



ISA Lille
48 boulevard Vauban
59 046 Lille cedex

UniLaSalle
19 rue Pierre Wagnet
60 000 Beauvais

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur ISA Lille

***Evaluation du potentiel de l'agroforesterie :
Impacts de la présence d'arbres sur le comportement et le bien-être
des ovins pâturent des prés-vergers***

Par
Camille PAYEN

Promotion ISA 50

Octobre 2017



Année académique 2016-2017

Tuteur de stage : Dorothee BIZERAY-FILOCHE

Enseignant référent : Hélène LERUSTE



ISA Lille
48 boulevard Vauban
59 046 Lille cedex



UniLaSalle
19 rue Pierre Waguet
60 000 Beauvais

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur ISA Lille

***Evaluation du potentiel de l'agroforesterie :
Impacts de la présence d'arbres sur le comportement et le bien-être
des ovins pâturant des prés-vergers***

Par
Camille PAYEN
Promotion ISA 50
Octobre 2017



Année académique 2016-2017

Tuteur de stage : Dorothee BIZERAY-FILOCHE

Enseignant référent : Hélène LERUSTE

Résumé

Le projet PARASOL, soutenu financièrement par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), se déroule sur trois ans (2015-2018) et cherche à évaluer le potentiel des systèmes agroforestiers en France dans la lutte contre le changement climatique. Les interactions arbres/élevage/pâturage ont donc été étudiées sur des systèmes d'élevage ovins. Le projet s'est porté dans trois régions de France ayant des contextes climatiques particuliers. L'étude présentée ici s'est déroulée dans trois exploitations du secteur Nord-Ouest possédant des prés-vergers âgés de plus de 25 ans et a pour but de comprendre comment la présence d'arbres peut modifier le comportement des animaux. Pour cela, l'activité au pâturage des brebis ainsi que certains facteurs de bien-être ont été étudiés sur deux années (2016 et 2017) en comparant deux lots de 15 brebis simultanément en parcelle arborée et en prairie nue. L'activité des brebis a été relevée toutes les 5 minutes, sur des créneaux de deux heures pendant trois moments de la journée. Le nombre de mouvements du corps des animaux en réponse à la présence d'insectes a également été comptabilisé durant ces créneaux. L'analyse des résultats obtenus montre que la présence d'arbres a un impact sur la répartition spatiale et temporelle des brebis. En effet, lorsque la quantité d'arbres dans les parcelles est importante, les brebis passent davantage de temps sous les houppiers ou à l'ombre. Les brebis recherchent de l'ombre activement même si celle-ci est peu présente. De plus, la présence d'arbres impacte le temps des brebis consacré aux activités de rumination, de repos et d'alimentation. En effet, lors de périodes ensoleillées, les brebis réalisent toutes les activités possibles sous les houppiers lorsqu'ils sont nombreux. En parcelle témoin, elles se servent des arbres pour les activités de repos et de rumination. La présence d'arbres impacte la présence d'insectes, qui peuvent occasionner une gêne pour les animaux. L'agroforesterie semble être un système adapté aux nouveaux enjeux agro-environnementaux et participe à l'adaptation des systèmes agricoles au changement climatique.

Mots clés : Agroforesterie, Ovins, Bien-être, Comportement, Changement climatique

The PARASOL project, supported by the Environment Agency and Energy Management (ADEME), is a three-year program and aims to evaluate the potential of agroforestry system in France in mitigating climate change effects. The interactions between trees/breeding/pasture were studied on sheep farming. Project was done in three areas of France with different climates. The present study was done on three farms in the North-West of France with meadow orchards aged over 25 years old. The aim was to understand how trees can change the behavior of the animals. To achieve this goal, activities of ewes in pastures and some well-being indicators were studied during two years (2016 and 2017). Two groups of 15 ewes per farm were simultaneously observed and compared: one was in a meadow orchard and the other one in a pasture without trees. Activities of the animals were measured every 5 minutes within 3 slots of 2 hours per day (morning, midday, evening). The number of body movements due to the presence of insects was also counted up during these slots. The results showed that presence of trees has an impact on spatial and temporal distribution of ewes. In fact, when the quantity of trees is important, ewes spend more time under the trees or in the shadow. Ewes look actively for shadow even if it occupies a small amount of space in the field. Furthermore, the presence of trees affects the repartition of the activities time (rumination, rest, eat). Indeed, during sunny periods, ewes realize all of the activities under the tree crown when there is plenty of a canopy. In the control field, the animals use the space under the few existing trees to rest and ruminate. Trees attract insects and can cause discomfort to ewes. Agroforestry appears to be an appropriate system to respond to new agri-environmental challenges and participate to the adaptation of farming systems to climate change.

Key-words: Agroforestry, Ovine, Welfare, Behavior, Climate change

Remerciements

Avant de développer le contenu du rapport, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude. Ainsi, je remercie Dorothée Bizeray-Filoché, enseignante chercheur à UniLaSalle et tuteur de stage dans le cadre de cette étude, qui m'a aidée, encadrée et soutenue lors de mon MFE. Ses conseils précieux m'ont permis d'avancer et de mener à bien cette étude. J'ai pris beaucoup de plaisir à réaliser cette expérience au sein d'UniLaSalle.

Je souhaite également remercier David Grandgirard, enseignant chercheur, pour son appui scientifique lors de la réalisation de certaines tâches. Je remercie également Floriane Laverat, assistante du département SAGA, et Kimberley Delaneuville, chargé développement RH, pour leur patience et le soutien administratif qu'elles m'ont apportées dans l'organisation du projet.

Merci à Juliette MARTIN, stagiaire UniLaSalle, pour son aide sur le terrain. Sans elle, les observations n'auraient pas été possibles. Cette expérience en binôme a été très enrichissante.

Je tiens à remercier les personnes du service SAGA, qui m'ont très bien accueillie, et tout particulièrement les autres stagiaires, Camille, Aurélie, Elodie et Mallau pour leur joie de vivre quotidienne et leur aide tout au long de ce stage. Merci également aux stagiaires des autres départements et aux doctorants, pour avoir animé les pauses café et les soirées beauvaisiennes. J'adresse un merci tout particulier à Arnaud, responsable de la ferme expérimentale vache laitière, pour ses longues soirées passées à discuter, rigoler et travailler. J'ai appris beaucoup à son contact. Ce stage aurait été différent sans toutes ces personnes et ces moments de convivialité.

Un grand merci à Aurore et Josselin Le Royer, Sophie et Vincent Ozieblo, Astrid et Etienne Plet, les exploitants sollicités lors de cette étude pour le temps qu'ils nous ont consacré, ainsi que leur bonne humeur quotidienne. Nous avons toujours été très bien accueillis pendant les périodes d'observation, et je souhaite les remercier pour la confiance qu'ils nous ont accordée.

Merci à Hélène Leruste, pour son accompagnement lors de mes 6 mois de stage MFE et durant ces dernières années d'étude. Merci à l'ISA et à l'équipe enseignante pour nous avoir donné la possibilité de vivre ces 5 années d'étude, qui ont été très formatrices et enrichissantes.

Finalement, un grand merci à ma famille et tout particulièrement à mes parents et « Loulou » qui ont toujours été là pour m'accompagner, m'encourager et me soutenir au sein de cette formation. Je n'aurai pas été jusque-là sans leur patience et leur aide.

Glossaire



Arbre têtard : Tire son nom du renflement caractéristique présent au sommet de leur tronc noueux et torsadé, résultat d'un mode de taille traditionnel opéré sur une diversité d'arbres.

Créneau d'observation : Intervalle de temps de 2h sur une journée d'observation (matin, midi ou soir). Une journée d'observation est donc constituée de trois créneaux.

Fièvre catarrhale ovine (FCO) : Egalement appelée maladie de la langue bleue, maladie virale transmise par des insectes, qui entraînent de la fièvre, des troubles respiratoires, des œdèmes au niveau de la face.

Houppier : Ensemble des branches, des rameaux et du feuillage au-dessus de la première couronne de grosses branches. Synonyme de cime.

Orthophotographie : Document photographique obtenu par redressement, mise à l'échelle et assemblage des surfaces élémentaires d'une photographie aérienne.

Parage : Consiste à rectifier l'excès de corne sur les pieds pour équilibrer le poids du corps de l'animal sur tous les onglons.

Période d'observation : Constituée de six journées d'observation dont deux par exploitation. Au total, cette étude comporte sept périodes.

Scan sampling : Méthode d'échantillonnage consistant essentiellement à relever ce que fait un individu à un instant ou une période donnée.

Scan d'activités : Relevé d'activités toutes les 5 minutes sur un créneau d'observation de 2h. Vingt-quatre scans constituent donc un créneau d'observation.

Sommaire

Introduction.....	1
Cadre de l'étude	2
I. L'entreprise d'accueil : UniLaSalle.....	2
II. Le projet PARASOL.....	2
1. Objectif et organisation du projet	2
2. La tâche 4 : Impact des arbres sur le comportement et les performances zootechniques des ovins.	3
Contexte	4
I. Une prise de conscience	4
1. Un système agricole remis en question	4
2. Le réchauffement climatique	4
3. La filière ovine française : une filière en renouvellement.....	6
4. Le bien-être animal : une demande sociétale	7
II. ... qui conduit à l'évolution des pratiques agricoles	10
1. Principes de l'agroforesterie	10
2. Une réforme des pratiques favorisant la mise en place de l'agroforesterie.....	10
3. Impacts de l'agroforesterie sur le complexe arbre/élevage/pâturage	11
Matériels et Méthodes.....	14
I. Les exploitations retenues	14
1. Critères de sélection.....	14
2. Sites sélectionnés	14
II. Protocole expérimental.....	16
1. Mise en place des essais.....	16
2. Détermination de la surface d'ombre sur chaque parcelle.....	17
3. Mesures du comportement et du bien-être animal	20
4. Analyses statistiques	24
Présentation des résultats.....	26
I. Conditions d'expérimentation.....	26
1. Conditions météorologiques : durée d'ensoleillement.....	26
2. La température.....	26
3. Description des parcelles.....	27
II. Répartition spatiale des animaux dans la parcelle	28
1. Comment se positionnent les brebis par rapport aux arbres dans la parcelle ?	28

2.	Comment se positionnent les brebis par rapport à l'ombre et au soleil ?.....	32
III.	La répartition temporelle des activités des brebis.....	35
1.	Que font-les brebis ?	35
2.	Que font les brebis lorsqu'elles sont sous les arbres ?	37
3.	Que font-les brebis lorsqu'elles sont à l'ombre ?	38
IV.	Le bien-être des animaux	39
1.	La présence d'arbres a-t-elle un impact sur le nombre d'insectes présents ?.....	39
2.	La présence d'arbres a-t-elle un impact sur la propreté de l'animal ?	41
3.	La présence d'arbres a-t-elle un impact sur les boiteries ?.....	41
4.	La présence d'arbres a-t-elle un impact sur l'état de santé de l'animal ?	42
5.	La présence d'arbres a-t-elle un impact sur la réactivité à l'homme ?	42
	Discussion	44
I.	Rappel des principaux résultats	44
1.	Retour sur les conditions d'expérimentation.....	44
2.	Retour sur les hypothèses et la bibliographie	44
II.	Limites de l'étude et pistes d'amélioration.....	46
1.	Limites méthodologiques	46
2.	Limites liées à l'analyse des résultats.....	48
3.	Développer le protocole mis en place.....	49
III.	Perspectives de l'étude	50
	Conclusion	52
	Références bibliographiques	53
	Liste des annexes.....	56
	Tables des illustrations	68
	Liste des sigles et des abréviations.....	71

Introduction

Le réchauffement climatique tient une place prépondérante dans les discussions politiques actuelles. En effet, en 2014, le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a produit un rapport concluant sur les principales causes et conséquences des émissions de gaz à effet de serre, mettant en avant les émissions anthropiques comme celles les plus polluantes. La part de l'agriculture concernant les émissions de gaz à effet de serre est importante, puisqu'elle se place au troisième rang en France. Le changement climatique a également des effets néfastes sur les exploitations agricoles. L'augmentation de la fréquence et l'intensité des sécheresses impactent les rendements culturels, le bien-être animal et l'autonomie fourragère et alimentaire des élevages. Des solutions innovantes sont donc recherchées.

L'agroforesterie se place comme un système durable adapté aux enjeux agro-environnementaux et sociétaux actuels. Elle se définit comme l'association, sur une même surface, d'arbres et de cultures et/ou d'animaux. Cette pratique est dite ancienne mais son utilisation a fortement diminué du fait de l'intensification, de la modernisation des pratiques agricoles ainsi que du manque de statut clair dans les réglementations. Cependant, depuis quelques années dans le cadre de l'atténuation du changement climatique, des réformes politiques ont eu lieu reconnaissant les systèmes agroforestiers. En effet, l'agroforesterie interviendrait à deux niveaux à la fois dans l'atténuation des effets climatiques (séquestration du carbone par les arbres) et dans l'adaptation des systèmes agricoles au changement climatique (sécheresse). De nouveaux projets se construisent mais cette pratique soulève de nouvelles questions de recherche et d'accompagnement des agriculteurs.

Le projet PARASOL, soutenu financièrement par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), s'est développé dans ce contexte. Il a pour but d'étudier le potentiel de l'agroforesterie dans le cadre de l'adaptation des systèmes d'élevage ovins au changement climatique. Il vise donc à mieux comprendre les interactions complexes arbre/élevage/pâturage. Cette étude est menée sur 3 ans (2015-2018), dont la première année a permis de caractériser les systèmes d'élevage existants. Les deux années suivantes ont pour but de réaliser des suivis. L'année 2017 constitue la deuxième année des suivis en exploitation agricole. Le projet s'intéresse à trois régions de France : le Nord-Ouest, l'Auvergne et le Languedoc-Roussillon.

Le projet présenté dans ce rapport s'intègre au sein du projet PARASOL et cherche à évaluer l'effet des systèmes prés arborés pâturés sur le comportement et le bien-être animal des troupeaux ovins y pâturant. Il est donc question de comprendre comment la présence d'arbres peut modifier le comportement des animaux, notamment en prenant en compte l'effet climatique. Le comportement et le bien-être des brebis ont donc été observés en 2016 et en 2017 sur deux lots d'animaux par exploitation en comparant une situation agroforestière avec un témoin. Cette étude, réalisée dans le secteur Nord-Ouest, s'est portée dans trois exploitations situées en Normandie et en Mayenne.

Ce rapport expose la mise en place des essais réalisés en 2016 et 2017 et les résultats obtenus en comparant les systèmes agroforestiers et les parcelles témoins. Après avoir défini le cadre de l'étude, le contexte ainsi que la problématique, la méthodologie utilisée pour ce travail sera détaillée. Ensuite, une présentation des résultats obtenus sera effectuée. Enfin, ces derniers seront discutés au regard de la bibliographie et des objectifs recherchés.

Cadre de l'étude

I. L'entreprise d'accueil : UniLaSalle

UniLaSalle est un établissement d'enseignement supérieur privé créé en 1854. Cette école est composée de deux campus : Beauvais et Rouen, depuis leur fusion récente en 2016. Quatorze formations diplômantes sont enseignées (ingénieurs, techniciens et masters) dans les domaines de l'agriculture, l'alimentation, la santé humaine ainsi que la géologie et l'environnement. Cette école représente désormais 2 500 élèves-ingénieurs, 14 000 Alumni (diplômés) et 300 salariés (UniLaSalle, 2016). Les enseignants chercheurs sont répartis en plusieurs départements de recherche pour mener à bien les travaux scientifiques, dont le département Sciences AGronomiques et Animales (SAGA) où s'est déroulé la mission de stage présentée dans ce rapport. Ce service accueille David Grandgirard, enseignant-chercheur, agronome et spécialisé dans le fonctionnement des peuplements végétaux (agroforesterie) et Dorothée Bizeray-Filoché, enseignant-chercheur en comportement et bien-être animal. Ils travaillent ensemble et mettent à profit leurs compétences au profit du projet PARASOL, qui relie leur domaine d'activités.

II. Le projet PARASOL

1. Objectif et organisation du projet

Le projet PARASOL est un projet soutenu par l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), qui accompagne la transition énergétique et écologique en France grâce à des aides financières. Cette étude rassemble le bureau d'étude Agroof, UniLaSalle, l'Institut de l'élevage, l'INRA Lusignan et l'INRA Clermont-Theix-Lyon autour d'une problématique commune. En effet, ce projet vise à étudier et mieux comprendre les interactions complexes arbre/élevage/pâturage dans le but de concevoir des nouveaux systèmes productifs et adaptés aux nouvelles perspectives bioclimatiques. Il se concentre sur l'espèce ovine, en pleine reconversion actuellement et cherche à comparer des parcelles agroforestières âgées de plus de 25 ans et des prairies sans arbres. Le projet PARASOL porte donc sur l'étude et la quantification de l'impact de systèmes agroforestiers adultes sur la production de bois et de fourrage ainsi que sur la production animale.

Le projet s'effectue dans trois contextes climatiques différents qui sont : plaine tempérée (Nord-Ouest), semi-montagnard (Auvergne) et méditerranéen (Languedoc-Roussillon). Ce projet est divisé en plusieurs tâches réparties sur 3 ans entre 2015 et 2018 (figure 1). La coordination du projet est réalisée par le bureau d'étude Agroof. La tâche 1 a eu pour but de recenser les parcelles expérimentales existantes et de sélectionner 9 exploitations dans lesquelles vont se dérouler les expérimentations. Ce volet est actuellement terminé et a servi de base de travail pour les tâches suivantes. La tâche 2 permet de conclure sur l'impact des arbres sur la production fourragère au sol, alors que la tâche 3 s'intéresse à la fonction fourragère des arbres. La tâche 4, réalisée en parallèle des tâches 2 et 3, a pour mission d'étudier l'impact de la présence d'arbres sur le comportement, le bien-être des ovins et leurs performances zootechniques. La tâche 5 servira à faire une synthèse globale des tâches 2, 3 et 4. Cette dernière tâche permettra également de communiquer sur le projet et de diffuser les résultats auprès des éleveurs, des organisations professionnelles, de l'enseignement agricole et de la communauté scientifique. L'étude menée ici s'inscrit au sein de la tâche 4.

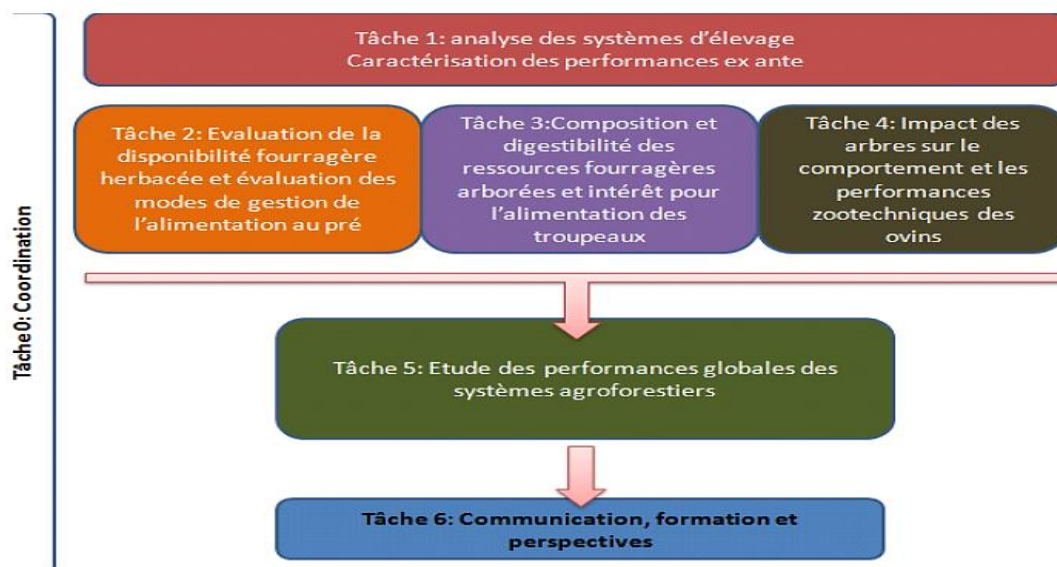
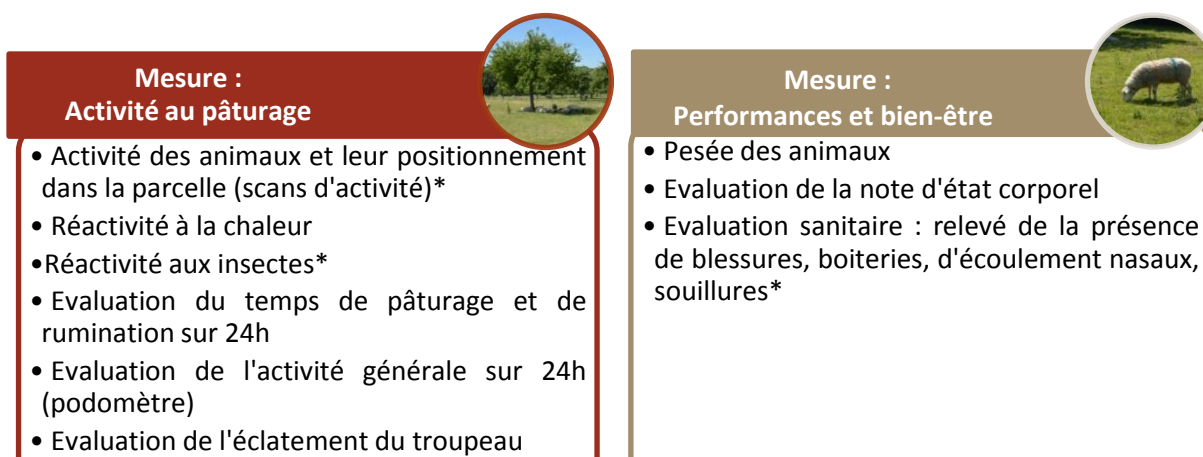


Figure 1 : Diagramme opérationnel du projet PARASOL (Dossier REACTIF PARASOL, 2013)

2. La tâche 4 : Impact des arbres sur le comportement et les performances zootechniques des ovins.

La tâche 4 se déroule sur une période de 30 mois et se réalise sur 9 sites différents, dont principalement le site Lamartine de l'INRA de Theix (Puy-de-Dôme) où les conditions d'expérimentations sont contrôlées. Trois parcelles de 8 000 m² sont testées et caractérisées par des densités d'arbres différentes. La première parcelle comporte seulement un arbre, la seconde a une densité de 60 arbres/ha et la troisième parcelle se compose de 150 arbres/ha. Différentes mesures ont été effectuées sur ce site (figure 2).



*mesures réalisées sur tous les sites

Figure 2 : Ensemble des paramètres étudiés au sein de la tâche 4

L'ensemble des paramètres cités ci-dessus est étudié sur le site expérimental de Lamartine. Dans le cadre de l'étude menée dans le secteur Nord-Ouest sur 3 exploitations, l'activité des animaux, les mouvements de réactivités aux insectes et l'évaluation sanitaire sont seulement relevés. En effet, les mesures dans le Nord-Ouest sont faites dans des conditions de terrain, chez des exploitants, où il est nécessaire de s'adapter aux contraintes des éleveurs.

