résultats des tests de Wilcoxon sur le choix de l'ombre par les animaux

	A0		A+		A++	
	Student	Wilcoxon	Student	Wilcoxon	Student	Wilcoxon
22 Mai	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,002	0,0041	0,0098
	Choix		Choix		Choix	
23 Mai	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,002
	Choix		Choix		Choix	
01 Juin	0,3344	0,4648	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,002
	Hasard		Choix		Choix	
08 Juin	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,002	0,0018	0,002
	Choix		Choix		Choix	

Tous les  $t_{Obs-Théo}$  sont supérieurs à zéro, les animaux passent donc plus de temps à l'ombre que si cela était due au hasard (sauf pour le lot A0 le 1<sup>er</sup> Juin)

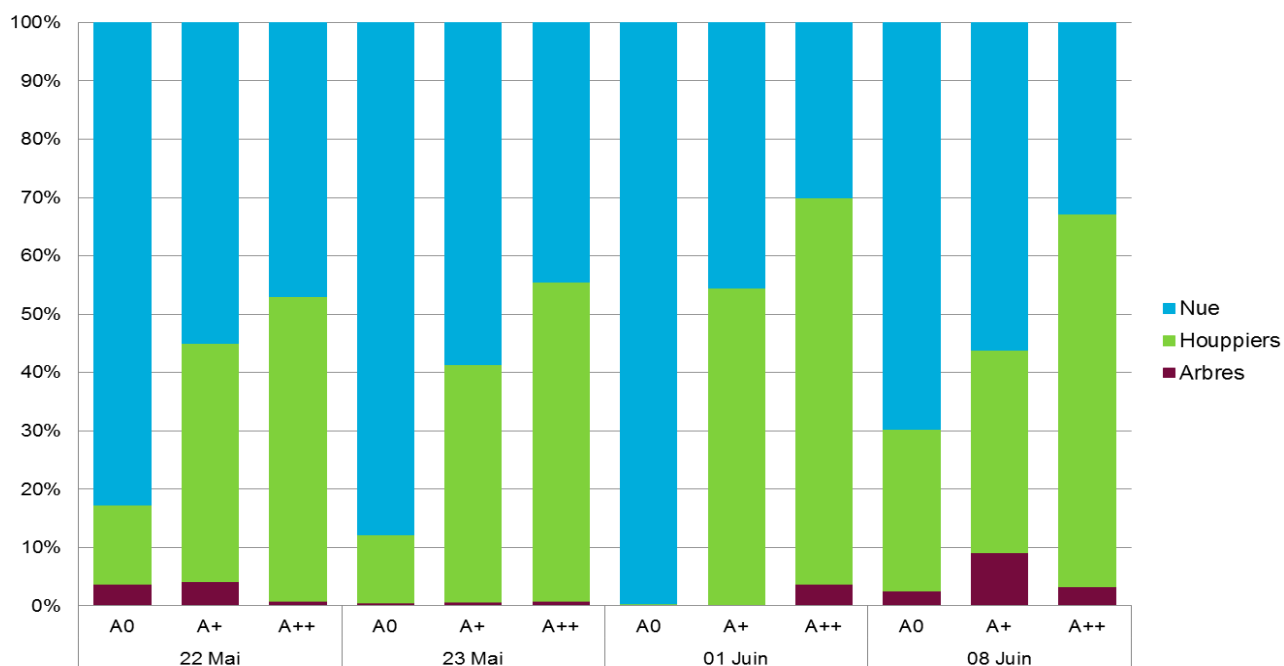


Figure 14 : Proportion de temps passé par les brebis au contact des arbres, sous les houppiers et en zone nue

Concernant les lots A+ et A++, les tests statistiques mettent en évidence une différence significative entre ces lots pour les journées d'observations du 22 Mai ( $p = 0,0004$ ) où les animaux du lot A++ passent plus de temps à l'ombre que les individus de A+. Tandis que pour le 23 Mai ( $p < 0,0001$ ), les brebis du lot A++ passent moins de temps à l'ombre que celles de A+. Pour les journées du 1<sup>er</sup> Juin et du 08 Juin il n'y a pas de différence significative entre ces lots.

Afin de vérifier si la proportion de temps passé à l'ombre pour chaque individu ne relève pas du hasard mais bien d'un choix de l'animal, une seconde analyse a été effectuée. Pour cela, la surface couverte par les houppiers des arbres des différentes parcelles a été estimée au moyen d'une analyse d'image réalisée avec le logiciel Qgis. Les pourcentages d'ombre obtenus sont alors les suivants, répertoriés dans le **tableau 8**:

**Tableau 8 : Estimation de la surface couverte par les houppiers des arbres des différentes parcelles**

Parcelle	A0	A+	A++
% d'ombre	0.8 %	40 %	84 %

Ces proportions d'ombre dans chaque parcelle ont été comparées avec un test de Student apparié et un test de Wilcoxon aux proportions obtenues lors des observations des animaux. Les résultats de ces tests sont répertoriés dans le **tableau 7**. On remarque que, sauf pour la journée du 1<sup>er</sup> Juin pour le lot A0, le choix de l'ombre relève bien d'une volonté de l'animal et non pas du hasard.

### 3.1.3 Positionnement des animaux par rapport aux arbres

De la même manière que pour le temps passé par les animaux à l'ombre, les proportions du temps passé au contact des arbres ou sous les houppiers par les brebis durant les quatre journées d'observations sont représentées par la **figure 14**.

Les résultats des tests statistiques réalisés sur la position des animaux par rapport aux arbres sont représentés par le **tableau 11** suivant :

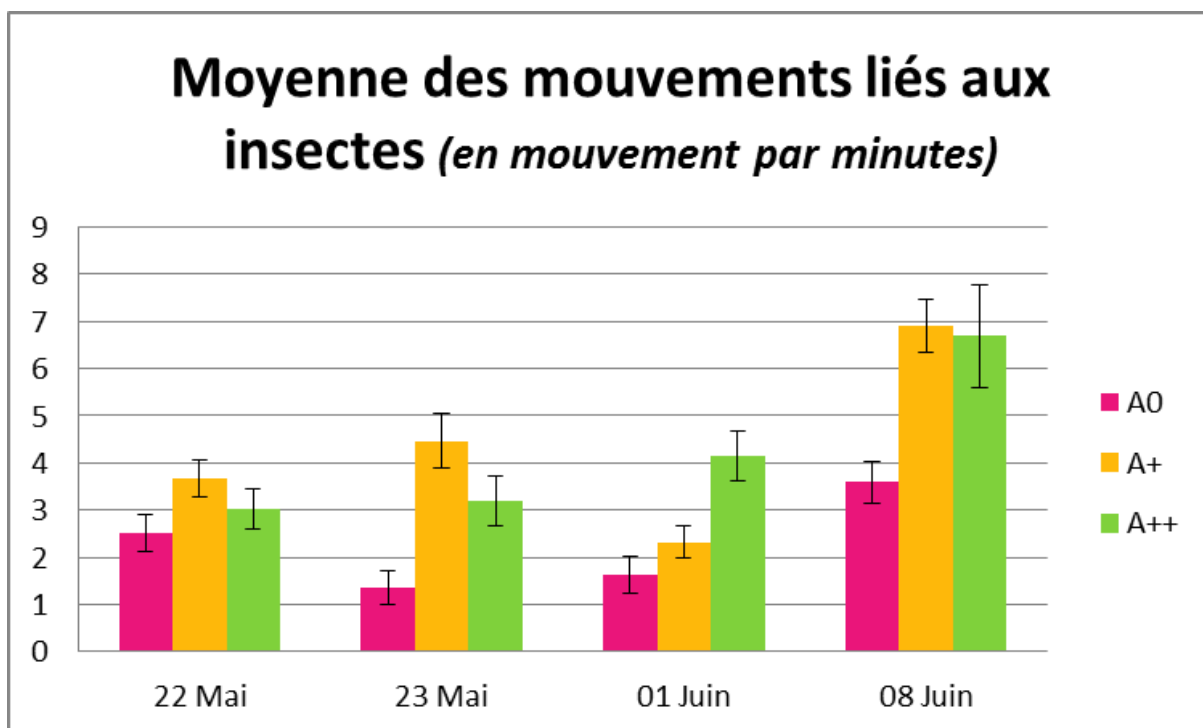
**Tableau 9 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) des différentes positions des brebis par rapport aux arbres**

Position	Date		Parcelle		Interaction Parcelle-Date	
	Valeur F	Pr > F	Valeur F	Pr > F	Valeur F	Pr > F
Arbres	9.54	<.0001	3.87	0.0280	5.57	<.0001
Houppiers	9.71	<.0001	459.79	<.0001	24.78	<.0001
Nue	19.49	<.0001	788.16	<.0001	26.92	<.0001

**Tableau 10 : Résultats des tests de Wilcoxon sur le choix de la proximité de l'arbre par les animaux**

	A0		A+		A++	
	Student	Wilcoxon	Student	Wilcoxon	Student	Wilcoxon
22 Mai	0,0002	0,002	0,0559	0,0645	< 0,0001	0,002
	Choix		Hasard		Choix	
23 Mai	< 0,0001	0,002	0,4545	0,6113	< 0,0001	0,002
	Choix		Hasard		Choix	
01 Juin	0,0672	0,0938	< 0,0001	0,002	< 0,0001	0,002
	Hasard		Choix		Choix	
08 Juin	< 0,0001	0,002	0,0938	0,1543	< 0,0001	0,002
	Choix		Hasard		Choix	

Tous les  $t_{\text{Obs-Théo}}$  sont supérieurs à zéro, les animaux passent donc plus de temps à l'ombre que si cela était due au hasard (sauf pour le lot A0 le 1<sup>er</sup> Juin et le lot A+ les 22 et 23 Mai et le 08 Juin)



**Figure 15 : Moyenne par lots des mouvements liés aux insectes en mouvements par minutes (avec déviations standards) durant les quatre journées d'observations de la période de printemps**



Concernant la position au contact des arbres, les analyses Anovas n'ont pas révélées de différences significatives entre le lot A+ et le lot A0 et entre le lot A++ et le lot A0 pour la journée d'observation du 22 Mai (respectivement  $p = 0.4695$  et  $p = 0.0637$ ). Pour la journée du 23 Mai, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les trois lots contrairement au 22 Mai où le lot A+ passe significativement plus de temps au contact des arbres que le lot A++ ( $p = 0,0107$ ), au 1<sup>er</sup> Juin où le lot A++ passe plus de temps près des arbres que les lots A0 et A+ ( $p = 0,0024$  et  $p = 0,0090$ ) et au 08 Juin où le lot A+ passe plus de temps près des arbres que les lot A0 et A++ ( $p = 0,0047$  et  $p = 0,0094$ ).

Les tests statistiques mettent en évidence un effet parcelle pour tous les lots concernant le positionnement près des houppiers et en zones nues. Pour toutes les dates, les animaux du lot A0 passent significativement moins de temps sous les houppiers que ceux des autres lots ( $p < 0,0001$ ) sauf pour le 08 Juin, où ils passent autant de temps sous les houppiers que ceux du lot A+. Les animaux du lot A+ passent moins de temps sous les houppiers que ceux du lot A++ quelques soit les dates ( $p < 0.01$ ).