Contexte

I. Une prise de conscience ...

1. Un système agricole remis en question

Depuis le milieu du XX^{ème} siècle, les pratiques agricoles se modernisent et s'intensifient. En effet, la productivité a fortement augmenté, grâce notamment à l'utilisation croissante d'intrants de synthèse. Cette évolution a conduit à de nombreux changements comme la spécialisation des activités des exploitations agricoles et la régionalisation des systèmes d'élevages (Duru *et al.*, 2014). De plus, l'utilisation massive d'intrants de synthèse a permis de simplifier les assolements et les rotations mis en place par les éleveurs. Dans le but d'agrandir les surfaces cultivables et faciliter le passage d'engins agricoles, les arbres et les haies présents dans les champs ont été détruits. Par exemple, les surfaces de prés-vergers sont passées de 600 000 ha au début du XX^{ème} siècle à 100 000 ha aujourd'hui (Dupraz et Liagre, 2013). Soixante-dix pourcents des haies présentes entre 1850 et 1930 ont disparu (Dubois, 2016).

Cependant, la modernisation et l'intensification des productions agricoles ont provoqué une forte dépendance des agriculteurs aux intrants, observant également une stagnation des rendements, une diminution de la faune auxiliaire ou encore une baisse de la matière organique des sols dans les systèmes de grandes cultures (Liagre *et al.*, 2012). De plus, les périodes de sécheresse étant de plus en plus fréquentes, l'autonomie fourragère des exploitations a été affectée. Ainsi, de nouveaux enjeux agronomiques apparaissent en lien avec des enjeux économiques (crise) et environnementaux.

2. Le réchauffement climatique

Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a établi en 2014 un rapport sur les changements climatiques mettant en cause les émissions anthropiques de Gaz à Effet de Serre (GES). Les concentrations des GES qui sont principalement le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O) ont fortement augmenté entre 1970 et 2010 (figure 3).

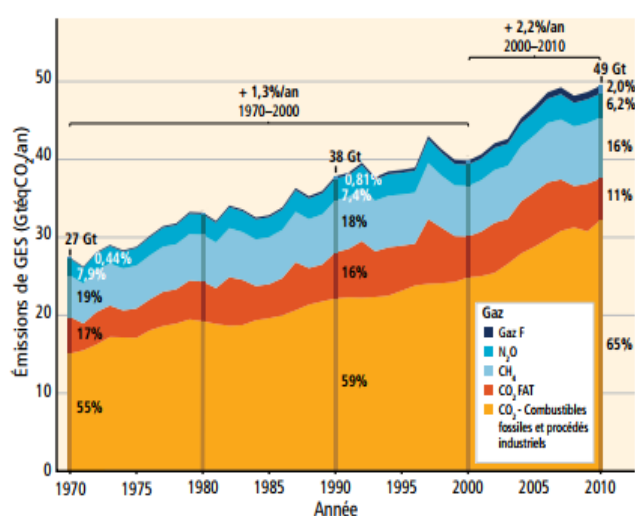


Figure 3 : Total annuel des émissions anthropiques de GES par groupe de gaz entre 1970 et 2010 (GIEC, 2014)

Les émissions de GES ont augmenté fortement entre 2000 et 2010 malgré la mise en place de nouvelles politiques pour réduire les impacts du changement climatique. Une partie des émissions a été éliminée de l'atmosphère grâce au stockage de carbone dans la végétation, le sol et l'océan. Ce

dernier a assimilé environ 30% des émissions anthropiques de CO₂ réalisées entre 1970 et 2010, ce qui a provoqué l'acidification des eaux. Quarante pour-cent des émissions réalisées au cours de cette période sont restés dans l'atmosphère. Celles-ci ont eu des conséquences néfastes sur le climat comme la diminution des extrêmes de froid, et à l'inverse l'augmentation des extrêmes de chaleur, la hausse des niveaux extrêmes de pleine mer et la multiplication des épisodes de fortes précipitations dans certaines régions (GIEC, 2014). Ainsi, l'atmosphère et les océans se sont réchauffés de 0,85°C au cours de la période 1880-2012. La couverture de neige et de glace des pôles ont quant à elles diminuées. Le manteau neigeux de l'hémisphère nord a diminué de 1,6% par décennie pour les mois de mars et avril, et de 11,7% par décennie concernant le mois de juin au cours de la période 1967-2012. Le pH de l'eau de mer en surface s'est également acidifié de 0,1 avec l'absorption du CO₂. Le réchauffement de l'atmosphère prévu pour 2 100 varie entre 1,1 et 4,8°C selon les activités humaines (Guehl et Soussana, 2015).

Ces émissions anthropiques sont essentiellement dues à la taille de la population, l'activité économique, le mode de vie, la consommation d'énergie, le mode d'utilisation des terres, la technologie ou encore la politique climatique (GIEC, 2014). Au niveau international, l'agriculture est responsable de 13,5% des émissions totales, dues notamment à la production et la transformation des aliments du bétail, la libération de méthane lors de la digestion des ruminants et les émissions des effluents d'élevage (Debaeke *et al.*, 2015). En France, la part de l'agriculture représente environ 20% des émissions totales, ce qui place l'agriculture au 3^{ème} rang des émissions de gaz à effet de serre après les transports et le secteur tertiaire, institutionnel et commercial (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2015). Le réchauffement climatique a également des impacts négatifs sur l'agriculture (figure 4).

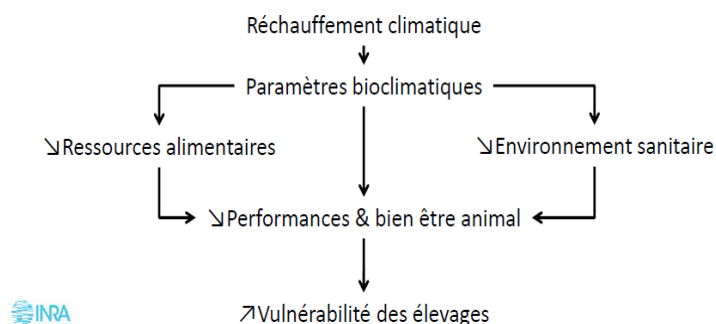


Figure 4 : Liens entre réchauffement climatique et élevage (Renaudau *et al.*, 2014)

En effet, l'augmentation de la fréquence des sécheresses réduit les rendements et l'autonomie fourragère des exploitations. Par exemple, la canicule de l'été 2003 en Europe, a provoqué une chute des rendements de 20 à 30% et ainsi un déficit fourrager de 60% en France (Mottet *et al.*, 2014).

Les performances des animaux et leur bien-être peuvent être également altérés, dus à un environnement sanitaire dégradé. Des maladies sont susceptibles de se développer comme par exemple le virus de la fièvre catarrhale chez les ovins, qui s'est déplacé vers les zones tempérées de l'Europe. La capacité d'ingestion des animaux est diminuée avec la chaleur et un état de stress peut s'installer.

Ainsi, les politiques internationales cherchent donc à s'unir pour lutter contre le changement climatique comme par exemple lors du protocole de Kyoto en 1997 ou encore la conférence de Paris sur le climat en décembre 2015, qui a eu pour but de réduire les émissions polluantes. De plus, l'Union Européenne s'est fixée comme objectif de réduire d'au moins 40% d'ici à 2030 ses émissions par rapport à 1990 (European Commission, 2017). Ainsi, de nouvelles politiques et de nouveaux projets voient le jour et se développent, notamment en faveur du développement de l'agroforesterie, qui est l'une des pistes explorées pour l'adaptation de l'agriculture au changement climatique.

3. La filière ovine française : une filière en renouvellement

a. La production française

Le cheptel ovin français représente 7,2 millions de têtes, dont 5,4 millions sont des brebis laitières ou allaitantes et 1,6 million sont des agneaux (Interbev, 2016). La filière ovine française se compose de 19 787 élevages de plus de 50 brebis avec un cheptel moyen s'élevant à 238 brebis par exploitation. En France, 57 races ovines sont dénombrées. Les systèmes d'élevage ovin allaitant sont diversifiés et peuvent être soit :

- Spécialisés (47%), dont 27% sont en système pastoraux, 16% en système herbagers et 4% en système fourragers
- Mixtes (ovins + autres productions, 53%), dont 21% avec des bovins viandes, 16% avec des grandes cultures

L'herbe est la principale source d'alimentation des brebis, elle représente 82 % de la ration moyenne, dont 57% est de l'herbe pâturée. En 2016, les naissances d'agneaux ont augmenté grâce à l'amélioration génétique et l'augmentation du nombre d'agneaux nés par brebis. Ainsi, les abattages contrôlés d'agneaux s'élevaient à 3,74 millions de têtes en 2016, soit +2,7% par rapport à 2015. De même, les abattages contrôlés de réformes (ovins adultes) ont progressé de 1,4% par rapport à 2015 (556 000 têtes en 2016, (Institut de l'élevage, 2017)).

Le cheptel français se concentre principalement sur les quatre régions au sud de la Loire où 80 % des brebis sont présentes (Occitanie, Nouvelle-Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA)). La figure 5 présente la répartition du cheptel français.

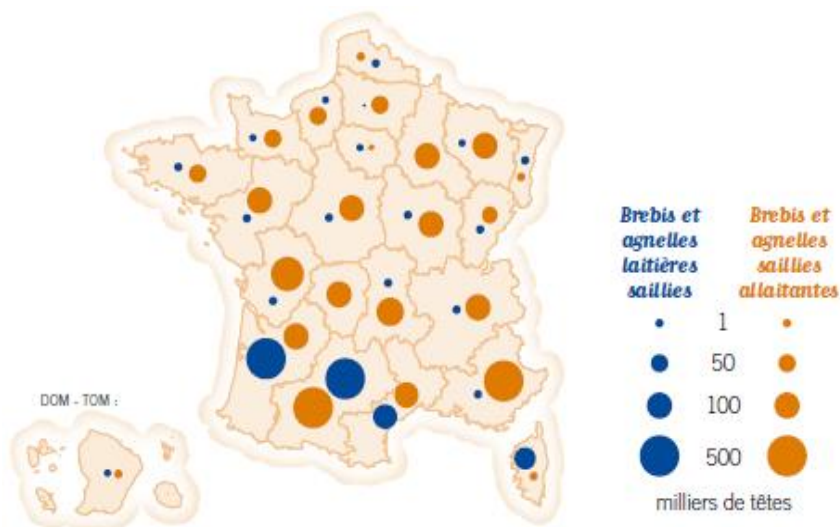


Figure 5 : Localisation de la production ovine française (Interbev, 2016)

Le cheptel laitier est fortement concentré dans le sud de la Loire, alors que les brebis allaitantes sont réparties de manière plus homogène. En 2015, les régions les plus productrices d'ovins allaitants étaient Midi-Pyrénées (17%), PACA (14%), Poitou-Charentes (11%). En 2016, le cheptel ovin allaitant s'est réduit (-0,5% par rapport à 2015) alors que le cheptel laitier s'est renforcé (+0,3% par rapport à 2015) (Institut de l'élevage, 2017). Environ 16% de la production française d'agneaux est pratiquée sous signe officiel de qualité (Label Rouge, IGP, AOC, BIO...).

b. La consommation et la commercialisation de viande ovine

Entre 1990 et 2015, la consommation française de viande ovine annuelle par habitant est passée de 5,4 kg/hab/an à 2,6 kg/hab/an (Interbev, 2016). En 2015, la viande ovine représentait 3% de la consommation de viande totale par an par habitant. En 2016, pour la première fois depuis 1992, la

moitié de la viande ovine consommée en France était issu du cheptel national (Institut de l'élevage, 2017). La consommation est dite saisonnière car cette viande est traditionnellement consommée lors de fêtes religieuses comme par exemple la fête de Pâques au mois d'avril. Plus de la moitié de la viande ovine consommée en France est achetée en Grande et Moyenne Surface (GMS) (Interbev, 2016)). Quarante-trois pour-cent de la viande ovine consommée provient d'abattage de France, le reste venant du Royaume-Uni, d'Irlande ou encore d'Irlande ou de Nouvelle-Zélande.

c. Les échanges commerciaux d'ovins avec la France

En 2015, la France a produit 10% de l'offre de viande ovine de l'UE à 28, derrière le Royaume-Uni qui en a assuré 36%, et l'Espagne 14%. Les importations françaises de viande ovine proviennent essentiellement du Royaume-Uni et de l'Irlande qui exportent des carcasses fraîches et réfrigérées. La France achète également une partie de sa consommation à la Nouvelle-Zélande sous forme de viande non désossée congelée et des morceaux non désossés frais/réfrigérés. Ce pays est passé de deuxième à troisième pays importateur de la France en 2016 (-18% entre 2015 et 2016), car son offre a fortement chuté, due à des problèmes de reproduction ainsi que la chute du nombre de brebis (sécheresse). En volume, les importations françaises ont diminué de 7% en 2016 par rapport à 2015, soit de 91 000 Tonnes Equivalents Carcasses (TEC) grâce à une hausse de l'offre française (+2,9%) et une volonté de la part des GMS de vendre de la viande française (Institut de l'élevage, 2017). Concernant l'importation en vif, 265 000 têtes ont été importées en 2016 provenant essentiellement de l'Espagne, des Pays-Bas et du Royaume uni. Les importations en vif tendent à diminuer vers la France, mais sont réorientées vers les Pays-Tiers pour les animaux venant de la Hongrie et la Roumanie.

Au niveau des exportations de viande ovine, la France exporte 8 100 TEC dont 7 500 vers l'Europe dont l'Italie, le Royaume-Uni, la Belgique (exportation en recul) et l'Espagne. Ces exportations se font essentiellement sous forme de viande fraîche et réfrigérée. Elles ont augmenté de 4% entre 2014 et 2015 (Maigret, 2016). 600 TEC sont exportées vers des Pays Tiers (Jordanie, Libye) qui augmentent leurs importations depuis l'Union Européenne. Concernant l'exportation en vif, 502 000 têtes ont été exportées en 2015 vers l'Italie et l'Espagne (Interbev, 2016), mais ce type d'exportation tend à décroître pour la France.

Une nouvelle dynamique s'installe dans la filière ovine qui cherche à attirer de nouveaux éleveurs. En effet, 63% des éleveurs de brebis allaitantes ont plus de 50 ans, alors que seulement 15% des éleveurs ont moins de 40 ans (Maigret, 2016). De nombreux départs à la retraite vont avoir lieu offrant des possibilités de reprises d'exploitations. L'élevage ovin, basé essentiellement sur des rations à base d'herbe, permet une bonne autonomie alimentaire des exploitations et d'entretenir les paysages. Actuellement, la société perçoit la conduite à l'herbe, plein air, comme plus acceptable pour le bien-être des animaux (Brulé-Aupiais *et al.*, 2015). Cette thématique devenant une préoccupation importante pour les consommateurs, le développement de la filière ovine pourrait répondre aux nouveaux enjeux sociétaux.

4. Le bien-être animal : une demande sociétale

L'intensification des pratiques agricoles a émis un questionnement sur le respect du bien-être animal. Des règlements ont donc été adoptés (Brulé-Aupiais *et al.*, 2015). En effet, les animaux d'élevage ont été reconnus en France dans le code rural comme des êtres sensibles par la loi du 10 juillet 1976. L'animal a donc le droit de ne pas souffrir inutilement, de ne pas être mis à mort sans nécessité et de ne pas être utilisé abusivement (Lesage, 2013). En 2015, l'article 515-14 du code civil définit les animaux comme : « des êtres vivants doués de sensibilité. Sous réserve des lois qui les protègent, les animaux sont soumis au régime des biens » (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2015). De plus, une réglementation générale européenne concernant la protection

des animaux dans les élevages, a été instaurée : la directive 98/58/CE du Conseil du 20 juillet 1998 (Mounier *et al.*, 2007).

Le bien-être animal est quant à lui un concept multidimensionnel. L'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES, 2015) le définit en 2015 comme un état physique et mental de l'animal qui découle de la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux essentiels et de ses capacités à s'adapter à son milieu. Ainsi, le Farm Animal Welfare Council (FAWC) en 1992 a défini cinq libertés fondamentales pour définir le bien-être animal (figure 6).



Figure 6 : Les cinq libertés fondamentales du bien-être animal

Le respect du bien-être des animaux d'élevage est devenu une préoccupation importante pour un grand nombre de citoyens. Selon une étude publiée par la Commission européenne en 2016, 94% des citoyens européens pensent que la protection du bien-être des animaux d'élevage est importante et 82% pensent que les animaux d'élevage devraient être mieux protégés qu'ils ne le sont actuellement (Brulé-Aupiais *et al.*, 2015).

Ainsi, ces dernières années, le bien-être animal est devenu un sujet essentiel dans les recherches scientifiques. Le projet européen de recherche Welfare Quality, en 2009, centré sur l'intégration du bien-être des animaux dans les filières alimentaires de qualité, s'est alors mis en place. Quarante-quatre instituts ou universités ont participé à ce projet. Des méthodes d'évaluation pour déterminer et suivre la qualité du bien-être des animaux dans les élevages et à l'abattoir ont donc été développées (Keeling *et al.*, non daté). Ce projet est à la base d'autres projets comme le projet Animal Welfare INdicators (AWIN) en 2011 qui a eu pour objectif de développer des protocoles d'évaluation du bien-être des animaux (moutons, chèvres, chevaux, ânes et dindes). Des critères ont été sélectionnés pour répondre aux cinq principes cités au-dessus (tableau 1).

Tableau 1 : Indicateurs permettant de répondre aux principes du bien-être (Awin, 2015)

Principes	Critères	Indicateurs
Alimentation adaptée	Absence de faim prolongée	Note d'état corporel Taux de mortalité des agneaux
	Absence de soif prolongée	Disponibilité des points d'abreuvement
Logement correct	Confort du couchage	Propreté des flancs
	Confort thermique	Blessures Accès à la bergerie
	Facilité de mouvement	Chargement et excroissance du sabot (pour les animaux en bergerie)
Bonne santé	Absence de blessures	Blessures au niveau de la tête, du corps et des pattes
	Absence de maladies	Boiteries Propreté de l'arrière train Couleur de la muqueuse oculaire Mammites Fréquence respiratoire Qualité de la laine
	Absence de douleurs causées par les pratiques d'élevage	Longueur de la queue
Comportement approprié	Expression comportement social	Isolement
	Expression autres comportements	Stéréotypie Démangeaison excessive
	Bonne relation Homme-Animal	Réactivité à l'approche du groupe par l'homme
	Etat émotionnel positif	Appréciation de l'état émotionnel (QBA = Qualitative Behavioral Assessment)

Quatre principes ont été conservés pour définir des critères de bien-être. Le choix de ces quatre principes a été défini dans le protocole du projet européen Welfare Quality en 2009. Chaque indicateur zootechnique ou sanitaire, correspondant à un critère, permet de répondre aux différents principes du bien-être.

Il est nécessaire que chaque indicateur puisse être facilement observable, fiable et mesurable. Ces paramètres sont soit (Mounaix *et al.*, 2013) :

- liés à la maîtrise des ressources (selon l'environnement de l'animal et des pratiques d'élevage) qui permet d'évaluer l'effet indirect sur l'animal
- liés à la mesure du résultat sur l'animal (effet direct). Pour traduire rapidement une réponse de l'animal, son comportement est observé. Les besoins de l'animal sont alors directement visibles et une inadéquation des conditions de vie peut être observée.

Ces nouveaux enjeux environnementaux et sociétaux expliqués dans cette première partie conduisent à de nouvelles réflexions scientifiques. La valorisation d'anciennes pratiques comme l'agroforesterie pourrait permettre de répondre à ces nouveaux défis.

II. ... qui conduit à l'évolution des pratiques agricoles

1. Principes de l'agroforesterie

L'agroforesterie dérive du terme anglophone « agroforestry », utilisé pour la première en 1978 (Dubois, 2016). Cette pratique ancienne était courante en Europe, mais l'intensification et la modernisation de l'agriculture (cf. paragraphe I.1 page 4) ont fortement diminué le patrimoine existant. Elle se définit aujourd'hui comme l'exploitation des terres avec une association d'arbres et de cultures ou d'animaux (Dupraz et Liagre, 2013). En effet, d'après le centre agroforestier mondial, l'agroforesterie se définit comme « un système dynamique de gestion des ressources naturelles reposant sur des fondements écologiques, qui intègre des arbres dans les exploitations agricoles et le paysage rural et permet ainsi de maintenir la production, afin d'améliorer les conditions sociales, économiques et environnementales de l'ensemble des utilisateurs de la terre ». Cette pratique permet donc de produire plus sur un hectare agroforestier, que si les arbres et les cultures/animaux étaient séparés (Duru *et al.*, 2014). L'agroforesterie regroupe une diversité de systèmes de par la multiplicité des essences plantées, leur densité et leur disposition dans la parcelle (Pellerin *et al.*, 2013). La figure 7 présente quelques images de parcelles agroforestières françaises, montrant la diversité des systèmes.



Figure 7 : Illustrations de la diversité agroforestière (images issues de l'association française d'agroforesterie)

Les arbres isolés dans les parcelles agricoles, les haies, les bosquets, les arbres plantés volontairement dans les parcelles cultivées ou pâturées et les bois sont considérés comme des pratiques agroforestières (Duru *et al.*, 2014). Les prés-vergers se trouvent essentiellement en Normandie (pommiers et poiriers permettant la production de cidre et de calvados) et dans la Mayenne et la Sarthe, qui regroupent la moitié des 140 000 ha national de prés-vergers (Van Lerbergue, 2015). Ces pratiques se développent de plus en plus de nos jours grâce notamment à la réforme de la Politique Agricole Commune (PAC).

2. Une réforme des pratiques favorisant la mise en place de l'agroforesterie

La PAC est la politique agricole mise en place à l'échelle de l'Union Européenne. Elle accompagne l'agriculture et les agriculteurs face aux nouveaux défis, en apportant notamment des aides financières aux nouveaux projets et aux exploitants. La commission européenne a instauré pour la période 2007-2013 une mesure européenne de soutien à l'agroforesterie (Liagre *et al.*, 2012), qui n'était pas reconnue jusqu'alors. Avant cette période, le manque de statut clair pour les parcelles agroforestières comme les prés-vergers dans les déclarations a également contribué à la diminution du nombre d'arbres (Dupraz et Liagre, 2013).

Depuis 2015, une partie des aides de la PAC est destinée à la préservation de l'environnement, appelée le « paiement vert ». Ces aides sont versées dans le cas où l'agriculteur préserve un minimum de 5% des Surfaces d'Intérêt Ecologique (SIE). Les SIE peuvent être des éléments topographiques (haies, mares) ou des surfaces (cultures fixant l'azote, bandes tampons...). Dans le

but de soutenir les systèmes agroforestiers, la PAC 2014-2020 a instauré la reconnaissance des systèmes agroforestiers comme SIE (De Cara *et al.*, 2015).

3. Impacts de l'agroforesterie sur le complexe arbre/élevage/pâturage

L'agroforesterie présente un rôle multifonctionnel. En effet, une parcelle agroforestière a plusieurs objectifs en termes de protection, d'environnement, de paysage et d'image (Balleux et Louah, 2014). Les arbres des paysages agricoles se retrouvent donc au carrefour de multiples enjeux. D'après Dupraz et Liagre (2013), une parcelle agroforestière a une vocation annuelle (culture, pâture, fruit) et une vocation différée à long terme (bois ou autres produits de l'arbre). La figure 8 reprend les différents impacts des arbres, qui seront développés dans cette partie.

AGROFORESTERIE

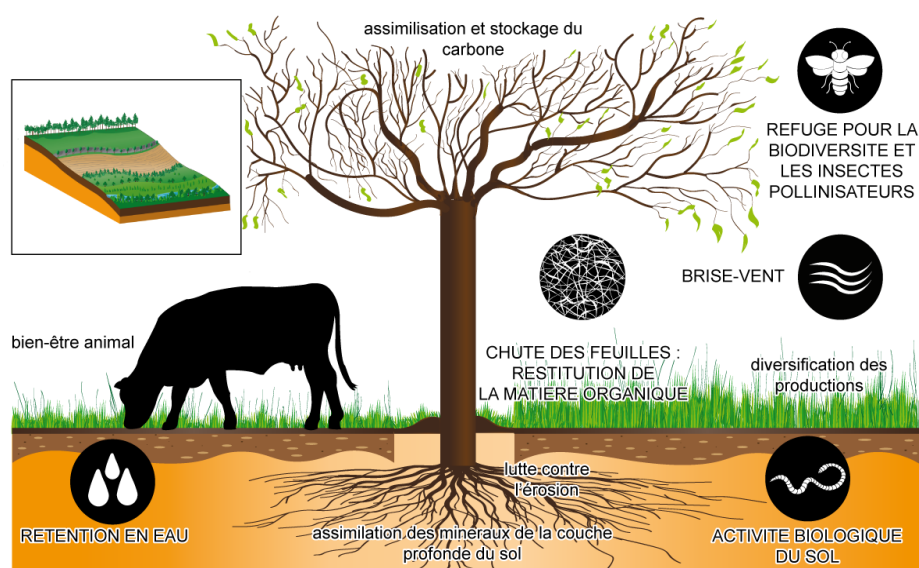


Figure 8 : Impacts des arbres (Jeannot, 2017)

a. Impacts agronomiques liés aux enjeux environnementaux

L'introduction d'arbres participe à la réduction des GES, en captant une partie du carbone atmosphérique. Ce piégeage se fait au niveau des arbres, mais également au niveau de la matière organique incorporée dans le sol (Balleux et Louah, 2014). L'enracinement profond et dense permet de mieux fixer le carbone qu'un arbre dans une forêt par exemple. Leur croissance étant plus rapide, leur production de biomasse est également augmentée (feuillage). Ainsi, l'agroforesterie a donc un rôle à jouer dans le maintien de la qualité de l'air pour lutter contre le réchauffement climatique. En Europe, 40% des terres arables pourraient être converties en agroforesterie. En France, il a été estimé que si 2 millions d'arbres (15% de la SAU) étaient plantés, cela permettrait de stocker 14 M teqCO_2/an . Cinq pourcents des objectifs de réduction d'émissions auxquels la France s'est engagée pourraient alors être atteints. Par conséquent, l'agroforesterie compenserait un quart des émissions de GES réalisé par le secteur agricole et forestier français (Dupraz et Liagre, 2013).

L'agroforesterie joue également un rôle dans la protection du sol et de l'eau. Les arbres agroforestiers présentent un enracinement très profond, qui leur permet de puiser des éléments nutritifs pour les cultures. Ainsi, moins d'intrants sont appliqués sur les parcelles. Les arbres favorisent également l'infiltration de l'eau en profondeur et la structure du sol. Il a été observé qu'une parcelle agroforestière pouvait contenir un taux de matière organique 50% plus élevé qu'une parcelle témoin (Liagre *et al.*, 2012). La fertilité des sols est améliorée grâce à l'accumulation des feuilles et des racines sur les sols, formant une litière dense. Ceci entraîne un effet sur la faune et la

flore microbienne du sol comme la présence des lombrics qui augmente en présence de lignes d'arbres (Dupraz et Liagre, 2013).

L'érosion et le lessivage des sols sont également limités grâce à l'infiltration facilitée de l'eau, au profond système racinaire mais également à la réduction de la vitesse d'écoulement de l'eau en surface (Balleux et Louah, 2014).

La présence d'arbres ou de haies participe au développement d'un microclimat à l'échelle de la parcelle. Ils offrent gîte, nourriture et refuge à des auxiliaires de culture, qui permettent de lutter contre certains ravageurs. Par conséquent, une meilleure régulation biologique et une meilleure pollinisation ont lieu grâce notamment à l'abondance et la diversité des auxiliaires (Duru *et al.*, 2014). Cette pratique peut également permettre à des espèces menacées d'être préservées (Dupraz et Liagre, 2013).

Les impacts agronomiques qu'engendre l'utilisation de la pratique agroforestière dépendent de la densité, des espèces choisies et associées.

b. Bénéfices socio-économiques de l'agroforesterie

La présence d'arbres a un impact non négligeable sur le revenu de l'agriculteur. En effet, même si l'investissement est important et sur le long terme, l'agroforesterie permet de diversifier économiquement l'exploitation. Le bois d'œuvre de qualité peut être vendu et ainsi apporter un revenu supplémentaire à l'agriculteur. Les haies et les arbres têtards peuvent également servir dans la filière bois énergie qui se développe autour de la biomasse (Liagre *et al.*, 2012). Les arbres fruitiers permettent également une diversification des productions et du revenu (Association française Agroforesterie, non daté). Des emplois essentiellement saisonniers peuvent également être créés par cette pratique (Balleux et Louah, 2014).

De plus, la présence d'arbres conserve le patrimoine et met en valeur le paysage d'un territoire. Les arbres mettent en valeur un paysage rural grâce à leur forme et leur couleur, valorisant ainsi l'image de l'agriculture (Dubois, 2016). Ils permettent également parfois d'intégrer les bâtiments agricoles dans le paysage (Association française Agroforesterie, non daté).

c. Impacts de l'accès aux arbres sur les animaux

En associant des arbres et des animaux, plusieurs bénéfices peuvent être observés. Les arbres offrent une protection climatique aux animaux contre le vent, le froid, le gel mais aussi la chaleur. Les arbres et les haies réalisent un effet « brise vent » grâce à leur alignement et leur hauteur (Balleux et Louah, 2014). Lors de périodes de fortes chaleurs, les animaux cherchent activement de l'ombre. Les brebis ayant une grande sensibilité au rayonnement solaire, leur comportement est plus haché, leur consommation d'eau augmente d'environ 83% et leur repos est moins marqué (Audic *et al.*, 1996). De plus, chez les vaches laitières, en condition de fortes chaleurs, la température corporelle de l'animal augmente, ainsi que sa fréquence respiratoire réduisant ainsi leur performance laitière et bouchère (Schütz *et al.*, 2010). En implantant des arbres ou des haies dans les parcelles pâturées, les brebis peuvent profiter de l'ombre. De plus, les ovins tondus récemment sont plus sensibles aux conditions climatiques, la laine les protégeant de la chaleur et du froid (Mounier *et al.*, 2007). Les arbres et les haies peuvent donc servir d'abris aux animaux lors de ces périodes critiques. Lorsque le vent est faible et les haies denses, les amplitudes thermiques de l'air sont accentuées de 2 à 4°C au centre de la parcelle. L'air se refroidit plus la nuit et se réchauffe plus le jour (Dupraz et Liagre, 2013).

L'humidité, le froid et la pluie créent des conditions difficiles pour les agneaux, qui ont besoin d'une température de l'air extérieur égale à 25°C à la naissance. Avoir un abri qui les protège du vent,

réduit de 3 à 13% le taux de mortalité des agneaux provenant d'une portée simple, et de 14 à 37% le taux de mortalité des agneaux issus d'une portée gémellaire. De plus, la présence d'un abri contribue à un engraissement de l'agneau plus rapide, car ils mobilisent ses réserves corporelles pour faire de la viande et non de l'extra-chaud (Pollard, 2006). Ainsi, les arbres et les haies créant un climat spécifique, ils peuvent permettre de réduire le taux de mortalité des agneaux à la naissance et améliorer le taux de survie des jeunes agneaux.

L'agroforesterie permet également d'apporter de la nourriture aux ovins. Le feuillage, l'écorce des arbres et les fruits servent de nourriture aux animaux. La pousse de l'herbe est également favorisée grâce au microclimat créé par la présence d'arbres. L'herbe sous les arbres est plus appétente et riche en minéraux (Association française Agroforesterie, non daté). En période de sécheresse, les arbres limitent l'évapotranspiration et permettent de remonter l'eau disponible en profondeur, ce qui favorise le maintien de la pousse de l'herbe. Le dessèchement des prairies peut être retardé de deux à quatre semaines (Dupraz et Liagre, 2013).

L'agroforesterie semble être un système durable adapté aux enjeux agro-environnementaux et sociétaux actuels. Cependant, des questionnements scientifiques demeurent sur cette pratique notamment en termes techniques et économiques. Cette évolution demande un changement des pratiques agricoles sur le long terme. L'agriculteur est obligé de repenser son système, demandant ainsi des connaissances et compétences pointues dans ce domaine. Le projet PARASOL, cherchant à étudier l'impact du microclimat agroforestier adulte en système d'élevage ovien a été mis en place dans ce contexte.

En effet, le projet PARASOL, financé par l'ADEME, cherche à comprendre les interactions arbres/élevage/pâturage. Ayant eu peu d'études sur les impacts de la présence d'arbres sur les animaux, cette étude a intégré un volet sur ce thème. Cette recherche a un caractère novateur puisqu'au sein du protocole, il a été décidé d'étudier en détail le comportement et la position de l'animal par rapport à l'arbre et à l'ombre dans plusieurs régions. L'objectif de l'étude réalisée dans ce rapport est donc d'étudier le comportement (activités) et le bien-être animal des ovins situés sur des prairies arborées et sur des prairies témoins (sans arbres) de manière à les comparer. Le but est de quantifier et de qualifier la manière dont les animaux utilisent les arbres quand ils sont présents. De cette manière, le potentiel ainsi que les bénéfices de l'agroforesterie pourront être mis en valeur.

Les hypothèses de travail réalisées dans le cadre de cette étude sont donc :

- La répartition spatiale des animaux dans la parcelle ne se fait pas de manière aléatoire. Elle dépend de la présence des arbres.
- La répartition temporelle des activités des brebis peut être modifiée par la présence des arbres.
- La présence d'arbres impacte le bien-être animal en termes de santé animale, de réactivité aux insectes et à l'homme.

Pour permettre de répondre à ces hypothèses, des observations en exploitations ont été mises en place. La méthodologie suivie est expliquée dans la partie suivante.

I. Les exploitations retenues

1. Critères de sélection

Les exploitations ont été choisies selon plusieurs critères. Ainsi, elles devaient avoir au minimum deux lots de 15 brebis sur le site, dont un lot sur une parcelle arborée avec des arbres âgés d'au moins 25 ans et un autre lot sur une parcelle témoin ayant le moins d'arbres possibles. Trois secteurs géographiques ont été ciblés dans le cadre du projet PARASOL : le Nord-Ouest, l'Auvergne et le Languedoc-Roussillon. Les essais ont été réalisés de manière identique dans ces différentes régions sur les années 2016 et 2017. Trois exploitations ont été sélectionnées dans le secteur Nord-Ouest pour participer au projet sur deux années. Cette année constitue donc la seconde année d'étude en exploitation.

2. Sites sélectionnés

Les exploitations choisies se situent dans le secteur Nord-Ouest de la France, plus précisément en Mayenne à Lassay-les-Châteaux (exploitation n°1) et dans l'Eure à Sainte-Marguerite en Ouche (exploitation n°2) et à Carsix (exploitation n°3) (figure 9).



Figure 9 : Localisation des exploitations étudiées dans le secteur Nord-Ouest

Les caractéristiques de ces exploitations sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques des exploitations étudiées en 2017

Nom	Statut	Date d'installation	Activités principales	Caractéristiques générales	Lot parcelle arborée		Lot parcelle témoin	
				Nombre de brebis total, races, SAU	Nb de brebis, stade physiologique	Accès à la bergerie	Nb de brebis, stade physiologique	Accès à la bergerie
Aurore et Josselin LE ROYER (E1)	Indiv.	2009	Production de jus de pomme et d'alcool à base de poire et de pomme en agriculture biologique, en cours de réhabilitation du musée du cidre et du magasin sur l'exploitation, atelier ovin viande	68 brebis Rouge de l'ouest 30 ha	20 brebis En lactation	Non	16 brebis, animaux n'ayant pas d'agneaux (avortement, perte des agneaux après la naissance)	Non
Sophie et Vincent OZIEBLO (E2)	GAEC	2013	Atelier caprin lait et ovin viande, fabrication de fromage de chèvres et vente directe (marché et portes ouvertes de la ferme tous les samedis), production de jus de pomme (marginale)	50 brebis Ile-de-France sur parcelle témoin et Texel sur prairie arborée 23 ha	36 brebis En lactation	Non	16 brebis Reproduction	Non
Astrid et Etienne PLET (E3)	SCEA	1988	Atelier ovin viande, production de cidres et de jus de pomme, vente directe sur la ferme, font partis du réseau « Bienvenue à la ferme » (visite de ferme pour des groupes de maternelles ou de jeunes)	315 brebis Suffolk sur prairie nue, Scottich Mule sur prairie arborée 37,5 ha	60 brebis En lactation	Oui	43 brebis En lactation	Oui

Les trois sites sélectionnés respectent les conditions citées ci-dessus. En effet, elles se situent dans le secteur Nord-Ouest (Mayenne et Eure) et comportent chacune deux lots de 15 brebis distincts. Au sein des trois exploitations, les parcelles agroforestières sont constituées d'arbres fruitiers (pommiers) à hautes tiges ayant plus de 25 ans. Une vue aérienne des parcelles sélectionnées se situent en annexe 1. Chaque exploitation a des races ovines et des conduites différentes, mais un protocole commun a été mis en place dans les trois exploitations ainsi que dans toutes les exploitations participant à la tâche 4 du projet PARASOL.

II. Protocole expérimental

1. Mise en place des essais

Le protocole expérimental a été mis en place en 2016. Cette année, celui-ci a été répété de manière identique et amélioré pour certains paramètres (position par rapport à l'ombre, bien-être animal). En 2016, les essais se sont déroulés sur trois périodes (mai, juin, juillet) alors qu'en 2017, quatre périodes d'observation ont eu lieu (mai, juin, juillet, août). Une période représente deux jours d'observation par exploitation, ce qui fait au total six jours d'essai par période (figure 10).

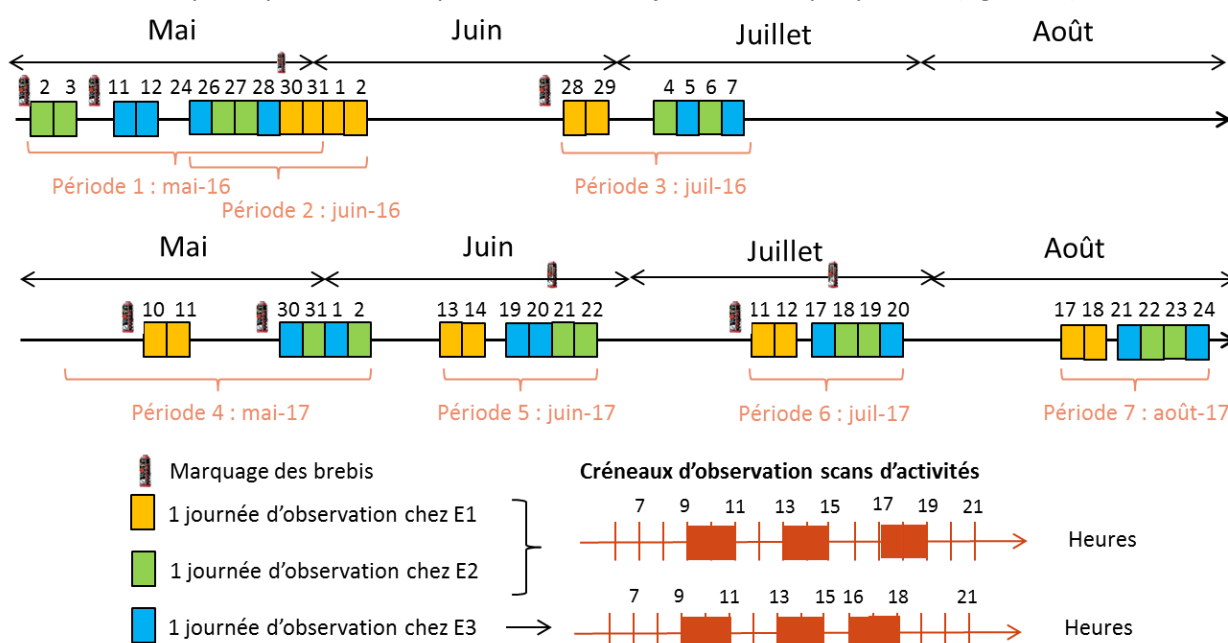


Figure 10 : Calendrier des périodes d'observation

Pour permettre d'identifier les brebis et ainsi garder les mêmes animaux observés tout au long des essais, elles ont été marquées par des traits de couleur sur le dos au début des observations. Elles ont parfois été marquées une seconde fois du fait par exemple de la tonte des brebis ou encore à cause de l'effacement des couleurs avec la pluie. La figure 11 présente les photos du marquage d'une même brebis chez E3 avec un mois de décalage.



Figure 11 : Même brebis après marquage et 1 mois après marquage

Les mesures liées à l'activité au pâturage et au bien-être animal se sont concentrées sur les brebis. Les agneaux ainsi que les béliers n'ont donc pas été observés. Lors de la septième période d'observation, les agneaux étaient tous sevrés. Il n'y avait donc que les brebis dans les parcelles.

Dans chacune des parcelles, 15 brebis ont été sélectionnées parmi des tailles de lots parfois différentes (cf. tableau 2 page 16). La sélection s'est faite de manière aléatoire si le nombre d'animaux dans le lot était supérieur à 15. Les brebis observées en 2016 et en 2017 n'ont pas été identiques. En effet, les critères d'allotement des éleveurs ont fait que les brebis ne se sont pas retrouvées dans les mêmes lots ni sur les mêmes parcelles. Certains animaux ont tout de même été identiques sur les deux années, mais le choix de séparer dans les analyses les brebis des deux années a été fait. Ainsi, sur l'année 2016, les brebis ont été numérotées par parcelle et par exploitation de 1 à 15 et sur l'année 2017, de 16 à 30. Sur une année, les mêmes brebis ont été observées pendant les différentes périodes.

Dans le but de réaliser les essais de manière homogène dans toutes les régions ciblées par le projet PARASOL, une formation à l'INRA de Theix a été suivie par les personnes observant le comportement des brebis au pâturage dans les différents secteurs de la France (dont deux stagiaires du secteur Nord-Ouest). Ainsi les paramètres testés et les grilles d'évaluation utilisées étaient identiques dans toutes les exploitations et sur les deux années de récolte des données (2016 et 2017). Pour chaque test, l'exploitation, la météo, la température, le nom de l'observateur, la période d'observation ainsi que le traitement (parcelle arborée ou témoin) ont été relevés. Les grilles de notations se trouvent en annexe 2.

2. Détermination de la surface d'ombre sur chaque parcelle

Afin de pouvoir comprendre et analyser les données de bien-être suivant les traitements, la surface des houppiers et l'ombre projetée sur chaque parcelle ont été évaluées. L'objectif de cette analyse est de connaître l'aire occupée par l'ombre totale des arbres sur chaque parcelle. Ainsi, le temps passé à l'ombre pourra être relativisé par rapport à une répartition aléatoire des brebis sur la parcelle.

Pour cela, le logiciel ArcGIS a été utilisé et plus particulièrement son application ArcMAP permettant d'afficher et d'explorer des jeux de données de Système d'Information Géographique (SIG) dans une zone d'étude définie. Ainsi, les orthophotographies de chaque parcelle d'étude, datant de l'année 2017, ont été recherchées et importées dans le logiciel. Pour compléter cette base, les limites de parcelles, de communes et de départements ont été ajoutées, celles-ci provenant du Registre Parcellaire Graphique (RGP), correspondant aux zones de cultures déclarées par les exploitants.

a. Calcul de la surface occupée par les houppiers pour chaque parcelle

L'application ArcMAP fonctionne sous forme d'un ensemble de couches. Une couche parcelle a donc été créée pour dessiner le contour de chaque parcelle arborée et témoin pour chaque exploitation. Les parcelles témoins dans les exploitations E2 et E3 ayant changé au cours de l'année 2017, chaque parcelle a été dessinée en fonction des périodes. Une deuxième couche a été bâtie permettant de dessiner chaque houppier à l'intérieur des parcelles. Les houppiers des arbres intérieurs et des arbres extérieurs ont été dessinés de manière à connaître le pourcentage de houppiers dans une parcelle. Un découpage au niveau de chaque parcelle a été effectué, rattachant chaque arbre à une parcelle donnée et éliminant la partie du houppier des arbres extérieurs n'étant pas incluse dans la parcelle (figure 12).

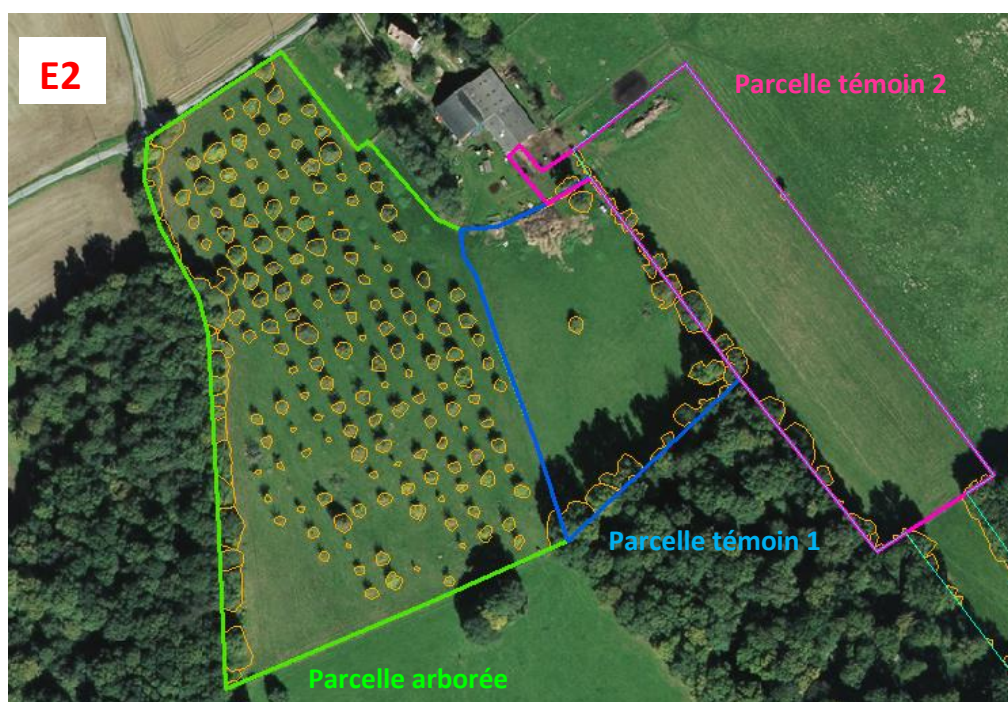


Figure 12 : Image ArcMAP représentant les houppiers dessinés par parcelle pour l'exploitation E2

Ainsi, la somme de la surface des houppiers a pu être calculée pour chaque parcelle et être rapportée en fonction de la surface totale de la parcelle. Par exemple, au sein de la parcelle arborée dans l'exploitation E2, la surface des houppiers représentent 17,5% de la parcelle. Dans la parcelle témoin 1, elle est d'environ 10,9%, alors que dans la parcelle témoin 2, elle approche les 11,34%.

b. Calcul de l'ombre totale par parcelle

Par la suite, la surface de l'ombre projetée par un arbre a été approximativement évaluée. En effet, le houppier ne correspond pas totalement à l'ombre projetée par un arbre. Pour cela, une hauteur a été estimée pour chaque arbre suivant ce qui avait été observé pour chaque parcelle. Les hauteurs données ont donc été : 1 m (pour les haies/arbustes), 4 m, 6m, 8m et 12m (arbres généralement en bordure de parcelles).