Afin de savoir si la position des brebis par rapport aux arbres relève d'un choix de l'animal ou du hasard, les surfaces couvertes par les houppiers des arbres des différentes parcelles et estimée à partir du logiciel Qgis (représentés dans le **tableau 8**) ont été comparées aux proportions de temps passés par les animaux près des arbres (contact de l'arbre et sous les houppiers). Cette comparaison est faite au moyen d'un test de Student apparié et d'un test de Wilcoxon dont les résultats sont présentés dans le **tableau 10** ci-contre.

Les résultats montrent que pour le lot A++ et pour le lot A0 (sauf le 1<sup>er</sup> Juin), la position des animaux près des arbres relève bien d'un choix de la part des brebis. Le tableau montre toutefois que les animaux du lot A+ se placent moins souvent sous les houppiers par choix mais que leur position relève plutôt du hasard. Les animaux du lot A+ se positionnent sous les houppiers volontairement seulement pour la journée d'observation du 1<sup>er</sup> Juin (avec  $p = 0,0938$  pour le test de Student et  $p = 0,1543$  pour le test de Wilcoxon).

## 3.2 Analyse des autres mesures comportementales

### 3.2.1 Analyse des mouvements liés aux insectes

Au cours des observations comportementales, les mouvements des animaux en réponse à une gêne causée par un ou plusieurs insectes ont été enregistrés. La moyenne des mouvements par minute observés est représentée par la **figure 15**. On remarque que la parcelle A0 présente moins de mouvements liés à une gêne occasionnée par la présence d'insectes que pour les autres parcelles.

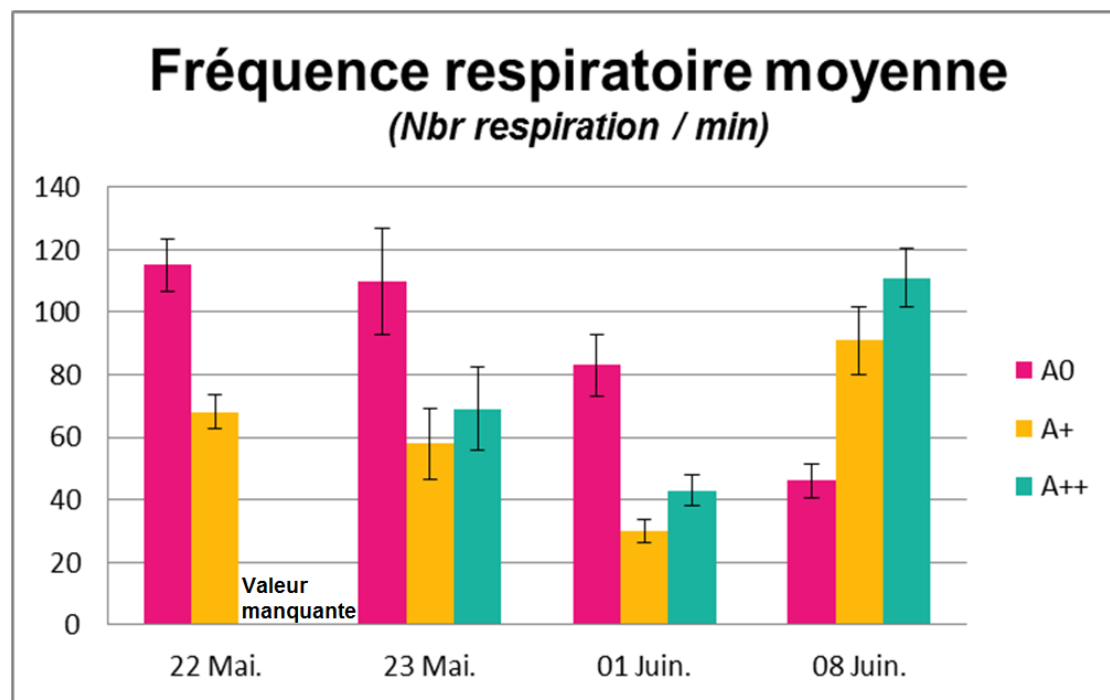


Figure 16 : Fréquences respiratoires moyennes (avec déviations standards) pour les quatre journées d'observations de printemps

Les tests statistiques, dont les résultats sont répertoriés dans le **tableau 11** suivant, montrent un effet parcelle récurrent :

**Tableau 11 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur le nombre de mouvements par minute liés aux insectes pour les 4 journées d'observations du printemps**

Dates	Effet Lot	
	F	Pr > F
<b>22 Mai</b>	3,196	0,065
<b>23 Mai</b>	17,844	< 0,0001
<b>01 Juin</b>	9,306	0,002
<b>08 Juin</b>	5,237	0,012

Les Anovas montrent une différence significative entre le lot A0 et le lot A+ le 22 et 23 Mai et le 08 Juin (respectivement  $p = 0,021$ ,  $p < 0,0001$  et  $p = 0,010$ ). On note également une différence significative entre A0 et A++ le 23 Mai, le 01 et le 08 Juin (respectivement  $p = 0,011$ ,  $p = 0,001$  et  $p = 0,023$ ). Enfin, une différence significative est également mise en évidence entre les lots A+ et A++ le 23 Mai et le 01 Juin ( $p = 0,040$  et  $p = 0,027$ ).

### 3.2.2 Analyses des fréquences respiratoires

Les nombres de respirations enregistrées lors des journées d'observations des animaux ont été transformés en fréquences respiratoires (nombre de respirations par minute) et sont représentés dans la **figure 16**. Les analyses statistiques réalisées sur ces données ont montré les résultats suivants répertoriés dans le **tableau 12** :

**Tableau 12 : Résultats des tests statistiques effectués sur les fréquences respiratoires des animaux durant les journées d'observations**

Effet Date	Valeur F	Pr > F
<b>A0</b>	7,14	0,0023
<b>A+</b>	16,27	<.0001
<b>A++</b>	19,91	<.0001
Effet Lot	Valeur F	Pr > F
<b>22 Mai</b>	1,42	0,2491
<b>23 Mai</b>	3,15	0,0789
<b>01 Juin</b>	12,89	0,0003
<b>08 Juin</b>	21,14	<.0001

On remarque un effet date pour tous les lots, particulièrement pour le lot A++ pour lequel les dates du 22 Mai, 23 Mai et du 1<sup>er</sup> Juin sont significativement différentes du 08 Juin. On remarque également un effet lot pour les deux journées d'observations de Juin, pour lesquelles A0 est significativement différent de A+ et A++

### Sommes des positions 'Debout' du 22/06

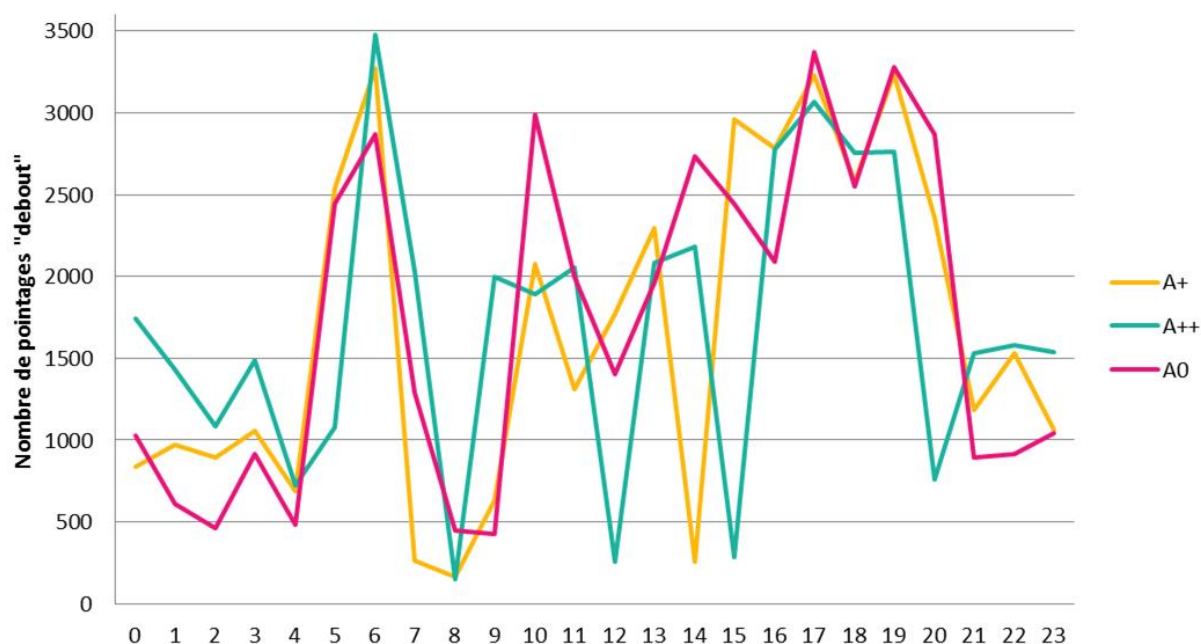


Figure 17 : Somme des pointages en position "Debout" des 10 animaux par lot pour la journée d'acquisition du 22 Juin 2017

### Sommes des positions "Debout" du 23/06

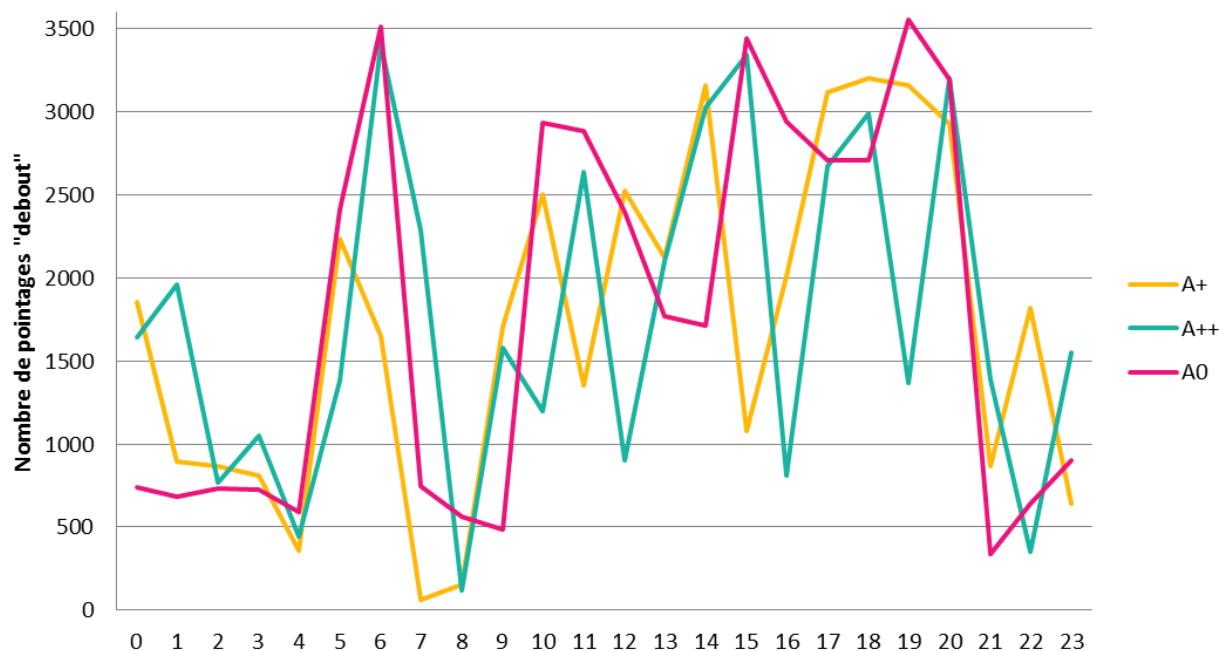


Figure 18 : Somme des pointages en position "Debout" des 10 animaux par lot pour la journée d'acquisition du 23 Juin 2017

### 3.3 Analyse des mesures complémentaires sur les animaux

#### 3.3.1 Analyse des mesures issues des podomètres

Les podomètres mis en place sur les animaux ont permis de collecter des informations pendant deux jours sur leur position (debout / couché) au moyen d'un pointage toutes les 10 secondes. Ainsi, pour chaque animal, 360 pointages par heure sont obtenus, soit 3 600 pointages par heure pour les 10 animaux de chaque lot. Les sommes de ces différents pointages sont représentées par la **figure 17** (22 Juin) et la **figure 18** (23 Juin).