Un logiciel en ligne a permis de calculer le rayon de l'ombre projetée des arbres par rapport à leur hauteur. Pour être le plus homogène possible, le quinzième jour de chaque mois à midi a servi de date et heure de référence. Une moyenne des surfaces des ombres projetées à la date et l'heure de référence a été calculée pour les mois de mai, juin, juillet et août. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Résultat du calcul des rayons (m) des ombres projetées suivant la hauteur d'arbre, toutes périodes confondues

Hauteur d'arbre estimée	Rayon de l'ombre projetée calculée
1 m	0,58 m
4 m	2,33 m
6 m	3,50 m
8 m	4,67 m
12 m	7,00 m

Au sein de l'application ArcMAP, une nouvelle couche pour calculer l'ombre projetée a donc été créée. Pour chaque hauteur d'arbre estimée une valeur du rayon de l'ombre projetée leur a été attribuée. Une zone tampon totale a été dessinée autour de chaque houppier correspondant à l'ombre totale (le houppier de l'arbre et l'ombre projetée) (figure 13). Les zones tampons ont été fusionnées pour éviter de comptabiliser plusieurs fois une même ombre (figure 14).

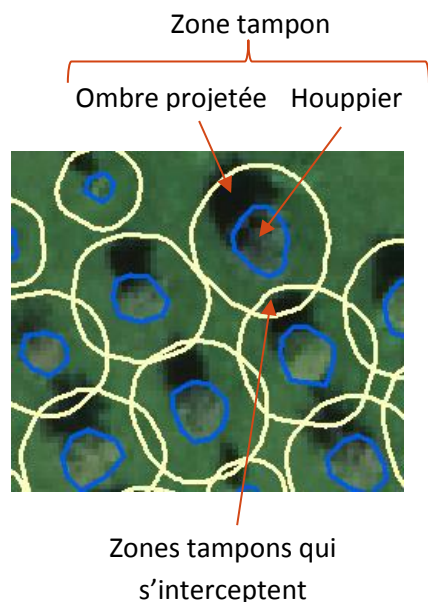


Figure 13 : Zones d'ombre qui s'interceptent

Figure 14 : Zones tampons dessinées autour de chaque houppier et fusionnées entre-elles

Un nouveau découpage parcellaire a été effectué pour ne garder que les houppiers et les ombres projetées au sein des parcelles. Pour chaque houppier, sa position par rapport à la parcelle a été indiquée : intra-parcellaire, au nord/au sud/à l'est ou à l'ouest de la parcelle. Le soleil allant seulement de l'est vers l'ouest, l'ombre totale réalisée dans la parcelle ne correspond pas à la zone tampon totale. En fonction de chaque position, l'ombre réalisée par chaque arbre sur une journée a été calculée. Ainsi, la zone tampon totale, calculée par le logiciel, a donc été divisée selon la position de l'arbre dans la parcelle, pour obtenir l'ombre projetée pour chaque arbre. En ajoutant l'ombre projetée calculée aux houppiers dans la parcelle, l'ombre totale de la parcelle a pu être calculée (figure 15).

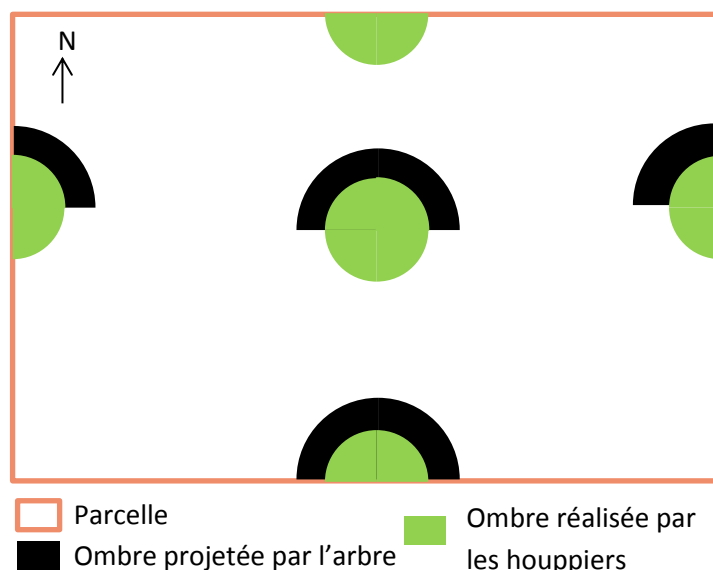


Figure 15 : Représentation de l'ombre totale conservée

L'ombre par parcelle a été calculée puis relativisée en fonction de la taille de chaque parcelle. Par exemple, pour l'exploitation E2, présentée en figure 14, l'ombre totale représente 45% de la parcelle arborée. L'ombre totale correspond à 29% de la parcelle témoin 1, alors qu'elle s'élève à 19% de la parcelle témoin 2. Le détail de la méthodologie employée se trouve en annexe 3.

3. Mesures du comportement et du bien-être animal

Pour évaluer le bien-être des animaux, des indicateurs fiables, mesurables et valides répondant à l'objectif poursuivi sont nécessaires. Ils peuvent être évalués soit suivant la maîtrise des ressources (paramètres environnementaux et pratiques d'élevages), soit mesurés en fonction du résultat de l'effet sur l'animal. Dans le cadre du projet PARASOL, la deuxième solution a été choisie pour permettre d'estimer l'effet direct sur l'animal. Pour cela, le comportement des brebis au pâturage a été observé pour permettre de traduire rapidement l'adéquation entre les besoins de l'animal et son environnement (Mounaix *et al.*, 2013). Une évaluation du bien-être a également été réalisée à partir d'indicateurs mesurables sur les ovins, comme la propreté de l'animal, les boiteries, les problèmes respiratoires, etc. (Brulé-Aupiais *et al.*, 2015).

a. Mesure de l'activité au pâturage

Des mesures comportementales ont été réalisées de manière simultanée sur la parcelle agroforestière et la parcelle nue (sans arbres) dans une exploitation, ce qui permet d'avoir des conditions climatiques identiques. De ce fait, deux observateurs ont été nécessaires pour réaliser les essais. L'activité au pâturage des brebis a été mesurée sur 15 brebis dans chaque lot (arboré et témoin) et sur les deux années de récolte des données du projet PARASOL.

Scans d'activités

Pour rappel, les hypothèses 1 et 2 sont :

- la répartition spatiale des animaux dans la parcelle ne se fait pas de manière aléatoire. Elle dépend de la présence des arbres.
- la répartition temporelle des activités des brebis peut être modifiée par la présence d'arbres.

Pour répondre à ces hypothèses, la méthode du scan sampling a été appliquée. En effet, l'activité des brebis a été relevée toutes les 5 minutes sur des créneaux de deux heures, réalisés trois fois par jour (matin, midi et soir, cf. figure 10 en page 17). La posture, l'activité et la position de l'animal par rapport à l'arbre ont été notées pour chaque brebis (repérée par un trait de couleur). Le tableau 4 montre les variables choisies pour évaluer la posture et l'activité des brebis. La figure 16 explique les codes choisis pour noter la position des brebis par rapport aux arbres.

Tableau 4 : Codes postures et activités utilisés lors des scans d'activités

Type	Code	Signification	Définition	Illustration
Posture	C	Couché	brebis allongée au sol	
	D	Debout	brebis sur ses 4 pattes	
Activité	RE	Repos	brebis se détend, cesse toutes autres activités	
	RU	Rumine	brebis régurgite ses aliments pour les mâcher à nouveau	
	M	Mange	brebis ingurgite des aliments	
	MA	Mange Arbre	brebis ingurgite des feuilles des arbres de la parcelle, grignote l'arbre	
	MAE	Mange Arbre Extérieur	brebis ingurgite des feuilles des arbres extérieurs à la parcelle	
	B	Boit	brebis absorbe de l'eau	
	Sel	Lèche pierre à Sel	brebis lèche la pierre à sel	
	D	se Déplace	brebis est en mouvement	
	V	En Vigilance	brebis surveille, ne bouge pas	
	Au	Autre	brebis saute, grignote la barrière, se gratte, se frotte ...	
	SAG	Interaction avec son agneau	brebis interagit avec son agneau (allaitement)	
	Sbr+	Interaction positive avec une brebis	brebis interagit socialement avec une autre brebis de manière positive (contact, coup de tête léger)	
	Sbr-	Interaction négative avec une brebis	brebis interagit socialement avec une autre brebis de manière négative provoque la fuite de l'autre brebis (approche, coup de tête fort)	
	Ar	Interaction Arbre	brebis se frotte contre l'arbre	
	C	Chôme	Position caractéristique des ovins en stress de chaleur : animaux groupés, immobiles, tête basse	Non observé

Lettre 1 + Lettre 2 = Code position

Code	Signification lettre 1 : Position par rapport à l'arbre
A	au contact de l'Arbre
H	sous le Houppier
N	dans la zone Nue
AE	proche d'un Arbre/haie Extérieur à la parcelle
HE	sous le Houppier d'un Arbre extérieur à la parcelle
B	en Bergerie

Code	Signification lettre 2 : Position par rapport à l'ombre et en fonction de la météo
En période ensoleillée	
O	à l'Ombre
OE	à l'Ombre d'un arbre/haie Extérieur
OA	à l'Ombre d'Autre chose qu'un arbre (bergerie, objet...)
S	au Soleil
En période pluvieuse	
C	temps Couvert
P	temps Pluvieux

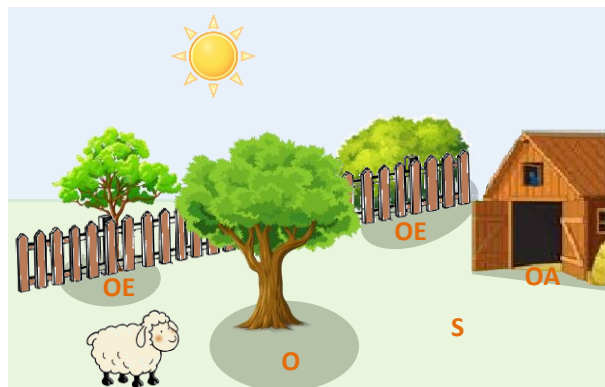
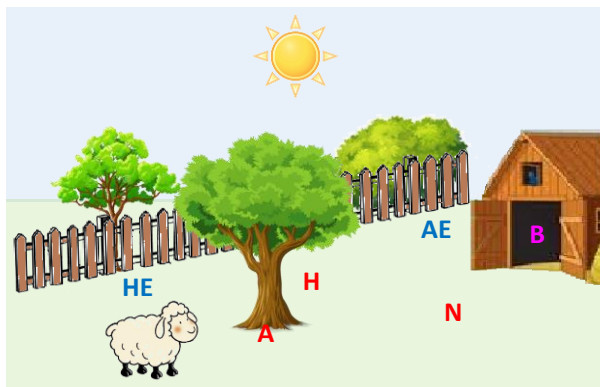


Figure 16 : Variables choisies pour évaluer la position des brebis

Pour chaque brebis, un code pour la posture, un code pour l'activité et un code pour la position ont été attribués toutes les cinq minutes. Les figures 17 et 18 montrent des exemples pris lors des observations ainsi que les codes positions attribués.



Figure 17 : Brebis D M NS



Figure 18 : Brebis C RU AO

La figure 17 présente une brebis Debout (D), en train de Manger (M), en zone Nue (N) et au Soleil (S). Son scan d'activité au pâturage a donc été noté D (posture) M (activité) et NS (position). La figure 18, quant à elle, montre une brebis Couchée (C), en train de Ruminer (RU), contre l'Arbre (A) et à l'Ombre (O). Son scan d'activité au pâturage a donc été inscrit comme C (posture) RU (activité) AO (position). D'autres exemples de scans sont présentés en annexe 4.

Les codes permettant d'identifier la posture et l'activité de chaque brebis ont été notés de manière identique pour les deux années d'observation (2016 et 2017). En revanche, les codes signifiant la position des brebis par rapport aux arbres et à l'ombre ont été modifiés (annexe 5). Pour l'analyse, les codes de 2016 ont été modifiés pour être identiques à ceux utilisés en 2017 (plus précis).

Réactivité des brebis aux insectes

La réactivité des brebis aux insectes a également été étudiée par le biais d'observation pendant deux minutes du nombre de mouvements d'oreilles, de corps, de pattes et de queue réalisés par l'animal. Pendant ces deux minutes, l'activité principale au pâturage de l'animal a été notée. Par exemple, l'animal « 1 trait orange » dans la parcelle arborée dans l'exploitation E1 a réalisé, pendant deux minutes, cinq mouvements d'oreilles au total pendant qu'il était Debout (D) en train de Manger (M), en zone Nue (N) et au Soleil (S) à 10h02. Ces mesures ont été réalisées six fois par jour (jours identiques à ceux des scans d'activités) pour chaque individu marqué (30 brebis au total). Par période, le nombre d'observation lié à la réactivité des brebis aux insectes s'élève donc à 12 par animal.




b. Mesure du bien-être de l'animal

Pour répondre à l'hypothèse 3 : « la présence d'arbres impacte le bien-être animal en termes de santé animale, de réactivité aux insectes et à l'homme », l'état général des brebis a été étudié. Ainsi, plusieurs indicateurs ont été observés directement sur les animaux pour répondre aux cinq principes du bien-être animal, défini par le Farm Animal Welfare Council (cf. paragraphe 4 page 8). Ces mesures du bien-être animal ont été réalisées seulement sur l'année 2017, pour chaque période d'observation et sur les 30 brebis observées pour les mesures comportementales. Quatre observations par individu ont donc été réalisées au total. Ces paramètres ont été étudiés seulement dans le secteur Nord-Ouest du projet.

Principe « Logement correct »

Pour respecter la liberté « Logement correct » et ainsi le confort du couchage, la propreté des flancs a été évaluée et notée sur une échelle de 0 à 2 suivant le degré de salissure (tableau 5).

Tableau 5 : Grille d'évaluation de la propreté des flancs (Gautier, 2015)

Note = 0	Note = 1	Note = 2
Flancs peu sales : souillures peu visibles, aucun grumeau	Flancs sales : souillures visibles sur la moitié de la hauteur des flancs, aucun grumeau	Flancs très sales : souillures visibles sur plus de la moitié de la hauteur des flancs, présence possible de grumeaux
		

Principe « Bonne santé »

L'absence de blessures est un critère de bien-être, qui a été déterminé grâce à deux indicateurs qui sont les blessures et les boiteries (Brulé-Aupiais *et al.*, 2015). Les blessures légères et graves au niveau de la tête, du cou et du corps de l'animal ont été comptabilisées. Une abrasion ou une griffure de la peau ont été considérées comme une blessure légère, alors que les plaies ouvertes atteignant le muscle ont été notées comme des blessures graves.




Pour les boiteries, la démarche de chaque individu a été observée et notée de 0 à 2 (Gautier, 2015) :

- Une brebis ayant une démarche normale, sans boiterie apparente a été notée 0
- Une brebis ayant un déplacement saccadé, avec une allure normale a été notée 1 (boiterie légère)
- Une brebis avec un déplacement saccadé, allure lente, voire immobile (appui sur parfois moins de 4 pattes) a été notée 2 (boiterie sévère)

En parallèle à cet indicateur, la fréquence de parage a également été demandée aux éleveurs.

L'absence de maladie fait également partie du respect du critère « bonne santé » de l'animal. Dans le cadre de cette étude, les problèmes respiratoires (toux) ont été notés (Awin, 2015) et la propreté de l'arrière train a été observée en évaluant le degré de salissure de celui-ci selon la grille suivante (tableau 6).

Tableau 6 : Grille d'évaluation de la propreté de l'arrière train (Gautier, 2015)

Note = 0	Note = 1	Note = 2
Flancs peu sales : souillures peu visibles, aucun grumeau	Flancs sales : souillures visibles sur la moitié de la hauteur des flancs, aucun grumeau	Flancs très sales : souillures visibles sur plus de la moitié de la hauteur des flancs, présence possible de grumeaux
		

Principe « Comportement approprié »



Figure 19 : Test réactivité à la manipulation (Aupiais, Mialon, 2015)

La bonne relation Homme-Animal est un critère de bien-être évalué par la facilité de manipulation de l'animal (Brulé-Aupiais *et al.*, 2015). La main de l'observateur saisit la tête de l'animal par le cou et celui-ci juge de la réactivité à la manipulation (figure 19). Ce test a été réalisé lors du marquage des animaux ou de la tonte sur les 15 individus marqués. Elle s'est déroulée une fois dans chaque exploitation. La note 0 correspond à un animal facile à manipuler, alors que la note 1 équivaut à un animal ne se laissant pas saisir, baissant la tête ou présentant un mouvement de recul (Gautier, 2015).

4. Analyses statistiques

Pour l'analyse statistique, le logiciel R a été utilisé. Pour réaliser une analyse en fonction des périodes ensoleillées, la météo pour chaque scan a été calculée et s'est basée sur le temps majoritairement présent lors des scans d'observation. Pour connaître le temps consacré à chaque posture, activité ou position, une moyenne a été effectuée par individu en fonction de chaque traitement et chaque période (tableau 7). Pour connaître les tests statistiques à effectuer, la normalité des données a été étudiée grâce au test de Shapiro. Lorsque celle-ci n'était pas respectée, les variables ont été transformées en utilisant les fonctions carrés, logarithmiques et arc sinus. Ainsi, les analyses ont pu être effectuées entre les deux années d'observation (2016/2017), sur l'ensemble des périodes, mais également sur les trois périodes les plus ensoleillées.

Tableau 7 : Analyses réalisées sur les données récoltées en exploitation

Mesures	Nombre d'observation/période	Méthode et unité statistique	Tests statistiques réalisés
Position des brebis par rapport aux arbres	(Nombre de scans de la position X par brebis sur une période/ (24 observations * 6 créneaux)) *100	Moyenne des temps passés sous les houppiers (A + H + AE + HE), en zone nue (N) et bergerie (B) par individu en fonction du traitement et de la période (%)	Comparaison de deux facteurs (traitement et période) avec interactions et à mesures répétées (individu) : ANOVA à mesures répétées
Position des brebis par rapport à l'ombre	(Nombre de scans de la position X par brebis sur une période / (24 observations * 6 créneaux)) *100	Moyenne des temps passés à l'ombre (O + OE), au soleil (S) et sous une autre ombre (OA) par individu en fonction du traitement et de la période (%)	
Postures et activités au pâturage des brebis	(Nombre de scans de l'activité X par brebis sur une période / (24 observations * 6 créneaux)) *100	Moyenne des temps consacrés à chaque posture ou activité pour chaque individu en fonction du traitement et de la période (%)	
Mouvements du corps des brebis	Nombre moyen de mouvements comptabilisés sur les 6 observations par période/ durée de l'observation	Nombre moyen de mouvements du corps en fonction du traitement et de la période (nombre moyen/minute/période)	
	Nombre moyen de mouvements comptabilisés par an /durée de l'observation	Nombre total moyen de mouvements du corps tous traitements et périodes confondues (nombre moyen/minute/brebis/an)	Comparaison de deux moyennes appariées : test de Wilcoxon
Propreté des flancs	1 observation par brebis/période	Nombre total de brebis sales (note = 1 ou 2) par traitement, par période et par exploitation	Comparaison de deux effectifs appariés : test du khi-2
Propreté de l'arrière train	1 observation par brebis /période	Nombre total de brebis sales (note = 1 ou 2) par traitement, par période et par exploitation	
Boiterie	1 observation par brebis /période	Nombre total de brebis boiteuses (note = 1 ou 2) par traitement et par exploitation	
Blessures	1 observation par brebis/période	Nombre total de brebis blessées par traitement et par exploitation	Pas de test statistique (effectif < 5)
Problèmes respiratoires	1 observation par brebis /période	Nombre total de brebis toussant par traitement par exploitation	
Réactivité à la manipulation	1 observation sur toutes les périodes	Nombre de brebis réactives à la manipulation par traitement	Pas de test statistique

Présentation des résultats

I. Conditions d'expérimentation

1. Conditions météorologiques : durée d'ensoleillement

Pendant les périodes d'observation, la météo a été notée et ensuite analysée pour connaître les conditions d'observation. Lors de l'année 2017, le nombre de créneaux ensoleillés a été plus important qu'au cours de l'année 2016 (tableau 8).

Tableau 8 : Récapitulatif des conditions météorologiques obtenues lors des périodes d'observation de 2016 et 2017

Année	2016	2017
Nombre de jours d'observation	18	24
Nombre total de créneaux	54	72
Nombre de créneaux ensoleillés	11	41
Nombre de créneaux nuageux	41	28
Nombre de créneaux pluvieux	2	3

En 2017, les créneaux ensoleillés ont été trois fois plus présents qu'en 2016. Le détail des créneaux par jours d'observation se trouve en annexe 6. En 2016, les créneaux ensoleillés se sont concentrés sur la période du mois de juin, appelée « juin-16 ». En 2017, les créneaux ensoleillés se sont plutôt condensés sur la période de mai (« mai-17 ») et la période de juin (« juin-17 »), durant laquelle il a fait très beau (vague de chaleur au niveau national). Lors des analyses statistiques, ces trois périodes seront plus particulièrement analysées, puisque l'hypothèse de départ concerne les bénéfices de l'arbre pour les animaux en période ensoleillée.

2. La température

Concernant la température, des différences entre les périodes et les années ont été constatées (figure 20).

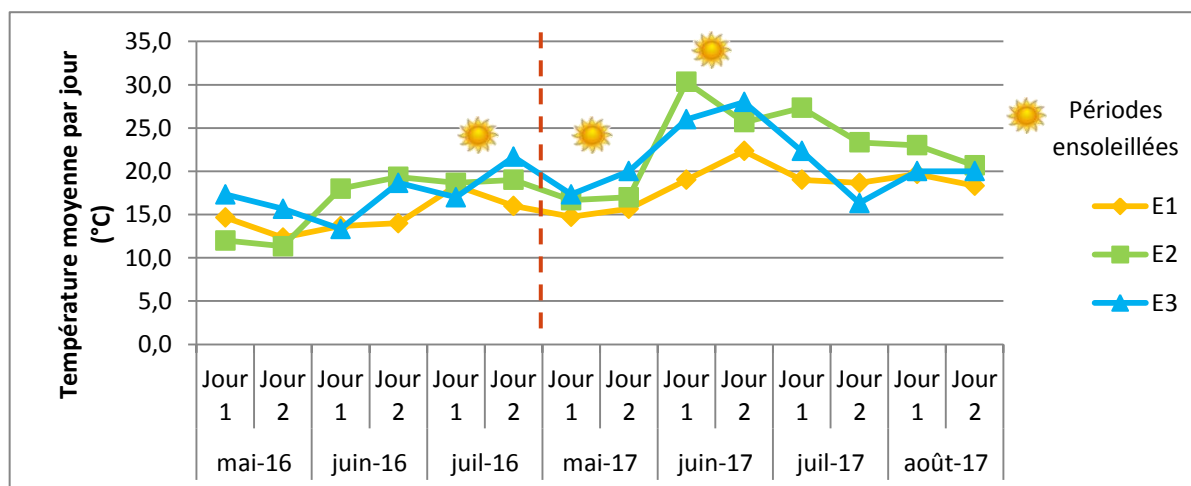


Figure 20 : Températures moyennes obtenues par exploitation (E1, E2, E3) en fonction du jour et de la période d'observation

En 2016, la moyenne par jour des températures observées a oscillé entre 11,3°C et 21,7°C, et entre 14,7°C et 30,3°C en 2017. Les températures les plus chaudes ont été observées lors de la période de juin-17, durant laquelle la température a atteint 36°C lors des créneaux du midi et du soir.