On remarque une différence entre le lot A0 où les animaux sont plus souvent debout que pour les lots A+ et A++ au cours de la journée, notamment entre 10h et 17h. Cependant, cette différence n'est pas apparue significative avec les analyses statistiques dont les résultats sont représentés dans le **tableau 13** suivant :

**Tableau 13 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur le positionnement "debout" des brebis**

Effets	Valeur F	Pr > F
Heure	67,421	< 0,0001
Lot	0,607	0,546
Jour	1,061	0,304
Heure*Lot	4,533	< 0,0001
Heure*Jour	4,363	0,001
Lot*Jour	0,020	0,980
Heure*Lot*Jour	2,704	0,003

Ces analyses statistiques mettent en évidence un effet important de l'interaction entre l'heure et le lot. On remarque également une interaction entre l'heure et le jour mais également entre l'heure, le jour et le lot. Il n'y a cependant pas d'effet de l'interaction entre le lot et le jour d'enregistrement des mesures.

Les Anovas réalisées ne mettent pas en évidence de différences significatives entre les lots. On remarque cependant des différences significatives entre les heures, que l'on peut remarquer sur les **figures 17 et 18** aux niveaux des pics par exemple.

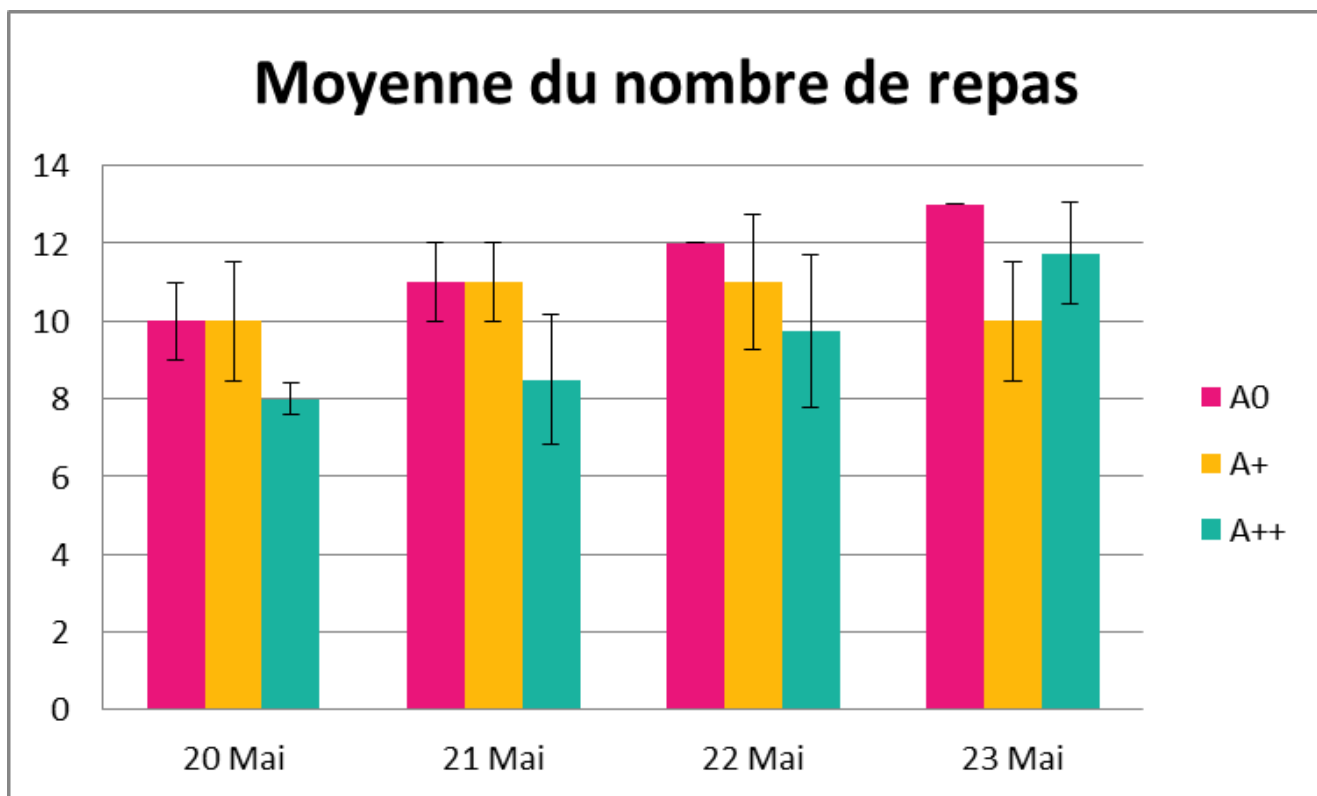


Figure 19 : Moyenne du nombre de repas (avec déviations standards) pour la première période d'enregistrement (du 20 au 23 Mai)

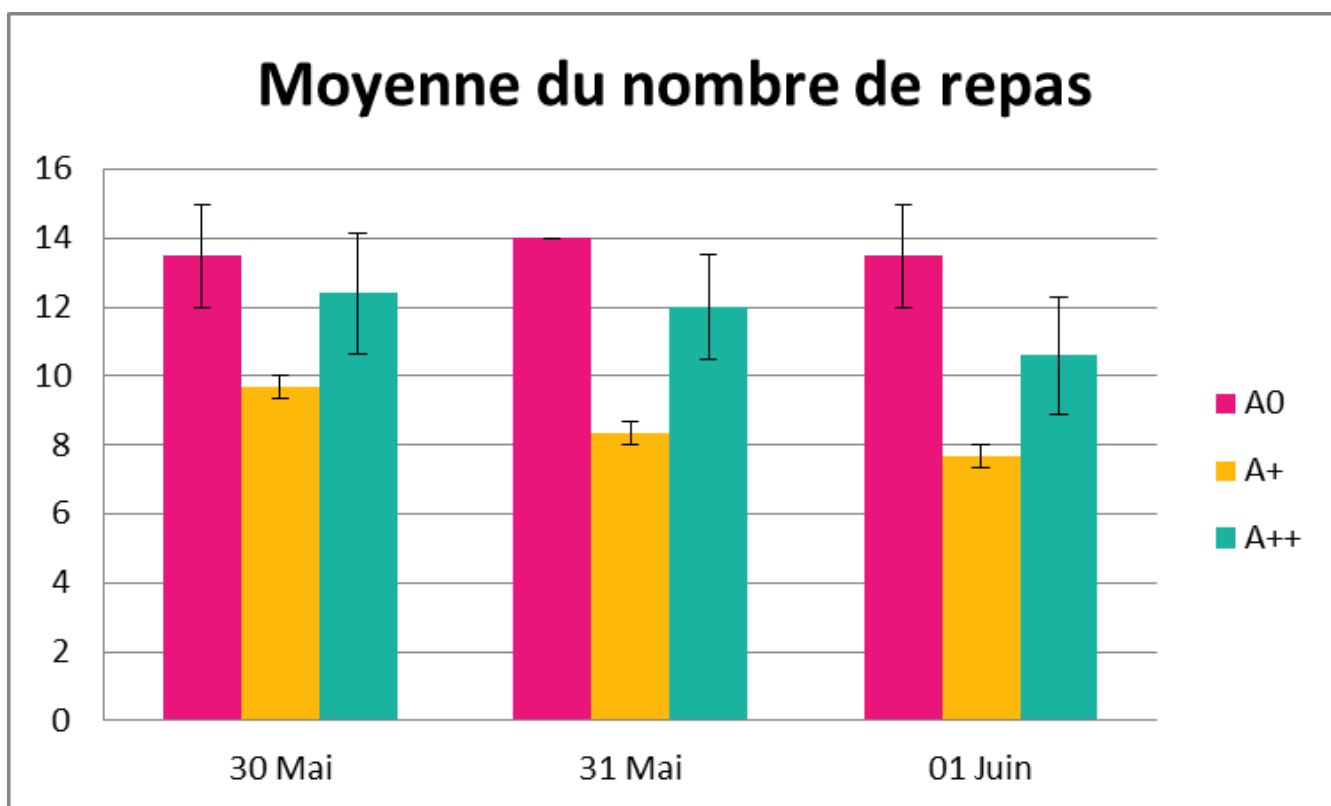


Figure 20 : Moyenne du nombre de repas (avec déviations standards) pour la deuxième période d'enregistrement (du 30 Mai au 01 Juin)

### 3.3.2 Analyses des mesures issues des colliers Ethosys

Grâce aux colliers Ethosys, le nombre de repas de chaque individu porteur du collier a pu être déterminé. Les acquisitions ont été effectuées sur deux périodes, la première (du 20 au 23 Mai) sur 9 animaux et la deuxième (du 30 Mai au 1<sup>er</sup> Juin) sur 10 autres animaux. Les moyennes des nombres de repas par lot sont représentées dans les **figures 19 et 20**.

Pour la première période d'acquisition les résultats des tests statistiques effectués sont présentés dans le **tableau 14** suivant :

*Tableau 14 : Résultats des tests statistiques (Anova) réalisés sur le nombre de repas par jour pour les animaux équipés de colliers Ethosys lors de la première période d'acquisition des données*

Effet	Valeur F	Pr > F
Date	3.34	0.0425
Parcelle	0.63	0.5654
Date*Parcelle	1.29	0.3121

Les tests statistiques indiquent un effet significatif de la date sur le nombre de repas des animaux équipés de colliers. Aucun effet de la parcelle n'a cependant été mis en évidence par les tests.

Pour la deuxième période d'acquisition des données les tests statistiques donnent les résultats suivants répertoriés dans le **tableau 15** :

*Tableau 15 : Résultats des tests statistiques (Anova) réalisés sur le nombre de repas par jour pour les animaux équipés de colliers Ethosys lors de la deuxième période d'acquisition des données*

Effet	Valeur F	Pr > F
Date	2.74	0.1199
Parcelle	2.30	0.1695
Date*Parcelle	0.51	0.7283

Pour cette deuxième période d'acquisition, les tests statistiques ne montrent aucun effet significatif ni de la date, ni des parcelles ni l'interaction entre ces deux facteurs.