3. Description des parcelles

Pour chaque parcelle arborée et témoin utilisée par les animaux, la proportion de houppiers et d'ombre a été quantifiée de manière approximative, grâce au logiciel ArcGIS. Les parcelles témoins ayant changé au cours des essais, les résultats pour chaque parcelle ont été détaillés en fonction de la période (tableau 9).

Tableau 9 : Description des parcelles utilisées pour les observations des brebis

Exploitation	Traitement	Période	% d'ombre totale par parcelle	% d'ombre projetée	% de houppiers totaux	% houppiers venant d'un arbre d'une parcelle voisine par rapport aux houppiers totaux
E1	Arboré	Année 2016	52,2	31,0	21,2	16,0
		Année 2017				
	Témoin	Année 2016	25,8	10,8	15,0	99,5
		Année 2017				
E2	Arboré	Année 2016	45,0	27,5	17,5	35,2
		Année 2017				
	Témoin	Année 2016	29,3	18,4	10,9	78,0
		mai-17 et juin-17				
		juil-17	19,2	7,9	11,3	97,2
E3	Arboré	Année 2016	46,8	28,3	18,6	2,9
		Année 2017				
	Témoin	Année 2016	22,4	15,0	7,3	43,7
		mai-17, juin-17 et juil-17				
		août-17	0,5	0,4	0,1	100,0

L'ombre totale par parcelle représente la somme de l'ombre projetée et des houppiers dans la pâture. Conformément au protocole mis en place, les prairies arborées sont plus ombragées que les prairies nues. Les parcelles arborées ont en moyenne deux fois moins d'ombre que les parcelles témoins. De plus, les prairies nues semblent avoir les houppiers essentiellement à l'extérieur de la parcelle. Ces différences sont significatives (tableau 10).

Tableau 10 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de houppiers et d'ombre par parcelle utilisée (n =24, test de Mann – Whitney)

	Moyenne		p-value
	Arboré	Témoin	
Ombre dans la parcelle (%)	48,0 (\pm 3,2)	22,4 (\pm 7,6)	***
Ombre projetée dans la parcelle (%)	28,9 (\pm 1,6)	12,0 (\pm 4,9)	***
Houppiers totaux (%)	19,1 (\pm 1,6)	10,4 (\pm 4,5)	***
Houppiers venant d'un arbre extérieur à la parcelle par rapport aux houppiers totaux (%)	18,0 (\pm 13,9)	81,8 (\pm 24,4)	***

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

Il y a donc significativement plus d'ombre et plus de houppiers dans les prairies arborées que dans les prairies nues. Il y a en moyenne 25% d'ombre de plus dans les prairies arborées, et 9% de houppiers supplémentaires. Les arbres en parcelle témoin se situent essentiellement dans les pâtures voisines, et ont leurs houppiers qui empiètent dans les parcelles observées. Ceci justifie le choix de ces pâtures comme parcelle témoin. L'ombre vient donc essentiellement des arbres se situant à l'extérieur de la parcelle. En revanche, seulement 18% des houppiers proviennent d'arbres de pâtures voisines dans les parcelles arborées.

II. Répartition spatiale des animaux dans la parcelle

1. Comment se positionnent les brebis par rapport aux arbres dans la parcelle ?

a. Où se situent les brebis par rapport aux arbres en périodes ensoleillées ?

Le traitement (arboré ou témoin) a un impact sur le positionnement des brebis dans la parcelle (tableau 11). L'analyse s'est portée sur les résultats obtenus en conservant les scans totaux mais également en se concentrant sur les trois périodes les plus ensoleillées.

Tableau 11 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé sous les houppiers, en zone nue et en bergerie pendant l'ensemble des périodes et sur les trois périodes les plus ensoleillées (n=180, ANOVA à mesures répétées)

	Moyenne		Traitement		Période		Interaction Traitement * Période	
	Arboré	Témoin	p-value	F	p-value	F	p-value	F
Sur toutes les périodes confondues								
Temps passé sous houppiers (%)	47,6 (\pm 17,6)	27,6 (\pm 19,2)	***	128,8	***	16,4	***	9,6
Temps passé en zone nue (%)	49,7 (\pm 18,1)	66,9 (\pm 18,3)	***	117,8	***	27,0	***	5,9
Temps passé en bergerie (%)	2,7 (\pm 7,7)	5,7 (\pm 11,3)	**	9,9	***	26,3	***	8,4
Sur périodes les plus ensoleillées								
Temps passé sous houppiers (%)	52,9 (\pm 17,1)	34,0 (\pm 18,6)	***	92,2	**	9,1	NS	1,0
Temps passé en zone nue (%)	45,1 (\pm 17,6)	60,4 (\pm 14,8)	***	82,8	***	16,7	NS	2,0
Temps passé en bergerie (%)	2,0 (\pm 6,1)	5,6 (\pm 10,0)	***	12,2	**	9,6	NS	1,4

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

Le temps passé, par les brebis du lot arboré, sous les houppiers est supérieur par rapport à celles en parcelle témoin (53% contre 34% en périodes ensoleillées). Ces dernières passent plus de temps en zone nue et en bergerie. Les mêmes tendances sont observées entre les résultats obtenus sur les scans totaux et sur les scans réalisés en périodes ensoleillées. En parcelle arborée, les brebis passent deux fois moins de temps en bergerie que les brebis que celles en parcelle nue. Ce résultat est à relativiser car les animaux n'avaient pas tous accès à la bergerie. La répartition du temps passé sous les houppiers ou en zone nue durant les trois périodes les plus ensoleillées est présentée en figure 21.

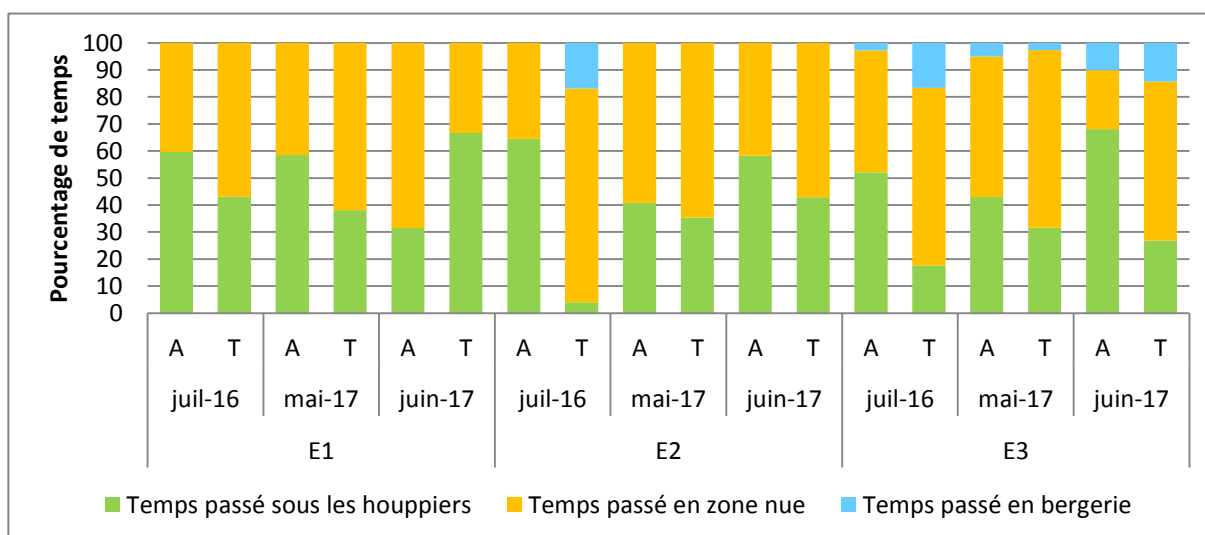


Figure 21 : Répartition du temps moyen (%) passé sous les houpriers, en zone nue ou en bergerie sur les trois périodes les plus ensoleillées en fonction du traitement (A/T), de la période et de l'exploitation (E1/E2/E3)

Le temps passé sous les houpriers semble plus important pour les brebis sur prairie arborée excepté durant la période juin-17 où dans une exploitation le temps passé sous les houpriers en parcelle témoin est supérieur. Le temps passé en bergerie chez E3 est présent sur toutes les périodes car c'est la seule exploitation où les brebis avaient accès aux bâtiments tout le temps. Dans les parcelles arborées, le temps moyen passé sous les houpriers est de 59% en juillet 2016, de 47% en mai 2017 et de 52% en juin 2017. Dans les parcelles témoins, il oscille entre 21% en juillet 2016, 35% en mai 2017 et 45% en juin 2017. Ce dernier temps moyen est certainement très élevé dû aux conditions météorologiques de cette période.

b. Le fait d'être positionné sous les arbres est-il uniquement aléatoire ?

Pour répondre à cette question, le temps passé sous les houpriers a été comparé au pourcentage de houpriers dans la parcelle pour toutes les périodes de 2017. Ainsi, une corrélation entre les deux facteurs a pu être réalisée (figure 22).

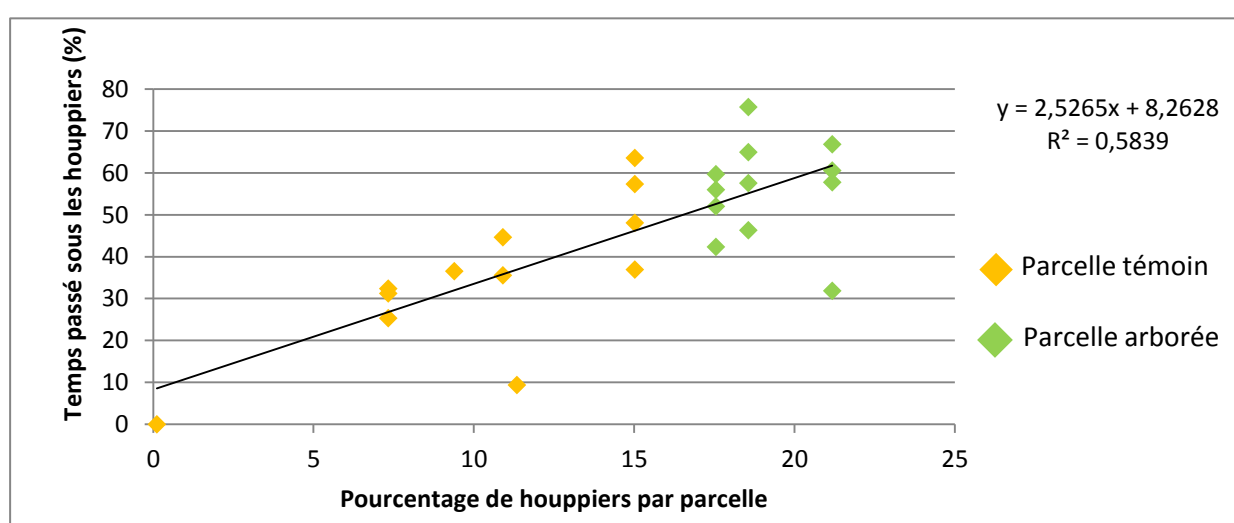


Figure 22 : Corrélation entre le temps moyen (%) passé sous les houpriers en fonction de la surface de la parcelle couverte par les houpriers en 2017 (corrélation de Pearson, p-value < 0,05)

Le temps moyen passé sous les houppiers est bien corrélé à la surface couverte par les houppiers. Plus il y a d'arbres dans une parcelle, plus les brebis passent de temps sous les arbres. En fonction de chaque parcelle, plusieurs pourcentages de temps ont été observés, correspondant aux différentes périodes d'observation de 2017. Par exemple pour la parcelle arborée de l'exploitation E1, les houppiers représentaient 21% de la parcelle, mais les temps passés dessous ont oscillé de 58% en mai 2017, de 32% en juin 2017, de 67% en juillet 2017 et de 61% en août 2017.

Aucune différence significative entre les périodes et les exploitations exceptée lors des périodes ensoleillées n'est mise en avant (figure 23). Il est supposé que si la répartition se fait de manière aléatoire, le pourcentage de temps moyen passé sous les houppiers est égal au pourcentage de houppiers couvert par parcelle.

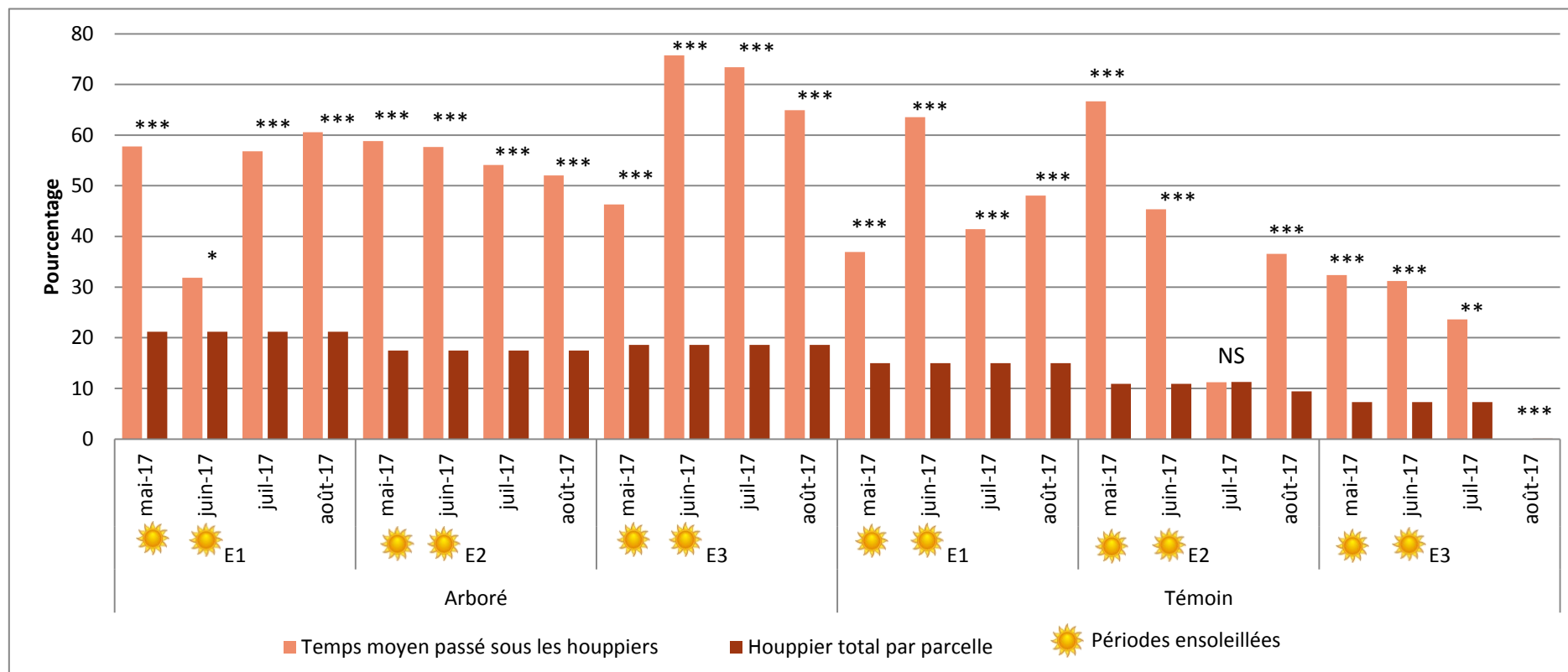


Figure 23 : Temps moyen passé sous les houppiers (%) lors des scans ensoleillés de 2017 par rapport au pourcentage de houppiers total par parcelle en fonction de la période, de l'exploitation (E1/E2/E3) et du traitement (comparaison d'une moyenne à une référence : test de Student)

Le temps passé sous les houppiers est bien corrélé avec le pourcentage de houppiers dans la parcelle. La répartition des brebis dans les parcelles n'est pas liée au hasard. Elles recherchent activement à se mettre en dessous des arbres. Par exemple, en prairie nue dans l'exploitation E1, les brebis ont passé en moyenne quatre fois plus de temps sous les arbres par rapport à la surface de houppiers disponible. Les brebis passent en moyenne trois fois plus de temps sous les arbres par rapport au pourcentage de houppiers dans la parcelle.

2. Comment se positionnent les brebis par rapport à l'ombre et au soleil ?

a. Où se situent les brebis par rapport à l'ombre en période ensoleillée ?

Durant les périodes ensoleillées, le temps passé à l'ombre et au soleil est significativement différent entre les traitements (tableau 12).

Tableau 12 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé à l'ombre, au soleil ou sous d'autres ombres qu'un houppier en période ensoleillée (n=180, ANOVA à mesures répétées)

	Moyenne		Traitement		Période		Interaction Traitement * Période	
	Arboré	Témoin	p-value	F	p-value	F	p-value	F
Temps passé à l'ombre (%)	43,3 (\pm 21,7)	35,1 (\pm 28,0)	***	20,6	***	74,5	NS	1,0
Temps passé au soleil (%)	16,6 (\pm 11,2)	27,9 (\pm 19,0)	***	79,1	NS	3,6	†	2,8
Temps passé sous autres ombres (%)	7,5 (\pm 15,6)	7,0 (\pm 11,7)	NS	0,1	***	38,8	**	9,3

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

Le temps passé à l'ombre par les brebis est plus important en parcelle arborée, que dans celle témoin. Inversement, les brebis en prairie nue passent plus de temps au soleil qu'en parcelle arborée. Les brebis en parcelle arborée passent 9% de temps supplémentaire à l'ombre. Les brebis en parcelle témoin passent ces 9% de temps au soleil. En fonction des périodes, la répartition du temps passé à l'ombre semble être modifiée (figure 24).

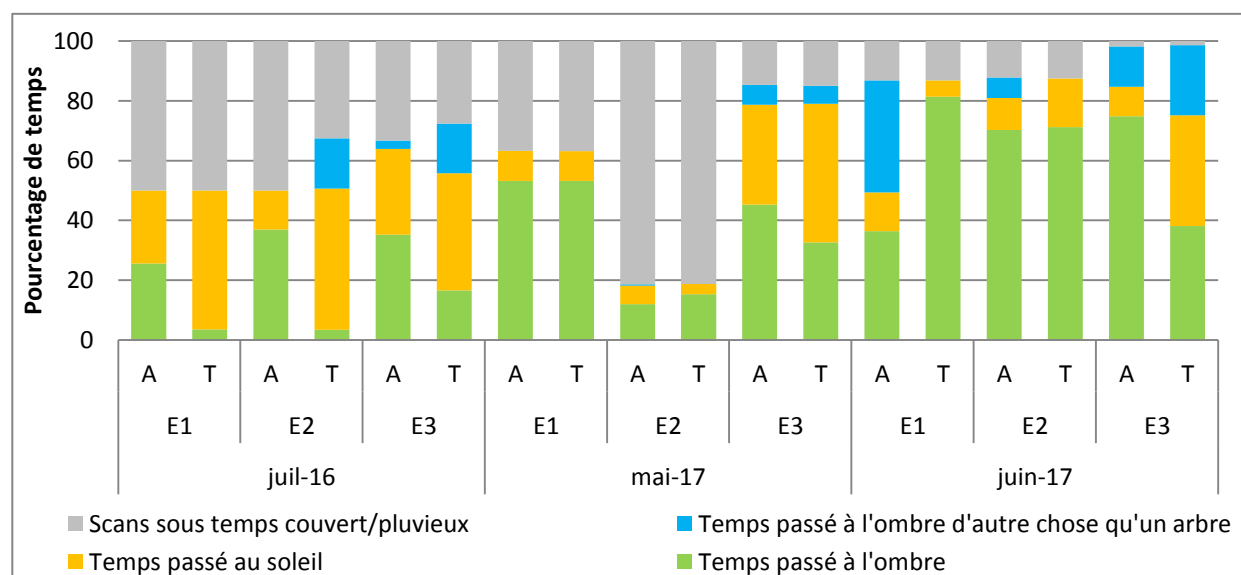


Figure 24 : Répartition du temps moyen (%) passé à l'ombre et au soleil sur les trois périodes les plus ensoleillées en fonction du traitement (A/T), de l'exploitation (E1/E2/E3) et de la période

Le temps passé à l'ombre est plus important sur la période de juin 2017 où il a fait très chaud. Entre les exploitations, les mêmes tendances ont été observées pour les brebis en parcelle témoin et les brebis en parcelle arborée. Les brebis passent donc plus de temps à l'ombre en parcelle arborée, qu'en parcelle témoin. Dans les parcelles arborées, le temps moyen passé à l'ombre s'est élevé à 32% en juillet 2016, à 36% en mai 2017 et à 61% en juin 2017. Concernant les parcelles témoins, le temps moyen passé à l'ombre a représenté 8% en mai 2016, 33% en mai 2017 et 64% en juin 2017. Les fortes chaleurs ont donc incitées les brebis à aller à l'ombre, même si celle-ci était peu présente.

b. Le fait d'être positionné à l'ombre est-il uniquement aléatoire ?

Pour comparer le temps passé à l'ombre par les brebis et le pourcentage d'ombre par parcelle, une corrélation a été calculée (figure 25). Pour réaliser cette corrélation, seuls les scans de 2017 ont été conservés car la notation de l'ombre a été plus précise qu'en 2016.