### Evolution du poids des agneaux

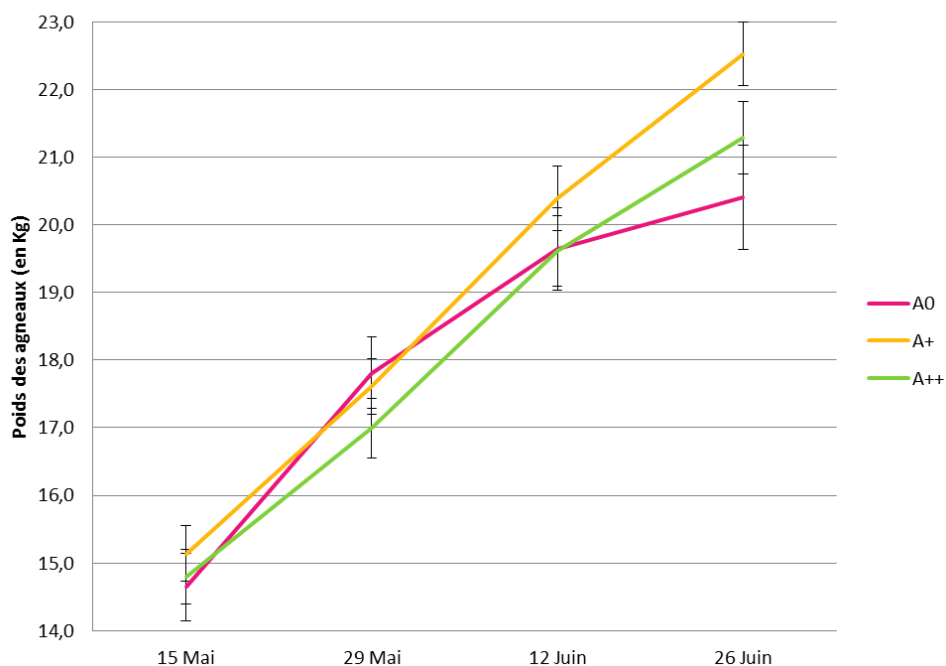


Figure 21 : Evolution du poids des agneaux (avec déviations standards) au cours de la période de printemps, du 15 Mai au 26 Juin (sevrage)

Tableau 16 : Moyennes et Ecart-types du gain de poids des agneaux entre le 15 Mai et le 26 Juin 2017 (période de printemps)

Traitement	Nbr d'animaux	Gain de poids 15/05 - 26/06	
		Moyenne	Ecart-type
A0	19*	5,77	2,020
A+	19*	7,14	1,245
A++	20	6,49	1,471

\* A0 et le lot A+, le gain de poids n'est calculé que sur 19 agneaux et non pas 20 car deux agneaux (un en A+ et un en A0) sont morts au cours de l'étude.

### Evolution du poids des brebis

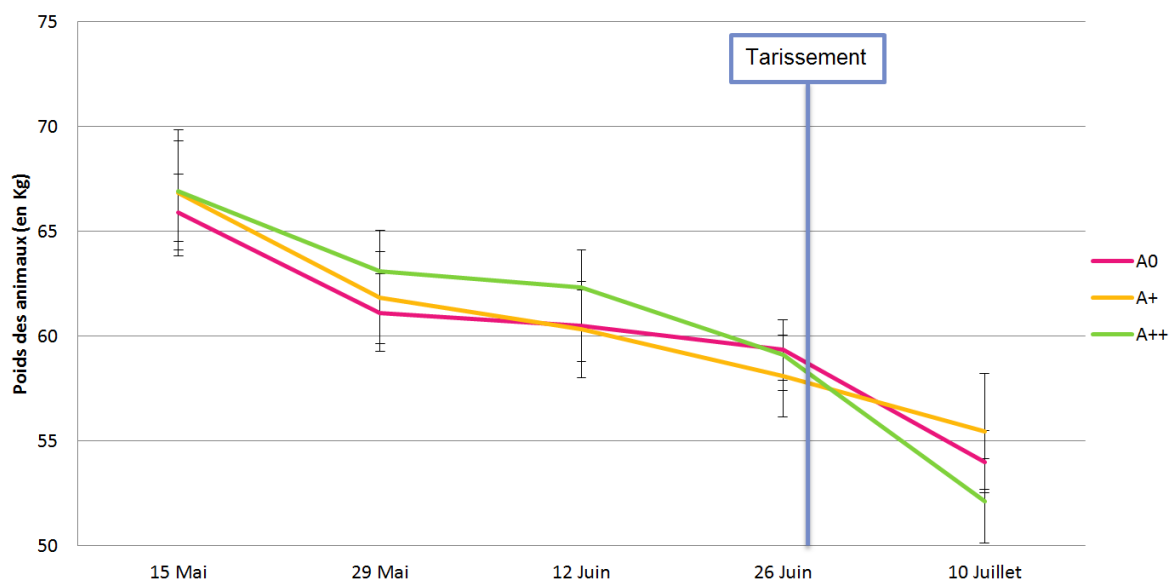


Figure 22 : Evolution du poids des brebis (avec déviations standards) au cours de la période de printemps, du 15 Mai au 10 Juillet 2017 (tarissement au 27 Juin)



### 3.4 Analyse des données zootechniques

#### 3.4.1 Analyse de l'évolution du poids des agneaux

On remarque sur la **figure 21** une bonne croissance des agneaux au cours de la période de printemps avec une moyenne de 6 kg de gain de poids sur la période pour tous les lots, comme le montre le **tableau 16**. Pour le lot A0 et le lot A+, le gain de poids n'est calculé que sur 19 agneaux et non pas 20 car deux agneaux (un en A+ et un en A0) sont morts au cours de l'étude.

Les résultats des tests statistiques présentés dans le **tableau 17** suivant montrent une forte significativité de l'interaction parcelle et date. Cependant, il n'y a pas d'effet parcelle mis en évidence. Un effet fortement significatif de la date est mis en évidence, cohérent avec l'évolution du poids des agneaux puisque plus on avance dans le temps, plus les agneaux grandissent et prennent du poids.

**Tableau 17 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution du poids des agneaux entre le 15 Mai et le 26 Juin 2017 (période de printemps)**

Effet	Valeur F	Pr > F
Date	495.12	<.0001
Parcelle	0.50	0.6114
Date*Parcelle	6.41	<.0001

#### 3.4.2 Analyse de l'évolution du poids et de l'état corporel des brebis

##### 3.4.2.1 Evolution du poids des brebis

Le poids des brebis a été enregistré toutes les deux semaines au cours de la période de printemps. Le tarissement des animaux a eu lieu le 27 Juin et les brebis ont alors été sorties des parcelles. L'évolution du poids des brebis du 15 Mai au 10 Juillet est représentée par la **figure 22**.

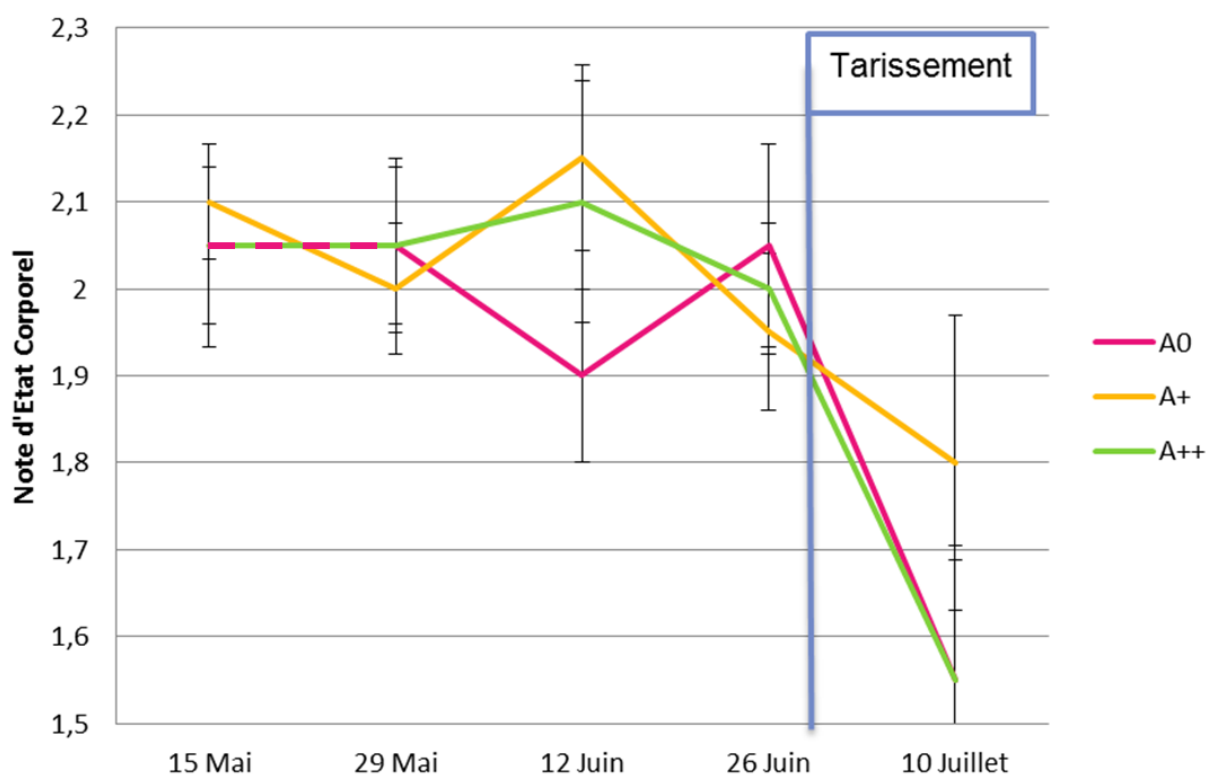
Une baisse de poids générale est observée pour tous les lots, avec une perte plus rapide après le tarissement. Entre le 15 Mai et le 10 Juillet, les animaux ont perdu en moyenne 12kg pour tout lot confondu.

**Tableau 18 : Moyennes et Ecart-types de la perte de poids des brebis entre le 15 Mai et le 10 Juillet 2017 (période de printemps).**

Traitement	Nbr d'animaux	Perte de poids 15/05 - 10/07	
		Moyenne	Ecart-type
A0	10	11,90	4,239
A+	10	11,37	3,251
A++	8*	13,78	4,377

\*Deux brebis du lot A++, deux individus sont morts en bergerie au moment du tarissement, la perte de poids a donc été calculée sur 8 animaux pour ce lot.

## Evolution de la NEC des brebis



**Figure 23 : Evolution de la Note d'Etat Corporel (NEC) des brebis (avec déviations standards) au cours de la période de printemps, du 15 Mai au 10 Juillet 2017 (tarissement au 27 Juin)**

Les moyennes et écart-types de la perte de poids des animaux durant la période d'observation du printemps sont représentés dans le **tableau 18**.

Les tests statistiques effectués n'ont toutefois pas permis de mettre en évidence une différence significative entre les différents lots. Le **tableau 19** montre en effet que les résultats de l'Anova ne permettent pas de mettre en évidence un effet traitement. On observe un effet date cohérent avec l'évolution du poids des animaux dans le temps (plus on avance dans les dates, plus les animaux ont perdu du poids).

**Tableau 19 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution du poids des brebis entre le 15 Mai et le 10 Juillet 2017 (période de printemps)**

Effet	Valeur F	Pr > F
<b>Dates</b>	118.00	<.0001
<b>Parcelle</b>	0.02	0.9770
<b>Date*Parcelle</b>	1.89	0.0716

#### **3.4.2.2 Evolution de la Note d'Etat Corporel des brebis**

On observe sur la **figure 23** une diminution générale de la NEC des animaux. Comme pour la perte de poids des brebis, cette diminution est plus importante après le tarissement des animaux. On observe cependant sur le graphique que la Note d'Etat Corporel des animaux du lot A+ diminue moins fortement que pour les autres lots. La NEC des animaux des parcelles A+ et A0 varient inversement notamment le 12 Juin et le 26 Juin.

Les résultats des tests statistiques sont représentés dans le **tableau 20** suivant :

**Tableau 20 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution de la Note d'Etat Corporel (NEC) des animaux entre le 15 Mai et le 10 Juillet 2017 (période de printemps)**

Effet	Valeur F	Pr > F
<b>Parcelle</b>	0.25	0.7817
<b>Date</b>	16.84	<.0001
<b>Parcelle*Date</b>	1.59	0.1403

Tout comme le poids, la NEC des brebis varie au cours de la période de printemps. Il n'y a cependant pas d'effet significatif de la parcelle mis en avant par les Anovas.

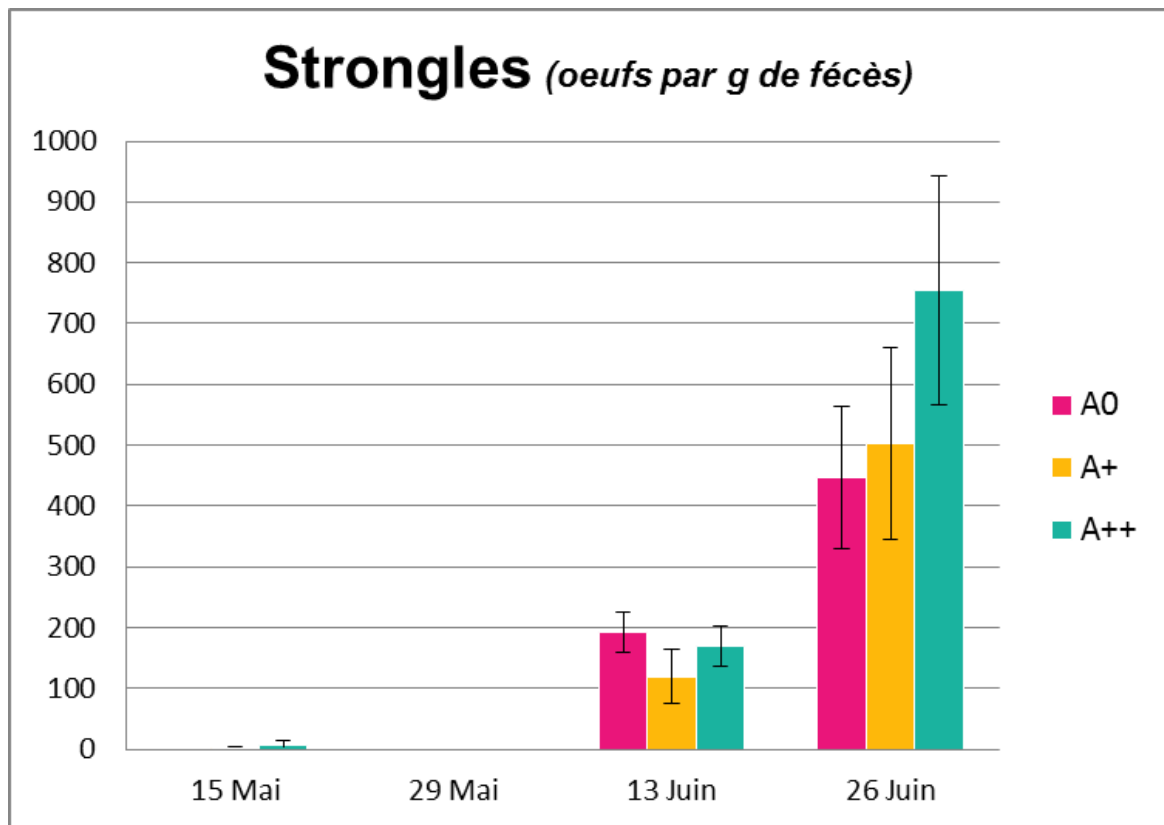


Figure 24 : Quantité de strongles (en œufs par gramme de fèces) des agneaux (avec déviations standards) au cours de la période de printemps (15 Mai au 26 Juin)

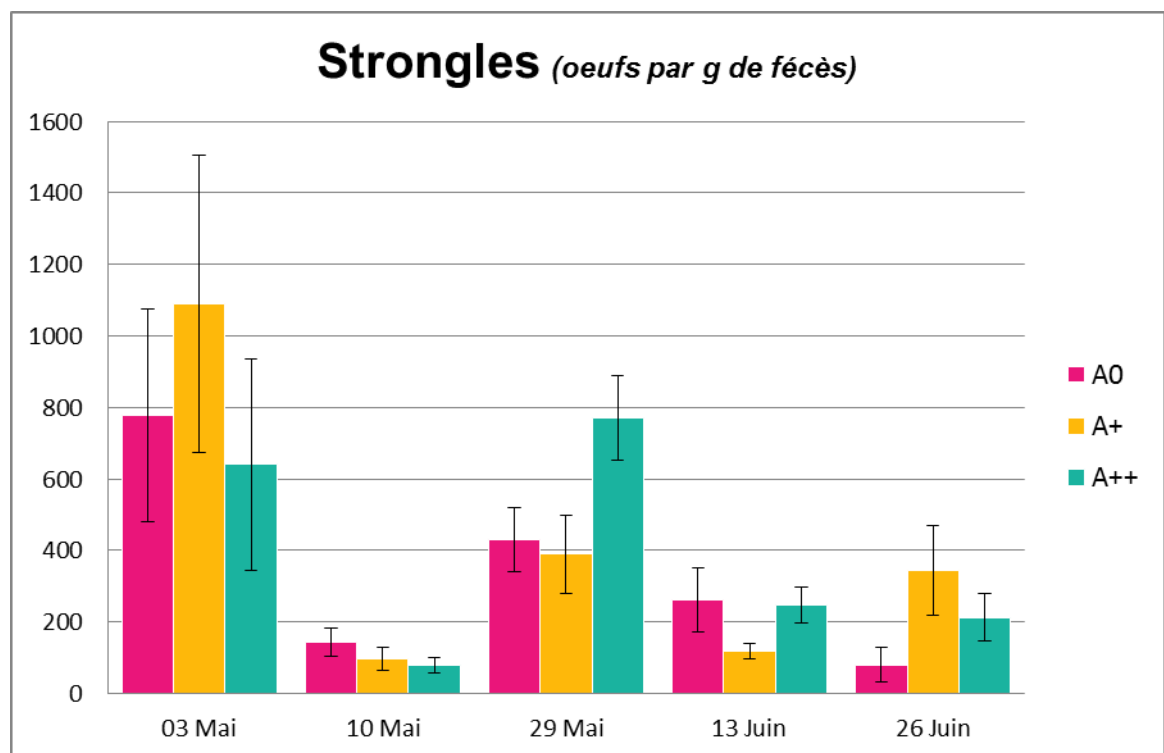


Figure 25 : Quantité de strongles (en œufs par gramme de fèces) des brebis (avec déviations standards) au cours de la période de printemps (03 Mai au 26 Juin)

### 3.4.3 Analyse des coproscopies des agneaux et brebis

Pour savoir si la présence d'arbre peut impacter la présence de parasites dans les parcelles, des coproscopies ont été régulièrement réalisées sur les animaux. Concernant l'infestation des agneaux, la **figure 24** représente la quantité d'œufs de strongles par gramme de fèces mesurée en moyenne par lots et par date. On remarque une nette augmentation du nombre d'œufs de strongles retrouvés dans les fèces des agneaux et ce pour tous les lots à partir du 13 Juin.

Les résultats des tests statistiques sont représentés dans le **tableau 21** suivant :

*Tableau 21 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution de l'infestation des agneaux par les strongles entre le 15 Mai et le 26 Juin 2017 (période de printemps)*

Effet	Valeur F	Pr > F
Date	33.15	<.0001
Lot	1.13	0.3321
Date*Lot	1.06	0.3935

Les tests statistiques mettent en avant un effet date significatif mais pas d'effet lot. Les agneaux ne sont en effet pas infestés à la naissance et s'infestent au cours de leur vie sur la parcelle.

Concernant les brebis, la **figure 25** représente le nombre d'œufs par gramme de fèces retrouvé en moyenne pour chaque lot selon les différentes dates. On remarque une grosse diminution du nombre d'œufs de strongles par gramme de fèces entre le 03 Mai et le 10 Mai. Les animaux ont en effet été traités contre les parasites internes entre ces deux mesures. Il n'y a cependant pas eu de traitement entre le 29 Mai et le 26 Juin, malgré la variation du nombre d'œufs de strongles dans les lots.

Les résultats des tests statistiques sont représentés dans le **tableau 22** suivant :

*Tableau 22 : Résultats des tests statistiques (ANOVA) sur l'évolution de l'infestation des brebis par les strongles entre le 15 Mai et le 26 Juin 2017 (période de printemps)*

Effet	Valeur F	Pr > F
Date	17.75	<.0001
Lot	2.04	0.1502
Date*Lot	1.55	0.1308

Les tests statistiques mettent seulement en évidence un effet significatif de la date. Bien que sur la **figure 25**, les lots A+ et A++ apparaissent plus souvent plus infestés que le lot A0, aucun effet significatif de la parcelle n'est mis en évidence par les Anovas.