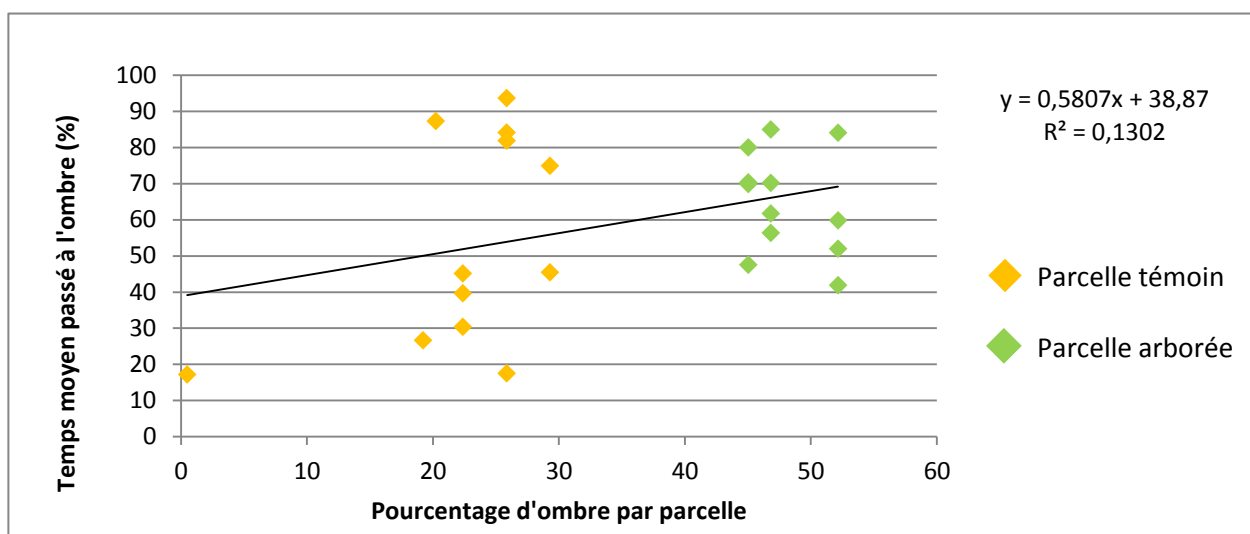


Figure 25 : Corrélation entre le temps moyen (%) passé à l'ombre en fonction de l'ombre totale par parcelle en 2017 (corrélation de Pearson, p-value > 0,05)

La corrélation entre le temps moyen passé à l'ombre et l'ombre totale par parcelle n'est pas significative. Le temps passé à l'ombre ne dépend donc pas de l'ombre totale de la parcelle. Pour chaque pourcentage de houppiers par parcelle, plusieurs pourcentages de temps passé à l'ombre sont indiqués, ceci correspondant aux différentes périodes. Par exemple, dans l'exploitation E1, le pourcentage d'ombre de la parcelle était de 52% et les brebis ont passé 84% de leur temps à l'ombre en mai 2017, 42% en juin 2017, 57% en juillet 2017 et 60% en août 2017.

Pour comprendre le comportement des brebis face à la présence ou non d'arbres, les différences de temps passé à l'ombre et d'ombre totale par parcelle en fonction de chaque traitement et chaque période ont été mises en avant (figure 26). Il est supposé que si la répartition se fait de manière aléatoire, le pourcentage de temps moyen passé à l'ombre est égal au pourcentage de surface couverte par l'ombre par parcelle.

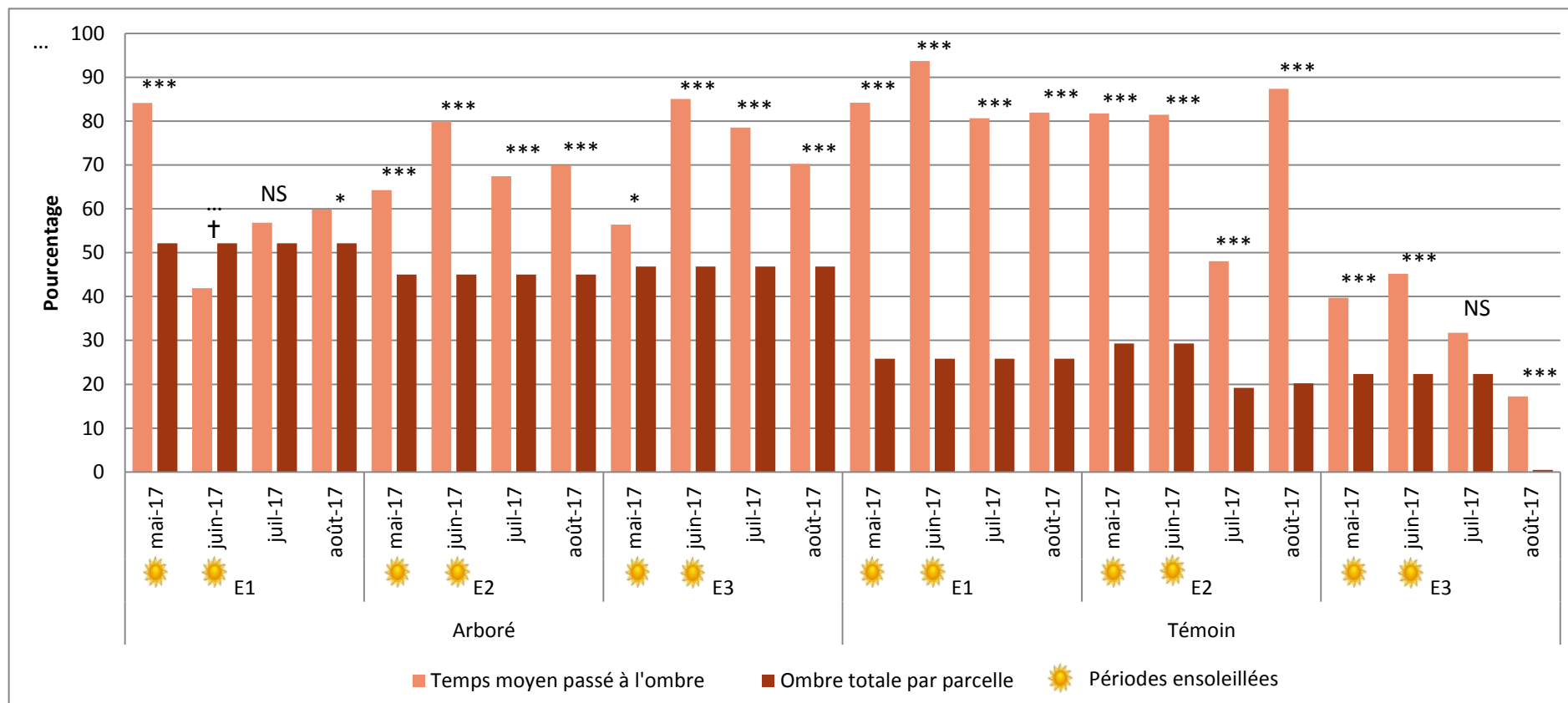


Figure 26 : Temps moyen passé à l'ombre (%) lors des scans ensoleillés de 2017 par rapport à l'ombre totale par parcelle (%) en fonction de la période, de l'exploitation (E1/E2/E3) et du traitement (comparaison d'une moyenne à une référence : test de Student)

En parcelle témoin, le pourcentage d'ombre par parcelle est plus faible qu'en prairie arborée. En proportion, les brebis en parcelle témoin passent plus de temps à l'ombre que celle-ci est disponible sur la parcelle. Elles recherchent activement l'ombre. Par exemple, en prairie nue chez E1, les brebis ont passé en moyenne trois fois plus de temps à l'ombre par rapport à l'ombre disponible. En parcelle témoin sur l'exploitation E3 en août 2017, l'ombre des arbres était très peu disponible, mais les brebis se mettaient à l'ombre d'un bâtiment présent dans la parcelle (10% de leur temps total). En moyenne les brebis en parcelle témoin ont passé quatre fois plus de temps à l'ombre par rapport à l'ombre disponible dans la parcelle, contre trois fois plus en parcelle arborée.

- En parcelle arborée, les brebis passent plus de temps sous les arbres et à l'ombre que les brebis en parcelle témoin.
- Les brebis en parcelle témoin recherchent l'ombre sous les arbres, même si ces derniers sont peu présents.
- Plus il y a de houppiers dans les parcelles, plus le temps passé sous les arbres est important.

La répartition des brebis ne se fait donc pas de manière aléatoire dans les parcelles. Elle dépend de la présence des arbres. L'hypothèse 1 est vérifiée.

III. La répartition temporelle des activités des brebis

1. Que font-les brebis ?

Les activités des brebis ne semblent pas impactées par la présence d'arbres (tableau 13).

Tableau 13 : Pourcentage moyen de temps passé (± écart-type) pour chaque activité (n=180, ANOVA à mesures répétées)

	Moyenne		Traitement		Période		Interaction Traitement * Période	
	Arboré	Témoin	p-value	F	p-value	F	p-value	F
Temps passé couché (%)	38,5 (± 19,1)	36,9 (± 17,9)	NS	0,8	***	80,0	***	24,6
Temps passé au repos (%)	25,4 (± 16,1)	28,8 (± 19,0)	*	3,9	***	76,0	***	4,8
Temps passé à ruminer (%)	19,6 (± 8,2)	19,0 (± 7,2)	NS	0,7	*	8,1	***	8,1
Temps passé à manger (%)	49,6 (± 16,5)	46,3 (± 18,3)	*	3,7	***	48,4	***	16,7
Temps passé à se déplacer (%)	2,9 (± 2,4)	3,4 (± 2,6)	**	10,3	***	48,8	***	4,7

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

Sur les scans totaux, le temps consacré à ruminer par les brebis en parcelle témoin et en parcelle arborée n'est pas significativement différent et représente environ 19% de leur temps. Les brebis en prairie nue se reposent davantage sous les arbres, alors que les brebis en parcelle arborée préfèrent manger (3% de décalage entre les traitements). Au niveau des déplacements, les brebis se déplacent plus en parcelle témoin qu'en prairie arborée. La posture de l'animal (debout/couché) ne dépend pas de la parcelle dans laquelle il se trouve (figure 27).

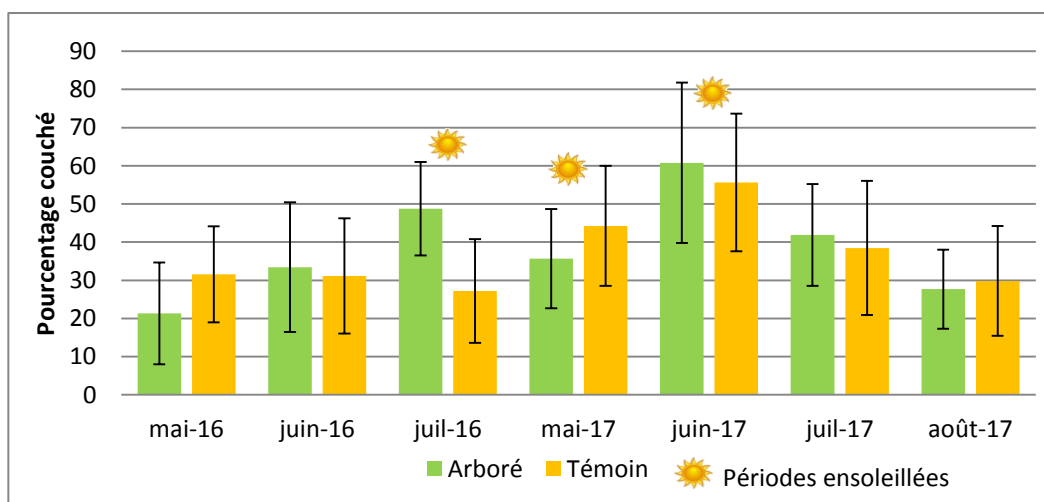


Figure 27 : Temps moyen (\pm écart-type) passé couché par traitement en fonction de la période, toutes exploitations confondues

La position « couchée » semble être plus présente en cas de fortes chaleurs comme le montre la figure 28 en période de juin-17. Aucune différence significative n'est observée entre les traitements. Les brebis ne passent donc pas plus de temps couché lorsque la présence des arbres est importante.

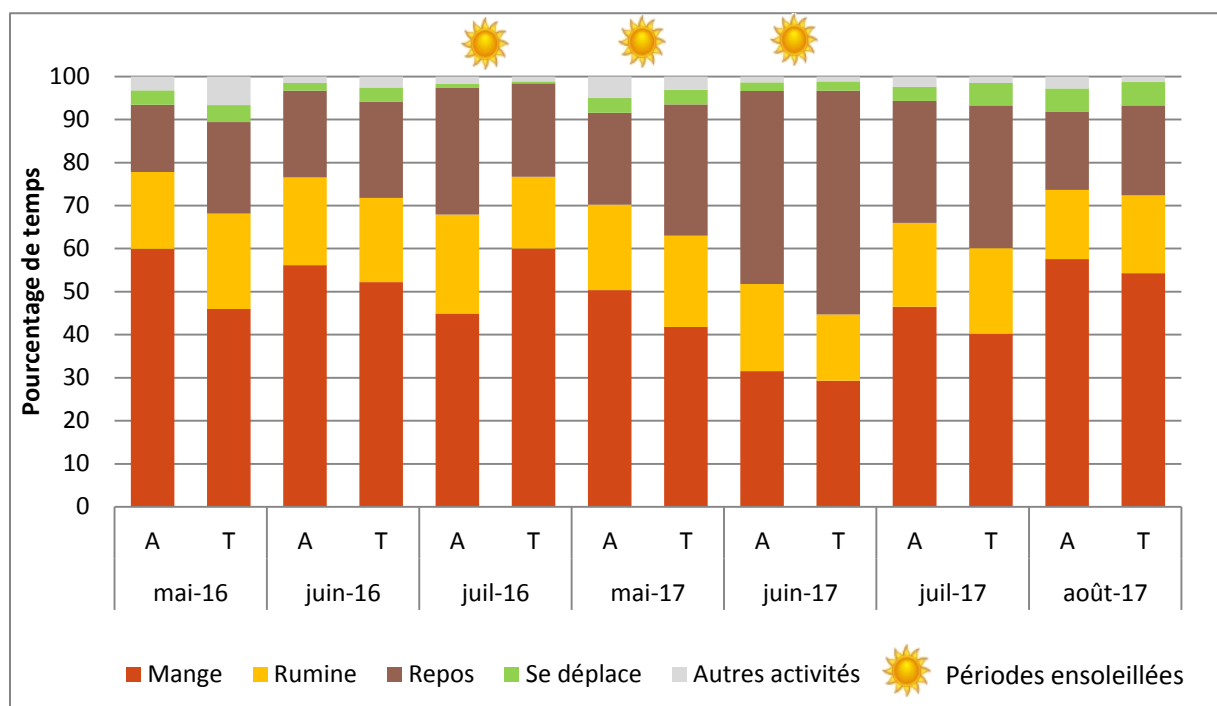


Figure 28 : Répartition du temps moyen (%) consacré à chaque activité en fonction du traitement (A/T) et de la période, toutes exploitations confondues

Les fortes chaleurs ont tendance à impacter le budget temps consacré à chaque activité (juin-17). Les brebis semblent donc passer plus de temps à se reposer qu'à manger en périodes ensoleillées. En juin 2017, les brebis ont passé 48% à se reposer, 18% à ruminer et 30% à manger, alors que pour toutes les périodes confondues les brebis ont consacré 27% de leur temps au repos, 19% à ruminer et 48% à manger.

2. Que font les brebis lorsqu'elles sont sous les arbres ?

Pour connaître les activités des brebis sous les arbres, les scans où les animaux étaient sous les arbres ont été sélectionnés. Pour être conservées dans l'analyse, les brebis devaient avoir passé plus d'un quart de leur temps par période sous les arbres. Pour savoir quelles activités ont été réalisées sous les arbres, les brebis des deux traitements ont été confondues dans les analyses (figure 29). La quantité d'arbres ici est donc négligée.

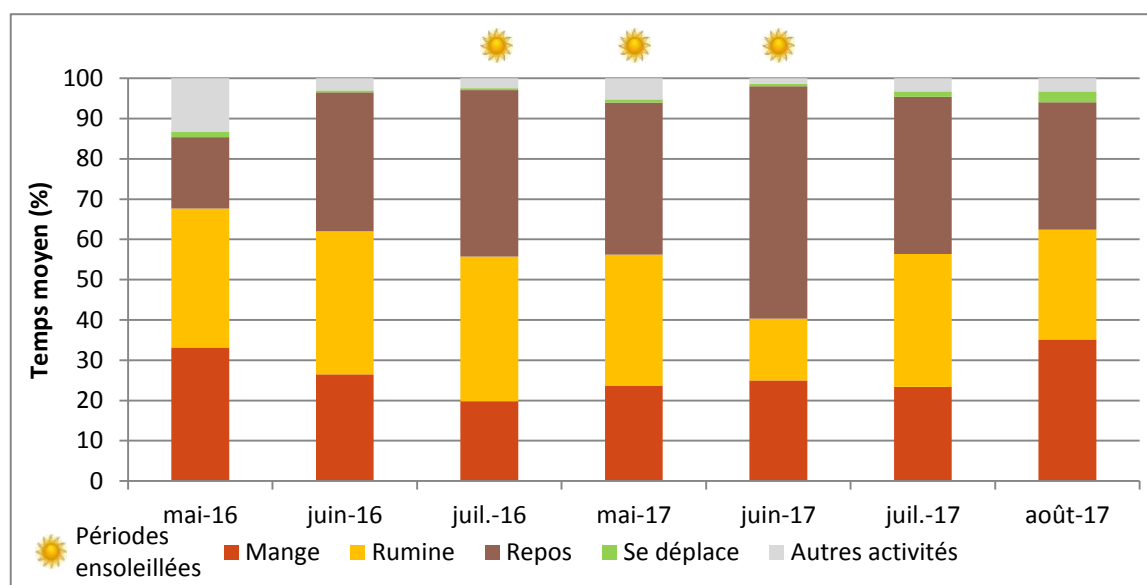


Figure 29 : Répartition du temps moyen (%) consacré à chaque activité sous les houppiers en fonction de la période, toutes exploitations et traitements confondus

Les brebis ont tendance à plus consacrer leur temps sous les arbres à ruminer et à se reposer essentiellement. En effet, la proportion de temps consacrée à ces deux activités semble être plus importante que celle passée à manger et à se déplacer. Lors de la période juin 2017, les brebis ont passé 72% de leur temps à ruminer et à se reposer alors qu'en moyenne sur toutes les périodes, ce temps représente 34%. Pour répondre à la question « les brebis réalisent-elles les mêmes activités sous les arbres selon les traitements ? », une comparaison entre les activités sous les arbres sur prairie arborée et sur prairie nue a été réalisée (tableau 14).

Tableau 14 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé pour chaque activité sous les arbres (n= 163, ANOVA à mesures répétées)

	Moyenne		Traitement		Période		Interaction Traitement * Période	
	Arboré	Témoin	p-value	F	p-value	F	p-value	F
Temps passé couché (%)	29,5 ($\pm 16,0$)	23,5 ($\pm 13,0$)	***	18,0	***	46,2	NS	1,6
Temps passé au repos (%)	34,4 ($\pm 20,2$)	44,9 ($\pm 21,2$)	***	28,9	***	5,4	***	48,2
Temps passé à ruminer (%)	27,6 ($\pm 13,2$)	33,2 ($\pm 17,3$)	***	17,8	***	21,9	**	4,0
Temps passé à manger (%)	33,6 ($\pm 19,3$)	15,1 ($\pm 15,9$)	***	90,4	***	19,4	**	4,1
Temps passé à se déplacer (%)	1,1 ($\pm 1,6$)	1,2 ($\pm 2,2$)	NS	0,4	***	14,8	NS	1,5

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

La présence d'arbres impacte la répartition des activités des brebis. En effet, en parcelle arborée, les brebis passent plus de temps couché (30% contre 24% pour le lot témoin) et multiplient par deux leur temps d'alimentation. Les brebis en parcelle témoin, quant à elles, utilisent les houppiers des arbres pour se reposer (45% contre 34% pour le lot arboré) et ruminer (33% contre 28% pour le lot arboré). En parcelle arborée, les brebis se servent des arbres pour réaliser l'ensemble des activités.

3. Que font-les brebis lorsqu'elles sont à l'ombre ?

Pour connaître les activités des brebis à l'ombre, une démarche similaire à celle de l'activité des brebis sous les arbres a été suivie. Seules les brebis ayant passées plus d'un quart de leur temps par période à l'ombre ont été sélectionnées. La répartition des activités des brebis à l'ombre sans prendre en compte l'effet traitement, ni l'effet exploitation a donc été observée (figure 30).

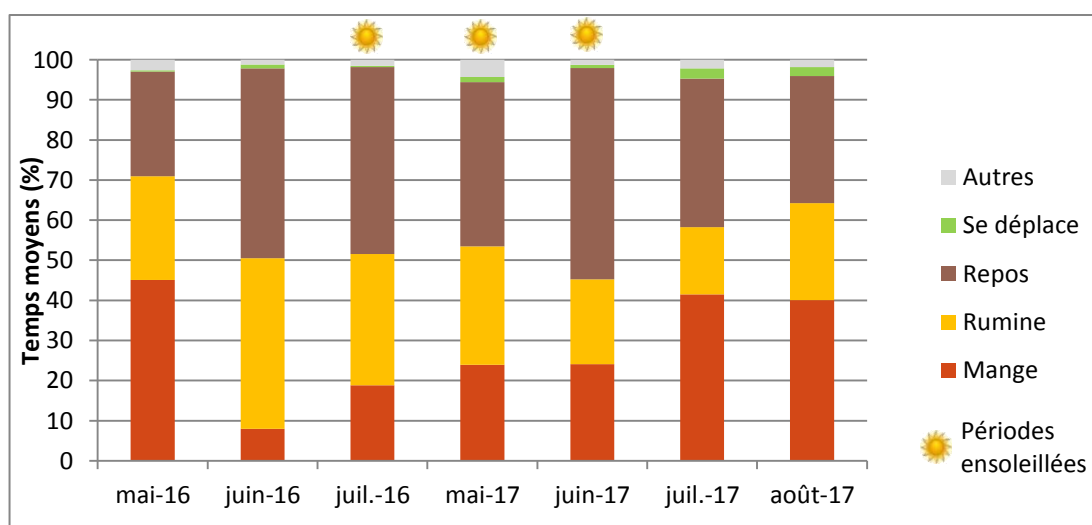


Figure 30 : Répartition du temps moyen (%) consacré à chaque activité à l'ombre en fonction de la période, toutes exploitations et traitements confondus

A l'ombre, les brebis ont tendance à consacrer plus de temps à se reposer et à ruminer mais ces proportions semblent dépendre de la période. En effet, en période mai-16, le temps consacré à manger a été plus important qu'en juin-16. Lors de la période la plus chaude (juin-17), les brebis ont passé 73% de leur temps à se reposer et à ruminer contre une moyenne de 30% toutes périodes confondues. En revanche, les brebis ont passé moins de temps à manger. Pour répondre à la question, « les brebis réalisent-elles les mêmes activités à l'ombre en parcelle témoin et arborée », une comparaison de la répartition des activités par traitement a été effectuée par traitement (tableaux 15 et 16).

Tableau 15 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé pour la posture couchée à l'ombre (n= 131, ANOVA à mesures répétées)

	Moyenne		Traitement		Période		Interaction Traitement * Période	
	Arboré	Témoin	p-value	F	p-value	F	p-value	F
Temps passé couché (%)	59,9 (\pm 20,7)	62,8 (\pm 19,2)	NS	1,7	***	24,3	*	3,1

Tableau 16 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé pour chaque activité à l'ombre (n= 131, ANOVA à mesures répétées)

	Moyenne		Traitement		Période		Interaction Traitement * Période	
	Arboré	Témoin	p-value	F	p-value	F	p-value	F
Temps passé au repos (%)	39,7 (\pm 19,3)	50,0 (\pm 21,9)	***	17,7	***	32,0	NS	1,3
Temps passé à ruminer (%)	24,2 (\pm 13,2)	21,4 (\pm 16,8)	NS	2,3	NS	1,3	NS	0,6
Temps passé à manger (%)	32,4 (\pm 20,2)	25,6 (\pm 17,4)	***	10,6	***	22,7	NS	1,0
Temps passé à se déplacer (%)	1,1 (\pm 1,4)	1,7 (\pm 2,4)	***	8,6	***	13,8	**	4,0

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

En parcelle témoin, les brebis utilisent davantage l'ombre pour se reposer qu'en parcelle arborée (50% et 40% respectivement). Les brebis en parcelle arborée se servent plus de l'ombre pour manger (8% de différence entre le lot arboré et le lot témoin). En parcelle arborée, les brebis se servent de l'ombre pour réaliser l'ensemble de leurs activités d'une journée.