## Biomasse disponible

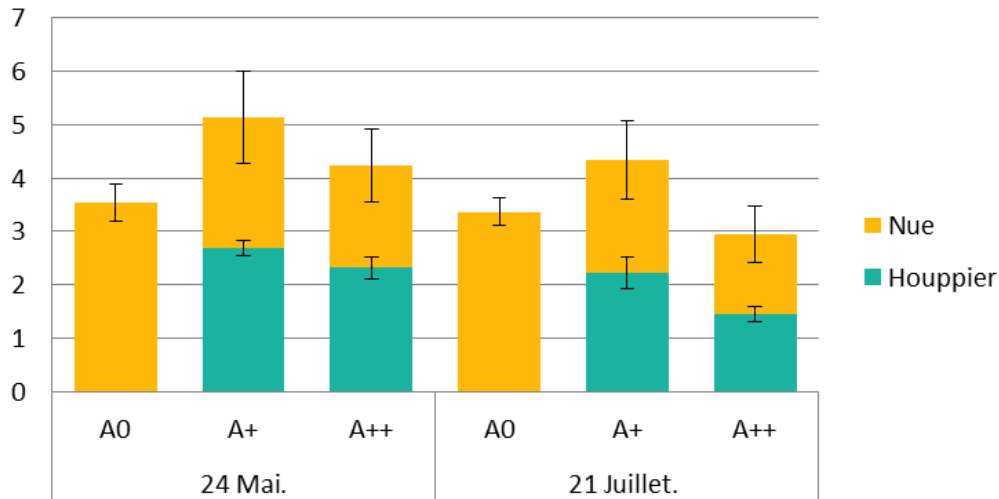


Figure 26 : Moyenne de biomasse disponible (avec déviations standards) en zone nue et sous les houppiers pour le 24 Mai et le 21 Juillet

Tableau 23: Températures (en °C) moyennes (Moy), minimales (Min) et maximales (Max) enregistrées durant les journées d'observation selon les trois créneaux d'observations et durant la journée entière (00:00 - 23:00)

Dates	8 :30 – 11 :00		12 :30 – 15 :00		16 :30 – 19 :00		00 :00 – 23 :00	
<b>22</b>	Moy : 18,7		Moy : 21,2		Moy : 19,3		Moy : 14,9	
<b>Mai</b>	Min : 14	Max : 20,2	Min : 20,4	Max : 22,2	Min : 18,8	Max : 19,8	Min : 5,4	Max : 21,5
<b>23</b>	Moy : 18,0		Moy : 20,7		Moy : 20,2		Moy : 17	
<b>Mai</b>	Min : 16,6	Max : 19,1	Min : 19,9	Max : 21,6	Min : 18,6	Max : 21,2	Min : 12,3	Max : 22,1
<b>01</b>	Moy : 18,2		Moy : 19		Moy : 18		Moy : 15,6	
<b>Juin</b>	Min : 17,3	Max : 19,4	Min : 16,7	Max : 19,9	Min : 15,6	Max : 20,3	Min : 10,4	Max : 20,3
<b>08</b>	Moy : 17,2		Moy : 21,8		Moy : 25,1		Moy : 15,3	
<b>Juin</b>	Min : 14,7	Max : 19,8	Min : 20,4	Max : 23,5	Min : 24,8	Max : 25,3	Min : 4,6	Max : 25,3

Tableau 24 : Caractérisation des différents créneaux d'observations (1 : 08:30-11:00, 2 : 12:30-15:00 et 3 : 16:30-19:00) selon la moyenne de l'indice Tbg (\*calculé avec la radiation solaire de la station de St-Genes-Champagnelle)

Dates	Créneaux d'observations	Moyenne Tbg	Catégorie
<b>22/05/2017</b>	1	25,62*	+
	2	28,00*	+
	3	24,37	-
<b>23/05/2017</b>	1	24,61	-
	2	28,07	+
	3	25,84	+
<b>01/06/2017</b>	1	25,10	+
	2	25,21	+
	3	22,68	-
<b>08/06/2017</b>	1	24,30	-
	2	29,65	+
	3	32,33	+

### 3.5 Biomasse disponible pour les animaux

Des prélèvements de biomasses ont été effectués sur les différentes parcelles à deux dates différentes, le 24 Mai et le 21 Juillet. Les résultats de ces prélèvements sont représentés par la **figure 26** ci-contre.

Les résultats des tests statistiques concernant la biomasse sont répertoriés dans le tableau

**Tableau 25 : Résultats des tests statistiques (Anova) sur la biomasse disponible pour le 24 Mai et le 21 Juillet 2017**

Effet	Valeur F	Pr > F
Date	5,37	0,0227
Parcelle	30,46	<,0001
Date*Parcelle	0,61	0,5474

Les analyses statistiques mettent en évidence une différence significative entre toutes les parcelles et pour les deux dates.

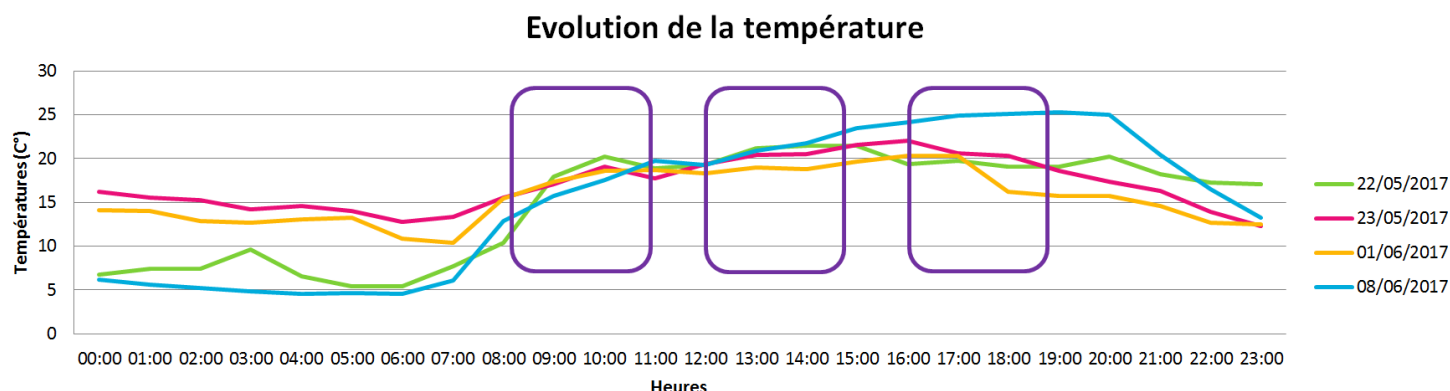
Les résultats des tests statistiques indiquent que la biomasse est plus importante pour le 24 Mai que pour le 21 Juillet ( $p = 0,0227$ ). De plus, la biomasse de la parcelle A0 est moins importante que celle des deux autres parcelles ( $p < 0,0001$ ). La biomasse de A++ est moins importante que celle de A+ ( $p = 0,0096$ ).

### 3.6 Caractérisation de la météo au cours de la période de printemps

Au cours des 4 journées d'observations, les différentes températures enregistrées par les stations météo sont représentées par la **figure 27** et les températures moyennes, minimales et maximales des créneaux d'observations sont représentés dans le **tableau 23**. Parmi les journées d'observations, la journée du 08 Juin est la journée la plus propice à un stress thermique pour les animaux (température les plus chaudes et Tbg importants).

Les différents créneaux d'observations caractérisés par l'indice Tbg calculé sont répertoriés dans le **tableau 24** ci-contre.

**Figure 27 : Evolution de la température pour les 4 journées d'observations comportementales (les créneaux d'observations sont représentés par les cadres violets)**







## 4 Discussion des résultats obtenus

### 4.1 Analyse du comportement et des bilans d'activité

#### 4.1.1 La présence d'arbre impacte-t-elle la proportion de temps consacré à une activité donnée ?

Quelle que soit la densité d'arbre, l'activité « Debout – Mange » reste la plus importante pour tous les lots et à toutes les dates. Cela peut s'expliquer par le fait que les ovins sont des ruminants qui ont besoin de s'alimenter de façon régulière afin de maintenir une fermentation continue dans leur rumen. De même, les activités de rumination couché ou debout (C-Ru et D-Ru) représentent le deuxième comportement le plus observé quelques soit les lots et les jours. Cela s'explique encore par la physiologie du ruminant, dont la digestion se fait en deux temps.

Une différence significative a été observé au niveau des comportements « Debout-Rumine » (D-Ru) et « Debout-Repos » (D-Re) pour la journée d'observation du 1<sup>er</sup> Juin. Les animaux ruminent en effet beaucoup plus debout que les autres jours et ce quels que soient les lots. Cette différence de comportement peut s'expliquer par le fait que ce jour-là, il a plu durant 22% des scans d'observations (210 scans / 930), contrairement aux autres journées d'observations où le temps était soit couvert, soit ensoleillé. Les animaux se sont alors positionnés auprès des arbres et ont alors ruminé debout. Le sol étant mouillé, les brebis ont également pu choisir de rester debout pour ruminer au lieu de se coucher comme c'est le cas le plus souvent pour les autres dates d'observations. Cela est également valable pour le comportement « Debout-Repos » pour les animaux des lots A0 et A+. Cependant, cette différence ne se retrouve pas pour la parcelle A++. Cela peut s'expliquer par le fait que la parcelle A++ est la parcelle avec la densité d'arbre la plus importante, ce qui permet d'éviter plus efficacement la pluie et permet également au sol d'être moins détrempé à la suite d'une averse. Ces résultats pourraient corroborer l'hypothèse selon laquelle la présence d'arbre influence la répartition des activités des brebis dans la journée et ce notamment en fonction des conditions météorologiques (Schreffler et Hohenbocken, 1980).

Au niveau de l'analyse des activités des animaux selon les différents créneaux d'observation (matin, après-midi et soir), des différences significatives ponctuelles apparaissent mais ne permettent pas de conclure à une évolution claire des activités entre les lots, les dates d'observation ou les créneaux de la journée. Au cours des observations, il a parfois été noté des différences de comportement entre les créneaux, notamment avec le lot A0 qui a tendance à être plus actif lors du premier créneau d'observation, par rapport aux lots A+ et A++. Ces différences n'ont cependant pas pu être prouvées statistiquement et des mesures supplémentaires seraient nécessaires pour confirmer ce décalage d'activité entre lot. Elles iraient dans le sens que sans abris les animaux en plein air seraient plus actifs aux heures les moins chaudes.



Enfin, concernant les observations, la méthode de scan d'activités effectuée toutes les 5 minutes présente une limite puisqu'elle entraîne parfois une perte de données. En effet, toutes les actions effectuées par les animaux entre deux scans ne peuvent pas être prises en compte et certaines activités ponctuelles telles qu'un contact rapide avec l'arbre peuvent ne pas être enregistrées.

#### **4.1.2 Comment la présence d'arbres influence-t-elle la proportion de temps passé à l'ombre ou au soleil ?**

En premier lieu, il apparaît que les animaux de la parcelle A0 passent moins de temps à l'ombre que ceux des autres parcelles pour toutes les dates. Cela s'explique en effet par le fait que cette parcelle ne possède qu'un seul arbre, les animaux ont donc moins d'accès à l'ombre que pour les parcelles A+ et A++ où la densité d'arbres est plus importante et offre une plus grande quantité d'ombre aux animaux. Dans A0, à l'ombre de l'arbre, il n'y a plus d'herbe. Pour se nourrir les animaux doivent donc aller en zone nue, or cette activité est majoritaire dans une journée.

Cependant, au cours de la journée d'observation la plus chaude, le 08 Juin, les brebis de la parcelle A0 passent 45% de leur temps à l'ombre. Il est donc important pour les animaux d'avoir un abri leur permettant de se protéger des intempéries et notamment du soleil, comme le stipule la réglementation pour le respect du bien-être des animaux. Les résultats des tests statistiques montrent d'ailleurs que les brebis choisissent de se positionner à l'ombre et que cela ne relève pas du hasard. Il faut cependant noter que ces tests ont été réalisés sur une estimation visuelle de la taille des houppiers des arbres. Or selon le moment de la journée et la position du soleil, l'ombre des arbres peut se déplacer. Il serait donc nécessaire de recalculer visuellement la quantité d'ombre permise par les arbres en se basant sur des photos prises à différents moments de la journée et par temps ensoleillé.

#### **4.1.3 Comment la présence d'arbres influence-t-elle le temps passé par les animaux près des arbres ?**

Les résultats montrent que les animaux de la parcelle A0 passent moins de temps au contact des arbres et sous les houppiers que les animaux des autres lots. Cela s'explique de façon logique par le fait que la parcelle A0 ne possède qu'un seul arbre, contrairement aux autres parcelles qui en possèdent beaucoup plus et permettent donc aux animaux de passer plus de temps sous les houppiers. Il n'y a cependant aucune différence significative mise en évidence entre les lots, ainsi les animaux A0 se positionnent autant au contact des arbres et sous les houppiers que les brebis du lot A++ ou A+ et ce même si la parcelle ne contient qu'un seul arbre. Cela signifie donc que les brebis du lot A0 passent une grande partie de leur temps près du seul arbre de la parcelle. Cela tend à confirmer l'hypothèse indiquant que les ovins ont tendance à passer plus de temps près des arbres lorsqu'ils en ont l'occasion (Sibbald et al, 1996).



## **4.2 Analyse des autres mesures comportementales**

### **4.2.1 Comment les arbres influencent-ils la présence d'insectes auprès des animaux ?**

Les résultats des analyses statistiques sur les mouvements liés aux insectes montrent que les animaux de la parcelle avec un seul arbre présentent moins de mouvements de gêne que les animaux des parcelles A+ et A++ pour presque toutes les journées d'observations. Il semblerait donc que les animaux soient moins gênés par les insectes sur la parcelle qui possède un seul arbre par rapport aux parcelles qui en possèdent plus. Un effet parcelle a été démontré pour toutes les dates. La quantité d'arbres semble donc influencer la présence d'insectes au sein des parcelles de façon négative. Les résultats ne permettent cependant pas d'affirmer que plus il y a d'arbres et plus il y a d'insectes, puisque pour la journée du 23 Mai, le nombre de mouvements en réaction aux insectes était le plus élevé pour A+ alors que pour le 01 Juin, ce sont les animaux de la parcelle A++ qui ont présenté le plus de mouvements en réaction aux insectes.

Il faut toutefois noter que des biais peuvent apparaître lors de la collecte des données. En effet, même si les observateurs se sont mis d'accord et entraînés pour homogénéiser la prise de données, il peut y avoir des confusions lorsque l'animal est debout en train de manger dans les herbes hautes entre un mouvement dû aux insectes et un mouvement occasionné par le frottement des herbes sur l'animal.

### **4.2.2 Comment la présence d'arbres influence la respiration des animaux ?**

Concernant la fréquence respiratoire des animaux, un effet significatif de la date a été mis en évidence par les analyses statistiques. Pour les journées du 1<sup>er</sup> et du 08 Juin, un effet lot a également été mis en évidence avec le lot A0 qui présente une différence significative par rapport aux lots A+ et A++. Il n'est cependant pas possible d'affirmer que les arbres influencent la fréquence respiratoire des animaux puisque les animaux du lot A0 présentent soit des fréquences respiratoires plus élevées que les animaux des lots A+ et A++ pour la journée du 1<sup>er</sup> Juin, soit des fréquences respiratoires plus faibles pour la journée du 08 Juin alors que cette dernière est la plus chaude de toutes les journées d'observations effectuées.

Comme pour les mouvements liés aux insectes, l'enregistrement des données pour les fréquences respiratoires est très complexe. Il faut en effet que l'animal soit couché pour pouvoir observer ces mouvements respiratoires. Les animaux ne sont donc pas tout le temps dans une position idéale permettant l'acquisition de données. C'est pourquoi le nombre de données disponible varie d'un jour à l'autre, d'un créneau d'observation et d'un animal à l'autre. De plus, les animaux ne présentent parfois pas une fréquence respiratoire régulière, mais les mouvements respiratoires sont parfois interrompus, souvent lors de la remontée du bol alimentaire au cours de la rumination. Ces irrégularités rendent la collecte de données difficile et altère parfois la précision des mesures. De plus, il existe une grande variabilité interindividuelle qui pourrait couvrir un éventuel effet parcelle.



### **4.3 Analyse des mesures supplémentaires sur les animaux**

#### **4.3.1 Comment la présence d'arbres impacte-t-elle les déplacements des animaux ?**

Il apparaît au regard des résultats que le lot A0 est plus souvent debout que les lots A+ et A++, notamment entre 10h et 17h. Cette différence n'est toutefois pas apparue significative mais les deux seuls jours d'acquisition de données avec les podomètres ne permettent pas de conclure à des résultats significatifs. Il serait pour cela nécessaire de multiplier les enregistrements. Un effet significatif de l'interaction entre l'heure, le lot et le jour a toutefois été mis en évidence et les graphiques permettent d'illustrer des pics d'activités des animaux pour tous les lots, notamment autour de 6h du matin, autour du lever du soleil où l'on retrouve la majorité des animaux debout. Des pics d'activité sont également repérables pour tous les lots autour de 10 et 11h, où les trois quarts des animaux sont debout mais également autour de 16h/17h et 20h où presque tous les animaux sont en activité. On remarque également une baisse du nombre d'animaux debout autour de 21h, lorsque la luminosité diminue à l'approche du coucher du soleil.

#### **4.3.2 Comment l'implantation d'arbres dans la parcelle influence-t-elle l'alimentation des animaux ?**

Concernant le nombre de repas des animaux, la présence d'arbres semble ne pas influencer sur ce paramètre car aucune différence significative entre les lots n'a pu être mise en évidence. Les données n'ont cependant été récoltées sur 9 animaux pendant 4 jours puis sur 10 autres animaux pendant 3 jours. Il pourrait être intéressant de récolter ces informations plusieurs fois sur les mêmes animaux pour permettre une répétabilité des mesures et mettre ainsi en évidence un éventuel effet lié à la parcelle et donc à l'implantation d'arbres plus ou moins importante.

De plus, aucun effet significatif n'a pu être mis en évidence pour le nombre de repas sur la journée mais il serait intéressant d'analyser ces résultats au niveau des créneaux horaires de la journée voire heure par heure afin de mettre en évidence une éventuelle différence significative. Il serait également intéressant de corrélérer ces données aux caractéristiques météorologiques.

### **4.4 Analyse des données zootechniques**

#### **4.4.1 Comment les arbres ont-ils impactés la croissance des agneaux ?**

La croissance des agneaux s'est globalement bien déroulée sur toutes les parcelles. Les animaux ont en moyenne profité d'un gain de poids d'environ 6 kg sur la période de pâturage entre le 15 Mai et le 26 Juin, soit un GMQ moyen de 140g / jour.

Les tests statistiques n'ont pas mis en évidence une différence significative entre les lots. Ainsi, les agneaux ont grossi de façon relativement homogène et la densité d'arbre des différentes parcelles n'a pas influencé cette prise de poids.





#### **4.4.2 Comment la présence d'arbres influe sur l'évolution du poids et de l'état corporel des brebis**

Lorsque l'on regarde l'évolution du poids des brebis au cours de la saison du printemps, une perte de poids globale sur tous les lots est observable. Cela peut être due au fait que les brebis à cette période étaient suitées et la plupart des brebis perdent du poids en période de lactation. En moyenne, les animaux ont perdu 12 kg durant la période de lactation. Cette perte de poids est accentuée au moment du tarissement des animaux. Cette période est en effet très perturbante pour les animaux, puisqu'il y a non seulement un changement de stade physiologique (les agneaux ne têtent plus, la brebis va donc se tarir) mais également un changement d'environnement (les animaux sont rentrés en bâtiment pour cette période et sont séparés de leurs petits). Ces différents changements brutaux peuvent expliquer cette perte de poids plus importante. Deux brebis ont d'ailleurs été perdues au cours de la procédure de tarissement.

De la même façon que les brebis perdent du poids durant la lactation, la note d'état corporelle des animaux a diminué au cours de la période de pâturage, avec là encore une accentuation très marquée après le tarissement des animaux. Aucune différence statistique entre les lots n'a été mise en évidence, ce qui tend à confirmer que la densité d'arbre n'influence pas la perte de poids et d'état corporel des brebis, même si le lot A+ semble mieux se maintenir que les autres lots.

#### **4.4.3 Comment la présence d'arbres impact l'infestation parasitaire des animaux ?**

Concernant l'infestation parasitaire des animaux, aucun effet significatif de la parcelle n'a été mis en évidence pour les brebis et pour les agneaux. Les arbres ne semblent donc pas impacter la présence de parasites dans les parcelles. Seul un effet date a été observé, ce qui s'explique pour les agneaux par le fait qu'ils ne sont pas infestés à la naissance mais le deviennent au cours des journées de pâturage avec les mères. Pour les brebis, l'effet date est due au déparasitage effectué entre le 03 Mai et le 10 Mai. Les parasites se sont ensuite multiplier de nouveau et les brebis ont été réinfestés autour du 29 Mai puis le nombre d'œufs de strongle par gramme de fèces a de nouveau diminué pour les brebis. Dans cette étude, le suivi ne porte que sur les trois mois de printemps, il serait toutefois intéressant de suivre l'infestation des animaux sur un plus long terme.

### **4.5 Analyse de la biomasse disponible des parcelles**

Au niveau de la biomasse disponible pour les animaux, des effets significatifs de la date et de la parcelle ont été mis en évidence. Il est en effet logique qu'il y ait plus de biomasse disponible pour les animaux le 24 Mai que le 21 Juillet où les animaux auront été sur la parcelle plus longtemps et auront donc consommé l'herbe disponible. Une différence significative entre les parcelles, notamment entre A0 et les autres parcelles A+ et A++ est également mise en évidence. Ainsi la présence d'arbres dans la parcelle semble favoriser la biomasse disponible pour les animaux.



Cependant, cet effet dépend de la densité d'arbres puisque dans cette étude, la biomasse de la parcelle A++ (120 arbres / hectare) est moins importante que celle de la parcelle A+ (60 arbres / hectare). La densité de A++ n'est peut-être pas adaptée à une pratique d'agroforesterie.

#### 4.6 Caractérisation de la météo au cours de la période de printemps

Les températures observées peuvent varier intensément sur toute la journée, les animaux peuvent donc être soumis à des variations de température allant de 10°C à plus de 20°C sur une journée, comme par exemple pour celle du 08 Juin, où la différence de température entre les minimales et les maximales est de 20,7°C. Ces variations de températures se font toutefois assez lentement, comme le montre les variations entre les créneaux. Ainsi la différence de température entre les minimales et les maximales durant les 2h30 d'observations pour chaque créneau passe de moins de 1°C (3<sup>ème</sup> créneau du 08 Juin) à plus de 6°C (1<sup>er</sup> créneau du 22 Mai) mais reste de moins de 3°C en moyenne. Les températures les plus fraîches ont été observées durant la journée d'observation du 1<sup>er</sup> Juin tandis que les températures les plus chaudes ont quant à elles été relevées durant la journée d'observation du 08 Juin.