- Globalement, le temps consacré à chaque activité n'est pas impacté par la présence d'arbres.
- Lorsque les brebis sont sous les arbres ou à l'ombre, elles consacrent leur temps à ruminer et à se reposer en parcelle témoin contrairement aux brebis en parcelle arborée qui utilisent les arbres pour faire toutes les activités. Ainsi, les brebis en parcelle témoin passent plus de temps couchées à l'ombre qu'en parcelle arborée.

La répartition temporelle des activités des brebis peut être modifiée par la présence d'arbres. L'hypothèse 2 est vérifiée.

IV. Le bien-être des animaux

1. La présence d'arbres a-t-elle un impact sur le nombre d'insectes présents ?

Une des hypothèses émises dans le cadre du projet PARASOL est que les arbres attireraient les insectes, ce qui pourrait avoir un impact négatif sur le bien-être des ovins. Il a été supposé que les mouvements du corps des animaux étaient dus à la présence des insectes. La présence d'arbres n'impacte donc pas le nombre de mouvements du corps des brebis (tableau 17).

Tableau 17 : Nombre moyen (\pm écart-type) de mouvements du corps réalisés par les brebis (n=180, ANOVA à mesures répétées)

	Nombre moyen par minute		Traitement		Période		Interaction Traitement * Période	
	Arboré	Témoin	p-value	F	p-value	F	p-value	F
Mouvements du corps (2016-2017)	2,9 (\pm 4,1)	3,0 (\pm 4,7)	NS	0,6	***	159,8	***	4,1
Mouvements du corps 2016	0,8 (\pm 1,3)	0,5 (\pm 1,1)	***	11,7	***	30,2	***	14,0
Mouvements du corps 2017	4,5 (\pm 4,7)	5,0 (\pm 5,3)	NS	1,2	***	30,7	**	4,3
Mouvements du corps (3 périodes les plus ensoleillées)	3,2 (\pm 4,4)	3,5 (\pm 4,9)	NS	0,3	***	87,2	†	2,7

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

La moyenne des mouvements du corps n'est pas plus importante en lot arboré qu'en lot témoin exceptée sur l'année 2016, où le nombre de mouvements était plus important en arboré (0,75 mouvements/min) qu'en témoin (0,5 mouvements/min). Pour chaque période et chaque exploitation, une analyse descriptive a été réalisée (figure 31).

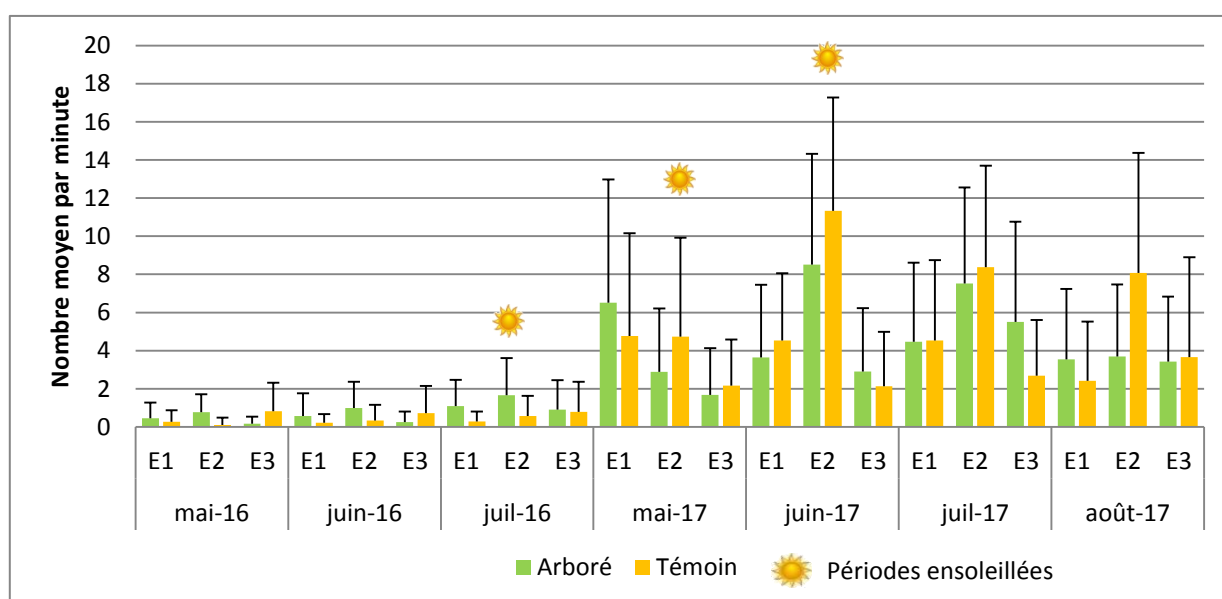


Figure 31 : Nombre moyen (\pm écart-type) de mouvements du corps par traitement en fonction de l'exploitation (E1/E2/E3) et de la période

La différence entre les périodes s'observe essentiellement entre les années, où le nombre de mouvements du corps observé a été beaucoup moins important en 2016, qu'en 2017. Le nombre moyen en 2016 s'est élevé à 0,6 mouvements/minute contre 4,7 mouvements/minute en 2017.

Pour répondre à la question « Les brebis réalisent-elles plus de mouvements du corps lorsqu'elles sont sous les arbres ? », la position des brebis par rapport aux arbres lors du test de réactivité aux insectes a été analysée (tableau 18).

Tableau 18 : Nombre moyen (\pm écart-type) de mouvements du corps sous les arbres ou en zone nue, toutes périodes, exploitations et traitements confondus (n = 180, test de Wilcoxon apparié)

	Sous les arbres	En zone nue ou en bergerie	p-value
Mouvements du corps (par minute)	3,4 (\pm 1,1)	2,7 (\pm 1,9)	***

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

Le nombre de mouvements du corps des brebis positionnées sous les arbres est plus important que lorsqu'elles sont en zone nue ou en bergerie. En supposant les mouvements du corps étaient liés à la présence d'insectes, ces derniers sont plus présents en dessous des arbres. Une gêne peut donc être occasionnée pour les animaux.

2. La présence d'arbres a-t-elle un impact sur la propreté de l'animal ?

Pour évaluer la propreté de l'animal, deux parties de l'animal ont été sélectionnées dans cette étude : la propreté des flancs et la propreté de l'arrière train. Les brebis ne semblent pas être plus sales selon les traitements arborés et témoins à part pour la propreté des flancs (tableau 19).

Tableau 19 : Nombre de brebis sales par traitement (n=90, test du khi-2)

	Arboré	Témoin	p-value
Flancs sales	3	16	**
Arrière train sale	52	40	NS

p-value > 0,1 : NS ; p-value < 0,1 : † ; p-value < 0,05 : * ; p-value < 0,01 : ** ; p-value < 0,001 : ***

Les brebis en parcelle témoin sont plus sales au niveau des flancs qu'en prairie arborée. Au niveau de l'arrière-train, aucune différence significative ne ressort. Un effet exploitation semble être observé pour la propreté de l'animal (figure 32).

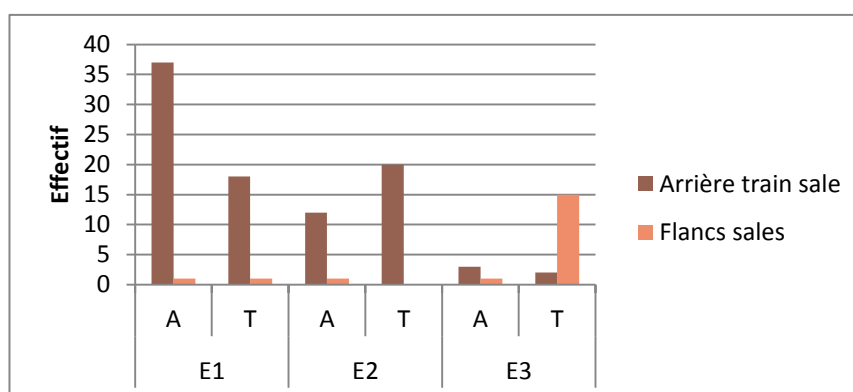


Figure 32 : Nombre total de brebis sales obtenu par traitement en fonction de l'exploitation (E1/E2/E3), toutes périodes confondues

L'exploitation E3 a plus de brebis sales au niveau des flancs que les autres exploitations. Les exploitations E1 et E2 ont plus de brebis ayant les arrières trains sales que l'exploitation E3. Aucune différence significative entre les traitements n'est observée.

3. La présence d'arbres a-t-elle un impact sur les boiteries ?

Concernant les boiteries, treize brebis ont été évaluées boiteuses en parcelle arborée contre vingt-six en parcelle témoin. Le test du khi-2 s'est révélé significatif pour les boiteries (p-value < 0,05). Les

brebis en parcelle témoin boitent donc plus qu'en parcelle arborée, mais un effet exploitation semble impacter les résultats (figure 33).

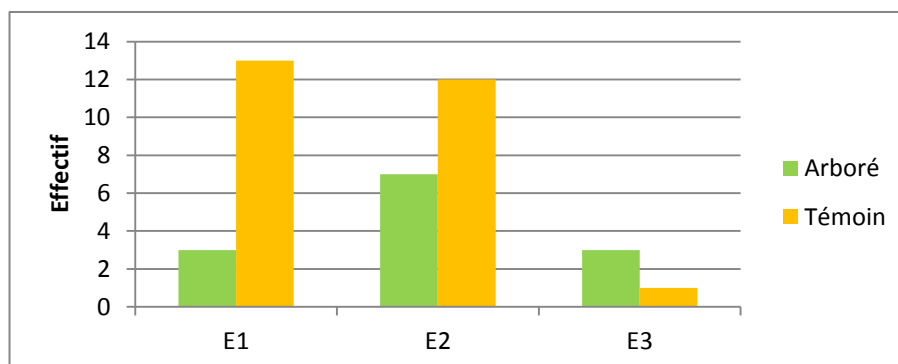


Figure 33 : Nombre total de brebis boiteuses (note = 1 ou 2) par traitement et par exploitation toutes périodes confondues (effet traitement khi² = 0,04)

Un effet exploitation est observé au niveau des boiteries, puisqu'en parcelle témoin, le nombre de brebis boiteuses est plus important dans les exploitations E1 et E2 que dans l'exploitation E3.

4. La présence d'arbres a-t-elle un impact sur l'état de santé de l'animal ?

Les blessures des animaux ont été observées une fois par période. En parcelle arborée, le nombre total de brebis blessées s'est élevé à 4, toutes périodes confondues, alors qu'en parcelle témoin, il s'est élevé à 7. Le nombre de blessures observé étant très faible (>5 par traitement), aucun test statistique n'a pu être réalisé. Ainsi, aucune différence significative n'a pu être mise en valeur entre les traitements.

De même, les problèmes respiratoires ont été évalués et notés suivant si l'animal tousse ou non. Sur toutes les périodes, 9 brebis toussant ont été observées en parcelle témoin, contre 4 en parcelle arborée. Aucun test statistique n'a pu être réalisé au vue des faibles effectifs et aucune différence entre les traitements n'a pu être mise en valeur.

5. La présence d'arbres a-t-elle un impact sur la réactivité à l'homme ?

Durant la tonte ou le marquage, la réactivité à la manipulation a pu être évaluée de 0 à 1, la note 0 correspondant à une brebis facile à manipuler et la note 1 à une brebis ne se laissant pas saisir (tableau 20).

Tableau 20 : Nombre total de brebis obtenu pour chaque note du test de la réactivité à la manipulation en fonction du traitement et de l'exploitation

Exploitation	Traitements	Réactivité à la manipulation	
		Note = 0	Note = 1
E1	Arboré	0	15
	Témoin	0	15
E2	Arboré	12	3
	Témoin	13	2
E3	Arboré	15	0
	Témoin	15	0

Les résultats obtenus ne mettent pas en avant de différences entre les brebis dans les parcelles arborées ou témoins. En revanche, une différence importante entre les exploitations est mise en avant.

- Concernant le nombre de mouvements du corps réalisé par brebis, aucune différence significative n'a été observée.
- Les brebis réalisent plus de mouvements du corps lorsqu'elles sont sous les arbres.
- Concernant la bonne santé de l'animal, peu de blessures et de problèmes respiratoires ont été constatés lors des essais. Les brebis en parcelle témoin ont tendance à avoir plus de problème de boiteries qu'en parcelle arborée.
- La propreté des flancs des animaux ainsi que le test de réactivité à la manipulation semblent être fortement corrélés à la conduite de l'éleveur.

La présence d'arbres impacte l'abondance des insectes, qui peuvent occasionner une gêne pour les animaux. Les arbres ne semblent pas impacter les indicateurs de bien-être animal étudiés ici. L'hypothèse 3 est donc vérifiée pour la réactivité aux insectes mais pas pour les indicateurs de bien-être et de réactivité à l'homme.

Discussion

I. Rappel des principaux résultats

1. Retour sur les conditions d'expérimentation

Les deux années d'observation n'ont pas eu des conditions d'expérimentation similaires. En 2016, 20% des créneaux ont été ensoleillés contre 57% en 2017. L'hypothèse du projet PARASOL se faisant sur les périodes ensoleillées, les trois périodes les plus ensoleillées ont donc été sélectionnées. Ainsi, certaines analyses se sont portées sur juillet 2016, mai et juin 2017. L'année 2017 a également été marquée par des températures plus élevées qu'en 2016. Les bilans climatiques réalisés par Météo-France montrent en 2016 une alternance de fraîcheur et de chaleur estivale. Par exemple, un net rafraîchissement a été noté aux alentours du 18 juin 2016, alors qu'un pic de chaleur court a été évalué autour du 23 juin 2016. L'été 2017 a quant à lui débuté par un mois de juin très chaud, qui a persisté durant les trois premières semaines de juillet et s'est suivi par un rafraîchissement généralisé (Météo-France, 2017). L'été 2017 est placé au deuxième rang des étés les plus chauds depuis 1900, derrière celui de 2003.

Le choix des parcelles a été justifié grâce à l'analyse de la quantité d'ombre et de houppiers dans les parcelles. En effet, il a été montré que les parcelles agroforestières contenaient davantage d'ombre et de houppiers que les parcelles témoins. Ces dernières sont essentiellement constituées d'arbres provenant de parcelles voisines.

2. Retour sur les hypothèses et la bibliographie

Pour quantifier et qualifier la façon dont les animaux utilisent les arbres quand ils sont présents, trois hypothèses ont été formulées :

- Hypothèse 1 : La répartition spatiale des animaux dans la parcelle ne se fait pas de manière aléatoire. Elle dépend de la présence des arbres ;
- Hypothèse 2 : La répartition temporelle des activités des brebis peut être modifiée par la présence des arbres ;
- Hypothèse 3 : La présence d'arbres impacte le bien-être animal en termes de santé animale, de réactivité aux insectes et à l'homme.

Ainsi, le comportement des brebis au pâturage sur parcelle arborée et sur parcelle témoin a été étudié ainsi que certains paramètres de bien-être. Une grille de notation identique a été mise en place dans les différentes régions du projet, permettant d'évaluer la posture, l'activité et la position des brebis par rapport aux arbres et à l'ombre. Des conclusions ont pu être tirées à partir des résultats obtenus et comparés à la littérature présentée dans le contexte de l'étude. Cette étude a un caractère novateur car aucune autre étude scientifique n'a été réalisée avec un protocole aussi précis sur la position des animaux par rapport à l'ombre et aux arbres. De plus, aucune étude n'a jamais mesuré avec autant de précision la façon dont les animaux utilisent les arbres.

a. Impacts des arbres sur la répartition spatiale des brebis dans les pâtures

Les essais se sont déroulés sur deux années (2016-2017) et ont permis de conclure sur certains bénéfices de l'arbre sur le comportement et le bien-être des ovins. En effet, les brebis, lors de périodes ensoleillées, recherchent activement l'ombre réalisée par les arbres. Cette recherche se fait de manière indépendante à la quantité d'ombre présente dans les parcelles. En effet, cette étude a permis de dégager comme conclusion que même les brebis en parcelle témoin passaient beaucoup

de temps à l'ombre même si celle-ci était peu présente. Il a également été constaté que la quantité d'ombre pouvait jouer un rôle sur le temps passé à l'ombre, puisque les brebis en parcelle arborée passaient plus de temps à l'ombre qu'en parcelle témoin. Il est donc important pour les éleveurs d'avoir des zones d'ombre en quantité suffisante dans leur parcelle pour que les animaux puissent les utiliser. Cette conclusion est en accord avec les travaux réalisés par Audic *et al.* (1996) sur la recherche active de l'ombre par les animaux lors des périodes de fortes chaleurs.

L'étude s'est également portée sur le temps passé par les brebis sous les houppiers. Celui-ci augmente proportionnellement à la quantité de houppiers dans une parcelle. En effet, plus il y a de houppiers dans une parcelle et plus le temps passé par les brebis en dessous augmente. Dans cette étude, les brebis en parcelle arborée passent plus de temps sous les houppiers par rapport aux brebis en prairie nue. Ces dernières, ayant peu d'arbres dans leur parcelle, se servent de la bergerie pour se protéger lorsqu'elles y ont accès. Les arbres et les haies servent donc d'abris aux brebis comme indiqué par Dupraz et Liagre en 2013. D'après la réglementation (Légifrance, 2017), « il est interdit de garder en plein air des animaux des espèces bovine, ovine, caprine et des équidés lorsqu'il n'existe pas de dispositifs et d'installations destinés à éviter les souffrances qui pourraient résulter des variations climatiques ». Ainsi, les animaux doivent pouvoir se mettre à l'abri des intempéries et des périodes caniculaires. La présence d'arbres peut donc permettre de répondre à cette réglementation.

Ainsi, l'hypothèse 1 concernant la répartition des brebis en fonction de la présence ou non des arbres est validée. Les mêmes résultats ont été constatés en 2016 à l'INRA de Theix, où il a été démontré que le temps passé à l'ombre (sous les houppiers) augmentait en fonction de la densité d'arbres. Les brebis recherchaient également activement de l'ombre, même si celle-ci était en proportion restreinte (Gava, 2016).

b. Impacts des arbres sur la répartition temporelle des activités des brebis

Lors des périodes d'ensoleillement, l'étude a permis de dégager des tendances quant aux activités des brebis sous les arbres ou à l'ombre. En effet, il semblerait que les brebis en parcelle témoin ayant peu d'arbres dans leur parcelle, aient tendance à utiliser les arbres pour se reposer et ruminer. En 2016, sur le site de Theix, les activités de rumination et de repos se sont essentiellement réalisées à l'ombre pour tous les traitements confondus (Gava, 2016).

Lorsque la quantité d'arbres dans les parcelles est plus importante, les brebis se servent de l'ombre et des arbres pour effectuer toutes les activités (manger, ruminer et se reposer). La quantité d'arbres a donc un impact sur la répartition du temps consacré à chaque activité. Lors des périodes ensoleillées les animaux consacrent plus de temps aux activités de rumination et de repos. Les activités des brebis sont donc bien plus hachées en période de fortes chaleurs comme Audic *et al.* l'ont démontré en 1996. A l'inverse, dans ce rapport, le repos est davantage marqué lors des fortes périodes d'ensoleillement alors que dans l'étude d'Audic *et al.* (1996) le repos est moins marqué. Lorsqu'il fait chaud, les brebis en parcelle arborée passent 17% moins de temps à manger, alors qu'en parcelle témoin, elles y consacrent 20% de temps en moins. L'arbre semble jouer un rôle de tampon au niveau des activités puisqu'en prairie arborée, la différence de temps consacré à chaque activité est moins marquée.

L'hypothèse 2 concernant la répartition temporelle des activités selon la présence des arbres est confirmée. Le temps consacré à chaque activité est différent selon la quantité d'arbres sur la parcelle. Lorsque la présence d'arbres est importante, les brebis les utilisent pour toutes les activités alors que ce phénomène est moins marqué lorsqu'il y a moins d'arbres. En prairie témoin, lorsqu'elles sont sous les arbres, les brebis privilégient l'activité de repos et de rumination. Elles mangent donc moins à l'ombre et sous les arbres comparées aux brebis en parcelle arborée.

Les brebis semblent rechercher les houppiers plutôt que l'ombre. En effet, le rapport entre les temps moyens passés à l'ombre par rapport à la proportion d'ombre disponible dans les parcelles semble moins important que le rapport entre les temps moyens passés sous les arbres par rapport à la proportion de houppiers dans les parcelles. En effet, le rapport moyen pour toutes les parcelles concernant l'ombre est de 2, alors que le rapport moyen entre les arbres est de 3,39. Cette recherche est marquée lorsque les houppiers sont présents dans les parcelles.

c. Impacts des arbres sur le bien-être des ovins

Les brebis n'effectuent pas plus de mouvements du corps qu'elles soient en parcelle témoin ou en parcelle arborée. Elles effectuent plus de mouvements du corps lorsqu'elles sont sous les houppiers, ceci indépendamment du nombre d'arbres dans la parcelle. En considérant que les mouvements du corps de la brebis sont reliés à la présence d'insectes et à la gêne qu'ils peuvent procurer, les arbres attireraient les insectes provoquant une gêne pour les animaux. Les arbres créent donc bien un microclimat particulier qui est favorable aux auxiliaires, comme expliqué par Duru *et al.* en 2014. En 2016, la différence est significative mais le nombre de mouvements du corps des brebis était très faible et semble pouvoir être négligée. Entre 2016 et 2017, un effet année a été remarqué dans le nombre de mouvements du corps réalisés par les brebis. En 2016, très peu de mouvements ont été comptabilisés par rapport à 2017. Ceci pourrait s'expliquer par les mauvaises conditions climatiques de 2016, qui ont impacté l'abondance d'insectes (Avelin, 2017).

Concernant l'impact de la présence des arbres sur le bien-être animal, peu d'indicateurs ont montré une réelle différence entre les brebis des parcelles arborées ou témoins. Les brebis en prairie nue semblent avoir plus de problèmes de boiteries qu'en parcelle arborée. Ces dernières ont tendance à être plus sales en parcelle nue, mais un effet exploitation est visible. En effet, les animaux ont été plus sales chez E3 en période août-2017 où les brebis dormaient dehors alors que pour les autres périodes elles rentraient en bergerie. Pour se reposer, les brebis se regroupaient à un même endroit autour d'un bâtiment, ce qui rendait le sol boueux avec une concentration d'excréments importante. Les résultats obtenus suite au test de réactivité à la manipulation semblent eux aussi être corrélés à la conduite des éleveurs. Par exemple, chez E3, les brebis étaient fortement habituées à l'homme et ont pour la plupart eu des notes égales à 0. L'inverse s'est produit dans les exploitations E1 et E2.

Il est donc difficile de conclure sur la troisième hypothèse en termes de santé animale et de réactivité à l'homme. Cependant, la présence d'arbres semble impacter le bien-être animal en termes de réactivité aux insectes (mouvements du corps).