Les différents créneaux d'observation ont toutefois été classés en deux catégories afin de comparer entre eux les créneaux homogènes. Pour cela, un indice comprenant la température extérieure et la radiation solaire a été utilisé. L'utilisation de cet indice n'a pas permis de mettre en évidence un effet parcelle. Il faudrait affiner cet indice en intégrant d'autres variables climatologiques. Il existe par exemple d'autres indices qui auraient éventuellement pu être utilisés ici pour caractériser les journées d'observation, à savoir l'indice HLI (Heat Load Index). Cet indice est plus complet puisqu'il prend en compte non seulement le Tbg mais également l'humidité relative de l'air (en %) et la vitesse du vent (en m/s). Il y a deux formules pour calculer cet index en fonction du seuil de Tbg (Gaughan et al, 2008) :

- Si  $T_{bg} > 25^{\circ}\text{C}$  :  $HLI = 8,62 + (0,38 \times Hr) + (1,55 \times T_{bg}) - (0,5 \times Ws) + e2,4-Ws$
- Si  $T_{bg} < 25^{\circ}\text{C}$  :  $HLI = 10,66 + (0,28 \times Hr) + (1,3 \times T_{bg}) - Ws$

Cet indice permet ainsi d'élaborer 4 catégories d'ambiance différentes pour les animaux :

- |  |   |
|--|---|
| 1. Thermoneutral conditions : $HLI < 70,0$ | 3. Hot conditions : $77,1 < HLI < 86,0$ |
| 2. Warm conditions : $70,1 < HLI < 77,0$   | 4. Very Hot Conditions : $HLI > 86,0$   |

L'inconvénient de cet indice est que ce dernier est utilisé pour les bovins et dans des conditions d'élevages particulières (feedlots américains). Il serait donc intéressant de reprendre cet index et de l'adapter à des ovins au pâturage pour cette étude en s'inspirant de l'indice utilisé par Abecia et al. (2017) adapté aux brebis laitières. Cet indice se base sur la température extérieure, l'humidité relative, la vitesse du vent, les radiations solaires et les précipitations et permet une classification en quatre catégories d'ambiance. Les seuils pour définir ces catégories seraient cependant à adapter pour la France car ils ont été définis en Espagne.



## Conclusion

Avec l'étude Parasol, plusieurs impacts des arbres implantés dans les prairies ont pu être mis en lumière. Un des points positifs les plus importants est l'utilisation par les animaux de l'arbre en tant qu'abris contre les conditions météorologiques défavorables. Les animaux se servent en effet des arbres pour s'abriter de la pluie mais ils profitent également de l'ombre produite pour s'abriter des radiations solaires. L'étude a montré que cette recherche d'ombre est réellement un choix de l'animal et que, s'il en a la possibilité, il préférera se placer proche d'un arbre pour s'abriter du soleil. De plus, l'arbre semble favoriser la production de biomasse disponible pour les animaux. En effet la quantité de matière sèche par hectare est plus importante sur la parcelle présentant 60 arbres par hectare. Cette production de biomasse est toutefois défavorisée par une densité d'arbres trop importante. La présence d'arbres dans la parcelle présente également un autre point négatif concernant la présence d'insectes. Les résultats de l'étude montrent en effet que les animaux de la parcelle avec un seul arbre présentent moins de mouvements liés à une gêne causée par les insectes que les animaux des parcelles boisées.

Ce mémoire ne traite que de la période de printemps mais le projet Parasol se déroule du printemps à l'automne. Les résultats de la période de l'été seront sans doute plus discriminants notamment avec les températures et les radiations solaires plus importantes qu'au printemps. Cela permettra donc d'affiner les analyses réalisées sur la période de printemps. De plus, les analyses de la période de printemps ont été réalisées à l'échelle de la journée, or il pourrait être intéressant de se focaliser au niveau de la chronologie de la journée, à l'échelle d'un créneau ou même d'une heure. De la même façon, lors des analyses, la corrélation avec la météo s'est faite sur la journée mais il pourrait être intéressant de regarder les journées précédant les observations car cela peut influencer le comportement des animaux.

Les analyses du projet Parasol ont pour but d'étoffer les connaissances bibliographiques qui font défaut actuellement concernant certains impacts des arbres sur les animaux et la parcelle. Cependant le projet présente quelques limites. Un des biais importants de cette expérimentation est le fait de confondre l'effet lot et l'effet traitement (parcelle). Les lots ne sont ainsi pas identiques car les individus sont tous différents et lorsqu'on s'intéresse au comportement des animaux, cela peut entraîner un biais important au niveau des résultats. Pour atténuer l'effet individus, il aurait fallu trouver deux parcelles identiques pour chaque densité d'arbres. Enfin, les lots de 10 animaux sont peu représentatifs des troupeaux moyens rencontrés dans les exploitations agricoles mais ce choix a été fait par rapport à la taille des parcelles disponibles sur le site expérimental et afin de pouvoir garder les brebis le plus longtemps possible sur les parcelles et avoir ainsi une vision de l'impact de l'arbre sur toute une année de pâturage.



Enfin, d'autres limites seraient à améliorer, comme par exemple le nombre d'observations qui pourrait être augmenté pour améliorer la significativité des résultats. Cependant, cette amélioration est soumise à une contrainte de main d'œuvre puisque trois personnes sont nécessaires pour enregistrer simultanément les comportements des trois lots en même temps. L'organisation de ces journées est en plus dépendante de la météo. Des contraintes financières et matérielles sont également à prendre en compte notamment pour ce qui est des colliers Ethosys qui en nombre limités ne permettent pas d'équiper tous les animaux et pour les podomètres qui posent un problème de mémoire puisqu'ils ne permettent d'enregistrer que pendant deux jours avec cette précision. Plus de mesures aurait obligé à manipuler trop souvent les animaux.



Brebis au pâturage arboré (source personnelle)





## Références bibliographiques

Abecia, J.A., Garcia, A., Castillo, L., et Palacios, C., (2017). The effects of weather on milk production in dairy sheep vary by month of lambing and lactation phase. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, vol. 5 (n°2), 56-63

Association Française d'Agroforesterie, (2013). Fiches agroforesterie et Grandes Cultures [en ligne] (page consultée le 15/06/2017) < <http://www.agroforesterie.fr/agroforesterie-documentation.php> >

Bouyssière, S., Rouyer, B., Chotteau, P., et al. (2016). 2015, de la dérégulation aux désordres des marchés en 2016. *Economie de l'élevage* (dossier économie n° 465). 44p

Chia, A., Leclerc, B., Tichit, M., et al. (2008). L'élevage en mouvement : flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Quae

Chotteau, P., Faverdin, P., et Tregaro, Y., (2013). Productions et filières animales : enjeux et perspectives. *Notes et Etudes Socio-Economiques*, vol. 37, 157-184

Dupraz, C., Liagre, F., (2008). *Agroforesterie : des arbres et des cultures*. France Agricole Editions.

Eurobaromètre (2016). Attitude des européens à l'égard du bien-être animal. Spécial 442

Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., et al. (2008). A new heat load index for feedlot cattle. *Faculty Papers and Publications in Animal Science*, p 613

GIEC, (2001). *Climate change 2001 : impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of working group II to the third assessment report of IPCC. Cambridge : Cambridge University Press.



GIEC (2014). Changements climatiques : Répercussions sur le secteur agricole. Principales conclusions du 5ème rapport d'évaluation (AR5) [en ligne], (page consultée le 15/06/2017), <[http://www.bsr.org/reports/R%C3%A9percussions\\_sur\\_le\\_secteur\\_agricole.pdf](http://www.bsr.org/reports/R%C3%A9percussions_sur_le_secteur_agricole.pdf)>

Hahn, G.L., Gaughan, J.B., Mader, T.L., et al. (2009). Thermal indices and their applications for livestock environments. Livestock Energetics and Thermal Environment Management. American Society of Agricultural and Biological Engineers, p 113-130

Kaesler, A., Sereke, F., Dux, D., et Herzog, F., (2011). Agroforesterie en Suisse. Recherche Agronomique Suisse, vol. 2 (n°3), 128-133.

MAAF. Qu'est-ce que l'agroécologie ? (2013) [en ligne]. (page consultée le 15/06/2017). < <http://agriculture.gouv.fr/quest-ce-que-lagro-ecologie> >

McArthur, A.J., (1991). Forestry and shelter for livestock. Forest Ecology and Management vol. 45, 93-107

Moreau, J.C., Launay, F., (2017). Usage des « ligneux » en tant que fourrage pâturé : que nous apprend le sylvo-pastoralisme ?, Séminaire du Pradel, IDELE, Mars 2017 Le Pradel (07).

Mounaix, B., Boivin, X., Brule, A., et al. (2014). Cattle Behaviour and the Human-animal Relationship : Variation factors and Consequences in breeding. Institut de l'Elevage.

Peyraud, J.L., Agabriel, J., Benoit, M., Duhem, K., Lagriffoul, G., Legarto, J., Morin, E., (2013). Enjeux nationaux et internationaux de l'élevage, Vers des systèmes d'élevage de ruminants à hautes performances, publication pour les 3R

Schaller, N., (2013). L'agroécologie : des définitions variées, des principes communs. Centre d'études et de perspectives, vol. 59.



Seguin, B., Soussana, J.F., (2008). Emissions de gaz à effet de serre et changement climatique : causes et conséquences observées pour l'agriculture et l'élevage. Le Courrier de l'environnement de l'INRA, vol. 55 (n°55), 79-91.

Sibbald, A.R., Elston, D.A. et Iason, G.R., (1996). Spatial analysis of sheep distribution below trees at wide spacing a reappraisal. Agroforestry Forum (United Kingdom)

Stassart, P.M, Baret, P., Grégoire J.C, et al. (2012). L'agroécologie : trajectoire et potentiel pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. Agroécologie, entre pratiques et sciences sociales, p 25-51.

Tubiello, F.N., Soussana, J.F., Howden, M., (2007). Crop and pasture response to climate change. PNAS, vol. 104 (n°50), p 19686-19690

Villette, A., (2015). Le plein d'agneaux avec la Romane. Réussir pâtre, Février 2015 (n°621)



## Annexes

Annexe 1 : Fiche d'enregistrement des scans d'activités (exemple de 8h00 à 8h55) .....

Annexe 2 : Feuille d'enregistrement des réactions aux insectes et des fréquences respiratoires .....





Annexe 1 : Fiche d'enregistrement des scans d'activités (exemple de 8h00 à 8h55)

Lieu (région / exploitation):

Météo :

Traitement :

Période :

Date :

Observateur :

Animal		08:00	08:05	08:10	08:15	08:20	08:25	08:30	08:35	08:40	08:45	08:50	08:55
SM	Activité												
	Position												
Rose 1	Activité												
	Position												
Rose 2	Activité												
	Position												
Rose 3	Activité												
	Position												
Bleue 1	Activité												
	Position												
Bleue 2	Activité												
	Position												
Bleue 3	Activité												
	Position												
Vert 1	Activité												
	Position												
Vert 2	Activité												
	Position												
Vert 3	Activité												
	Position												

CODES ACTIVITE	
C-Re	Couché - Repos
C-Ru	Couché - Rumine
D-Re	Debout - Repos
D-Ru	Debout - Rumine
D-M	Debout - Mange
D-B	Debout - Boit
D-Sel	Lèche pierre à sel
D-D	Déplacement
D-V	Vigilance
D-Au	Autre
	D-Sag
	D-Sbr+
	D-Sbr-
	D-Ar
	D-C
	Social - agneau
	Social - brebis +
	Social - brebis -
	Arbre
	Chôme

CODES POSITION	
lettre 1	A H N AE HE
lettre 2	O S \$
2 lettres	
au contact de l'arbre sous le houppier dans zone nue Tout près d'un arbre / haie extérieur à la parcelle Sous houppier d'un arbre extérieur à la parcelle à l'ombre à l'ombre d'1 arbre ext au soleil qd pas soleil	



Lieu (région / exploitation):  
Météo:

Date: \_\_\_\_\_

Observateur: \_\_\_\_\_

Traitement:

[illegible][illegible]