Le protocole mis en place, ainsi que l'analyse faite par la suite ont permis de conclure sur les différentes hypothèses. Cependant certains facteurs sont à prendre en compte quant à l'analyse des résultats obtenus. Une prise de recul est donc nécessaire.

II. Limites de l'étude et pistes d'amélioration

1. Limites méthodologiques

a. Contraintes liées aux exploitations : parcelles et conduite d'élevage

Les exploitations ont été sélectionnées suivant des critères bien précis en termes d'agroforesterie, de types d'arbres, des parcelles disponibles et du nombre d'animaux sur l'exploitation. La conduite d'élevage n'a pas été prise en compte dans la sélection. Les trois exploitations du secteur Nord-Ouest ont toutes une conduite différente, avec des caractéristiques spécifiques. La place qu'occupe l'activité ovine est différente suivant les exploitations. Par exemple, pour l'exploitation E1, l'atelier

ovin est présent essentiellement pour entretenir les parcelles, alors que pour l'exploitation E3, il constitue une des principales sources de revenus. Le temps consacré aux brebis est donc différent et la conduite n'est pas suivie de la même manière. Le comportement des brebis peut-être impacté par le comportement qu'a l'éleveur dans les situations quotidiennes d'élevage ou durant les interventions (Mounaix *et al.*, 2013).

Des contraintes liées aux pratiques des exploitants ont été notées. En effet, n'étant pas dans des conditions fermées sur station expérimentale et les exploitations ayant trois conduites différentes, les conditions d'expérimentation n'ont donc pas été similaires. Concernant les lots, leur taille était différente selon les exploitations et les races n'étaient pas identiques entre les lots sur parcelle arborée et sur parcelle témoin dans les exploitations E2 et E3. De plus, les brebis n'étaient pas au même stade physiologique. Dans les exploitations E1 et E2, les brebis en parcelle témoin n'avaient pas d'agneaux. Ainsi, l'impact des arbres sur l'interaction des brebis avec leurs agneaux n'a pas pu être étudié. Pour des raisons pratiques, certaines brebis avaient accès à la bergerie durant certaines périodes alors que d'autres brebis n'ont jamais eu accès. Malgré ces différences entre les exploitations, l'effet traitement est net dans cette étude, les brebis recherchent l'ombre en période ensoleillée.

Au niveau des parcelles, entre les périodes, les parcelles témoins ont été modifiées dans l'exploitation E2. Les brebis ont changé de parcelles pour les périodes de juillet et août 2017. De plus la parcelle arborée a été réduite en août 2017 avec l'installation au milieu de poulaillers mobiles. Au sein de l'exploitation E1, les brebis ne restaient pas tout le temps sur la parcelle témoin comme demandé lors de la mise en place du protocole.

Etant dans une étude terrain, ces effets races, lots et parcelles liés à la conduite d'élevage des animaux ont été négligés pour l'analyse réalisée dans ce rapport, mais devraient être reconsidérés pour une analyse plus aboutie ou pour de futurs essais. Pour d'autres études, il serait judicieux d'avoir des conduites d'élevage similaires avec des tailles de lots (15 individus par parcelle) et des races identiques. Le peu d'éleveurs ovins installés en agroforesterie dans ce secteur géographique a limité le choix des exploitations. De nos jours, les prés-vergers ne représentent plus que 150 000 ha dont 43% des exploitations se situent en Normandie, en Bretagne et au Nord de la Loire (Corroyer, 2014).

Concernant le choix des parcelles en 2016, celui-ci n'a pas été réalisé de manière optimale. En effet, dans les prairies nues, la quantité d'ombre et de houppiers par parcelle était conséquente. Dans l'exploitation E3 par exemple, le choix de la parcelle témoin utilisée en août 2017 aurait été plus judicieux car cette prairie ne contenait pas d'arbres et peu d'ombre projetée. Ce choix a sûrement été dépendant de la conduite des exploitants.

b. Limites et améliorations du protocole

Entre 2016 et 2017, la grille d'évaluation des scans d'activités a été modifiée pour être identique entre les régions. En effet, la position par rapport à l'ombre de l'arbre et au soleil n'a pas été indiquée de manière précise l'année dernière. Cette notation a donc été améliorée en 2017, ce qui a entraîné une modification des positions notées en 2016 en formulant des hypothèses. Elles ont été réalisées selon la météo par créneau et les notations faites auparavant. Ces changements ont pu entraîner un manque de précision dans les analyses de la position des brebis en 2016.

Au sein du protocole de base, les animaux observés sur les deux années d'essais devaient être identiques. Cette contrainte n'a pas pu être respectée pour toutes les brebis et les exploitations. Sur ces deux années, certaines brebis étaient similaires alors que d'autres ne l'étaient pas. Au sein de cette étude, il a été considéré que les animaux étaient tous différents d'une année à l'autre, mais il

aurait été intéressant de garder les mêmes animaux en 2016 et en 2017 pour observer un potentiel effet individu.

c. Limites et pistes d'amélioration au niveau de l'application du protocole

Les périodes d'observation des brebis étaient de six jours. Les premières périodes réalisées en mai 2016 et 2017 se sont échelonnées sur tout le mois. En 2016 par exemple, les essais se sont déroulés à partir du 2 mai pour l'exploitation E2 et se sont terminés le 31 mai pour l'exploitation E1. De ce fait, les périodes d'observation mai 2016 et juin 2016 se sont chevauchées. Ceci est lié aux pratiques des éleveurs, qui devaient être présents lors du marquage des animaux. En effet, les brebis n'étant pas sorties sur les parcelles choisies ou pas encore marquées (attente de la tonte), il était donc impossible d'observer leur comportement sous les arbres. De plus, les périodes entre 2016 et 2017 portent les mêmes noms alors qu'ils ne se sont pas faits sur des jours similaires. Les observations de 2016 se sont étalées sur dix semaines alors que celles de 2017 se sont réparties sur dix-sept semaines. Les différences de dates et du nombre de périodes d'observation (trois en 2016 contre quatre en 2017) entre les années ont pu émettre un biais dans l'analyse des résultats.

Au total, quatre personnes différentes ont réalisé le protocole mis en place dans le secteur Nord-Ouest. Ce nombre important d'observateurs a pu créer un biais dans la manière d'évaluer le comportement des brebis. De plus, les observateurs des différentes années ne se sont pas rencontrés pour discuter du protocole mis en place en 2016. Il aurait été souhaitable de pouvoir échanger sur les exploitations, les parcelles et le protocole entre les stagiaires avant la mise en place de la deuxième année d'observation. Sur l'année 2017, il a parfois été difficile d'être d'accord sur la météo à chaque scan. En effet, au début des essais, la perception de la météo toutes les cinq minutes était différente selon les observateurs.

Les horaires mis en place pour les scans d'activités au pâturage ont parfois été difficiles à respecter. En effet, il arrivait que les animaux n'aient pas encore été nourris ou n'étaient pas sortis à l'extérieur de la bergerie à l'heure du début des essais. Il était souvent nécessaire de les marquer à nouveau avant de pouvoir les observer, provoquant un retard dans les observations. Les créneaux ont donc parfois été décalés d'une demi-heure le matin. Dans l'exploitation E3, en 2017 le créneau du soir commençait une heure plus tôt due à la contrainte salariale de l'exploitation. Il aurait été intéressant de pouvoir réaliser les essais toujours sur les mêmes créneaux horaires dans les différentes exploitations.

Lors des essais, quelques brebis ont changé de parcelles (en sautant les barrières) ou ont été déplacées par les exploitants. Ainsi, d'autres brebis ont été sélectionnées aléatoirement dans les lots pour remplacer les animaux absents.

Le test de réactivité à la manipulation n'a pas pu être réalisé comme souhaité au sein du protocole. En effet, au sein de l'exploitation E1 lors du premier marquage, les brebis étaient bloquées aux cornadis, ce qui empêchait de faire ce test. De plus, il a été réalisé deux fois lors de la tonte, ce qui est une situation stressante pour les animaux. Ainsi les résultats ont pu être biaisés.

Des limites concernant le protocole ont pu être mises en avant, mais cependant d'autres limites liées à l'analyse sont également apparues.

2. Limites liées à l'analyse des résultats

La notation choisie pour évaluer la position de la brebis sous les arbres et par rapport à l'ombre était complexe. En effet, il fallait différencier les arbres extérieurs ou non à la parcelle et si l'ombre projetée venait d'un arbre intérieur ou extérieur à la parcelle. Il n'a pas toujours été facile de savoir si

le houppier des arbres se situait à l'intérieur ou l'extérieur de la parcelle, provoquant ainsi des différences de notation entre les observateurs. Au final, ces différences au sein de la notation (intérieur ou extérieur à la parcelle) n'ont pas été développées dans le cadre de cette étude. L'animal, qu'il soit situé à l'ombre d'un arbre extérieur ou à l'ombre d'un arbre intérieur à la parcelle, a été considéré à l'ombre. Il serait nécessaire de revoir l'analyse en prenant en compte ces différences de notation. Cette analyse aurait permis de voir si les brebis préféraient l'ombre en dessous des arbres ou l'ombre projetée par les arbres.

La quantité d'ombre et de houppiers a été évaluée de manière approximative grâce au logiciel ArcGIS. Il aurait été intéressant de pouvoir les corrélérer à des données terrains par GPS. Les données obtenues dans le cadre de cette étude semblent sous estimées. L'heure et le jour de référence considérés pour le calcul de l'ombre projetée ont été sélectionnés pour simplifier l'analyse. Le créneau du midi a été choisi, ce qui signifie que le soleil était à peu près au zénith et réduisait la zone d'ombre projetée. Ainsi, l'analyse faite en fonction de ses résultats a pu être biaisée, mais ils montrent bien des cohérences avec les choix faits pour les parcelles.

Les données de terrain ont été récoltées sur feuille papier. Il a donc ensuite été nécessaire de les saisir, ce qui a pris du temps au vue de la quantité de données récoltées importante. Au total, 42 120 données ont été saisies pour l'année 2016 et 56 430 pour l'année 2017. Des erreurs ont pu être commises lors de la saisie. Pour d'autres études, il serait intéressant de remplir directement sur tablette ou mini-PC les données. L'efficacité de la saisie serait alors maximisée et éviterait des erreurs ou des problèmes d'analyse.

Concernant les tests bien-être, il pourrait être intéressant de les réaliser dès la première année d'étude ainsi que de le faire sur un plus grand échantillon d'animaux. Dans ce rapport, le peu de données récoltées pour ces tests a entraîné des difficultés dans l'analyse statistique ainsi que dans les conclusions.

La présence ou l'absence de laine a été notée lors des périodes d'observation. Les ovins tondus étant plus sensibles aux conditions climatiques (Mounier *et al.*, 2007), il serait intéressant d'observer si un animal tondu utilise davantage les arbres et s'il y a un impact de la présence de laine sur le comportement de l'animal.

Dans le cadre de cette étude, certains tests paramétriques ont été utilisés sans avoir la normalité des données. La transformation des données n'a pas permis la normalité. Le choix de tester l'interaction entre les traitements et les périodes a été réalisé. Il n'existe pas de tests non paramétriques permettant de donner l'interaction entre deux facteurs. Les résultats statistiques peuvent donc être biaisés par l'utilisation de l'ANOVA.

3. Développer le protocole mis en place

L'évaluation de l'état émotionnel des brebis par parcelle a également été envisagée dans le cas de cette étude. Des vidéos de cinq minutes par traitement à chaque période ont été réalisées de manière à pouvoir les montrer à des experts et réaliser la grille de notation. Le projet PARASOL se faisant dans trois régions, il a été envisagé de regrouper les vidéos des différentes régions et traitements, et de les faire visionner par un seul comité d'experts. L'analyse de ce test n'a donc pas pu être réalisée dans le cadre de ce rapport.

La répartition des brebis dans les parcelles est également une des pistes à explorer à travers le projet PARASOL. En effet, les arbres auraient un impact sur la répartition géographique des brebis dans les parcelles, ces derniers pouvant leur permettre de se cacher par exemple. Pour répondre à ces

hypothèses, il aurait été intéressant de pouvoir poser des balises GPS sur les brebis pour évaluer leur répartition dans la parcelle. Cette étude se réalisant dans des conditions réelles (exploitation agricole), la mise en place de ce dispositif n'a pas pu être réalisée. Seul des photos ont été prises pour observer la répartition des brebis. Elles seront analysées ultérieurement.

De plus, au regard de la bibliographie, il aurait été intéressant de disposer des données d'abattage des animaux pour voir si la présence d'un abri contribue bien à un engraissement plus rapide des agneaux (Pollard, 2006). La conduite faite par les exploitants n'a pas permis de vérifier cette hypothèse car tous les agneaux, qu'ils viennent des prairies arborées ou des prairies témoins, sont engraisés à la fin, en bergerie avec des temps de finition similaires. De plus, les brebis en parcelle témoin dans les exploitations E1 et E2 n'avaient pas d'agneaux en 2017. En 2016, sur l'INRA de Theix, aucun impact des arbres sur la croissance des agneaux n'a pu être démontré.

III. Perspectives de l'étude

A court terme, de nouveaux tests comme celui concernant l'évaluation de l'état émotionnel des brebis pourront être mis en place. Une fois les observations et les mesures terminées et analysées dans les différentes régions du projet PARASOL, les résultats obtenus pourront être comparés. En effet, le projet PARASOL se portant dans trois contextes climatiques (tempérée, semi-montagnard, méditerranéen), il sera nécessaire de confronter les conclusions obtenues. Des analyses sur l'ensemble des données récoltées seront peut-être nécessaires. Il sera également intéressant de les comparer avec les résultats obtenus dans un système où les conditions d'expérimentation sont contrôlées (site Lamartine de l'INRA de Theix). Ainsi, les conclusions pourront être valorisées pour statuer sur l'impact des arbres sur les animaux sur le territoire national.

Simultanément à la tâche 4, les tâches 2 et 3 se sont mises en place et ont pour but :

- d'évaluer la disponibilité fourragère herbacée et évaluer des modes de gestion de l'alimentation au pré ;
- de déterminer la composition et la digestibilité des ressources fourragères arborées et leur intérêt pour l'alimentation.

En 2016 sur le site de Theix, il a été observé, pour ces missions, que les arbres auraient un effet négatif sur la biomasse disponible ainsi que la hauteur d'herbe. La variabilité de ces paramètres est moins importante en présence d'arbres. Les brebis semblent avoir été pénalisées en parcelle arborée en termes d'alimentation (peu d'herbe), mais pas leurs agneaux. La qualité des échantillons de biomasse a également été évaluée, mais aucune conclusion n'a pu être tirée en 2016, dû à la variabilité des résultats (GAVA, 2016). Les résultats de 2017 sont en cours d'analyses et devront être comparés par la suite. Sur les parcelles étudiées dans le secteur Nord, la séquestration de carbone en pré-verger a été évaluée. Il a été prédit grâce à des modèles, que la séquestration de carbone en pré-verger permettrait de compenser l'émission de CO₂ annuelle de neuf français pour les déplacements locaux ou de longue distance. Un questionnaire transversal aux différentes tâches a également été mis en place pour récolter les mêmes informations dans toutes les exploitations. Il s'agit de comprendre les systèmes agroforestiers, les démarches de l'exploitation et compléter les connaissances techniques.

En combinant les résultats de ces trois tâches et du questionnaire, les performances globales des systèmes agroforestiers pourront être étudiées (tâche 5). Un colloque en fin de projet (2018) est prévu pour communiquer les conclusions de cette étude. Les exploitants participant à l'étude auront alors un retour global sur les essais mis en place. Les résultats devraient permettre de fournir plusieurs pistes de recherche sur l'amélioration des bilans fourragers en situation climatique et

économique difficile ainsi que d'intégrer l'arbre en élevage dans une perspective de changement climatique.

A long terme, les données récoltées et les résultats obtenus par le projet PARASOL pourront servir d'appui à d'autres études comme pour le projet CASDAR ARBELE, coordonné par l'Institut de l'élevage et en partenariat avec Agroof. Cette étude est plus axée sur la faisabilité technico-économique des projets agroforestiers mais les résultats obtenus par le biais du projet PARASOL pourront aider en termes de supports techniques. De plus, les résultats de cette étude pourront nourrir les réflexions du projet européen AgForward, commencé en 2014 et dont Agroof fait partie. Il a pour mission de permettre l'étude des systèmes agrosylvopastaux en Europe, en regroupant vingt-six équipes européennes sur cette thématique.

Ainsi, le potentiel de l'agroforesterie dans l'atténuation des effets climatiques et dans l'adaptation des systèmes agricoles au changement climatique pourra être évalué. Des références techniques pourront être mises en place et favoriser le développement de l'utilisation de cette pratique par les éleveurs. Des conseillers pourront être formés grâce aux connaissances acquises et viendront en appui aux différents acteurs de la filière.

Conclusion

L'étude présentée dans ce rapport s'est déroulée dans trois exploitations du secteur Nord-Ouest de la France, ayant des prés-vergers âgés de plus de 25 ans et pâturés par des ovins. La manière dont les animaux utilisent les arbres a été qualifiée et quantifiée par le biais de cette mission. Elle a donc permis de démontrer que la présence d'arbres influence la répartition spatiale des brebis ainsi que sur le temps accordé aux activités de rumination, de repos et d'alimentation des animaux. Les brebis ayant peu d'arbres sur leur parcelle recherchent activement l'ombre et les houppiers durant les périodes ensoleillées. Elles se servent essentiellement des arbres pour ruminer et se reposer à contrario des brebis en prairie arborée qui réalisent l'ensemble de leur activité sous les arbres. Ainsi, les haies et les arbres offrent une protection climatique aux brebis et améliorent leur condition de vie. Mais les arbres semblent également impacter la présence des insectes, qui occasionnent une gêne pour les animaux.

Le protocole suivi dans ce rapport a également été suivi dans deux autres régions de France, ayant des climats différents. La comparaison des résultats obtenus en 2016 et 2017 permettra d'observer l'impact des arbres sur le territoire national. De plus, cette mission s'intègre au sein du projet PARASOL, qui cherche à étudier les performances globales des systèmes agroforestiers. Ainsi, cette pratique pourra être davantage connue et ses impacts valorisés auprès des agriculteurs. Par ce biais, la filière ovine pourra se redynamiser et convaincre de nouveaux éleveurs à s'installer.

Un système agroforestier doit être envisagé à long terme, ce qui peut être un frein à son développement. Les institutions cherchent donc à favoriser cette pratique en reconnaissant davantage son statut dans les politiques agricoles. Son évolution sera difficile si peu d'aides sont accordées à ces systèmes. Un soutien financier, technique et scientifique est donc nécessaire au développement des systèmes agroforestiers.

L'agroforesterie apparaît comme une pratique à l'interface entre les demandes sociétales, environnementales et réglementaires actuelles. Elle semblerait intervenir dans l'atténuation des effets climatiques et dans l'adaptation des systèmes agricoles au changement climatique. De plus, cette pratique pourrait renouer les liens entre l'élevage et les consommateurs, puisque la société perçoit la conduite à l'herbe en plein-air, comme plus acceptable pour le bien-être des animaux. Accentuer les recherches scientifiques ainsi que communiquer sur cette pratique semble être un point clé pour l'avenir de l'agroforesterie.

Références bibliographiques

ANSES, 2015. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à des « Recommandations pour l'élaboration d'un guide de bonnes pratiques pour assurer le bien-être animal ». 15 pages.

Association française Agroforesterie. Non daté. Agroforesterie et élevage ovin produire et protéger. Association française Agroforesterie. 3 pages.

AUPIAIS A. et MIALON MM. 2015. Des indicateurs pour évaluer le bien-être des brebis. [En ligne]. Institut de l'élevage. En pratique Santé (fiche Idèle Ciirpo). 2 pages.

Disponible sur < <http://idele.fr/rss/publication/idelesolr/recommends/des-indicateurs-pour-evaluer-le-bien-etre-des-brebis.html> > (Consulté en avril et août 2017).

AUDIC C., VEISSIER I., SAGOT L., PFLIMLIN A. 1996. Rôle de la haie, abri naturel pour les brebis en été. Paris. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. page 326

AVELIN C. 2017. Synthèses filière apiculture. France Agrimer. 4 pages.

AWIN. 2015. AWIN welfare assesment protocol for sheep. 72 pages.

BALLEUX P. et LOUAH L. 2014. L'agroforesterie en Wallonie. A. Eléments forestiers. [En ligne]. Centre de Développement AgroForestier de Chimay. 8 pages.

Disponible sur < http://www.cdaf.be/docs/web/pdf/B1e_agroforesterie/A3_Productions.pdf > (Consulté en avril et août 2017).

BRULE-AUPIAIS A., MIALON M.M., GAUTIER D., POTTIER E., RIBAUD D., BOISSY A., BOIVIN X. 2015. Validation d'une méthode d'évaluation du bien-être des ovins en ferme et comparaison de deux types de conduites hivernales. Paris. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, volume 22: 179 – 182.

CORROYER N. 2014. Initial Stakeholder Meeting Repord Grazed Orchards in France. Agforward. 8 pages.

DEBAEKE P., PELLERIN S., LE GOUIS J., BISPO A., EGLIN T. et TREVISIOL A. 2015. Les défis de l'agriculture. INRA. *Cahier spécial Pour la science*, volume mars 2015 : 10 – 13.

DE CARA S., DUPRAZ C., DURU M., PELLERIN S. 2015. L'INRA, l'agriculture et le climat. Dossier garder les sols vivants. INRA. 28 pages.

Dossier REACTIF PARASOL. 2013. Appels à projets R&D REACTIF 2 « Recherche sur l'Atténuation du Changement Climatique par l'agriculture et la Forêt ». Edition 2013. 35 pages.

DUBOIS J-J. 2016. L'évolution des systèmes agroforestiers en France. Leur rôle en agroécologie. *Pollution atmosphérique* – numéro spécial. Volume septembre 2016 : 30 - 44.

DUPRAZ C. et LIAGRE F. 2013. Agroforesterie, des arbres et des cultures. Edition France Agricole. 400 pages.

DURU M., JUSTES E., SARTHOU J-P., THEROND O., DECONCHAT M., ANDRIEU E., VIGAN M., DUPRAZ C., GARY C., GOSME M., MEZIERE D., VIAUD V., MEROT P., EMILE J-C., NOVAK S. 2014. Des recherches ancrées dans l'Agroécologie, au cœur d'enjeux sociétaux. INRA Science & Impact. 5 pages.

EUROPEAN COMMISSION. 2017. Action pour le climat. [En ligne]. Disponible sur < https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_fr > (Consulté en août 2017).

GAVA C. 2016. Pâturage ovin sur prairies arborées – Quels impacts des arbres sur l'animal et la prairie ? Rapport de stage – année de césure tutorée. GIS Elevages Demain. Montpellier SupAgro. 53 pages.

GAUTIER D. 2015. BIENE : protocole d'évaluation du bien-être des brebis en condition de pâturage hivernal, test en exploitations d'élevage 2^{ème} année. Institut de l'élevage. 42 pages.

GIEC. 2014. Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer].

GUEHL J.M, SOUSSANA J.F. 2015. L'adaptation au changement climatique. INRA. *Cahier spécial Pour la science*. Volume mars 2015 : 6 - 9.

INTERBEV. 2016. L'essentiel de la filière viande ovine française 2016. [En ligne]. 28 diapositives. Disponible sur < <http://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2014/10/LIVRET-VIANDES-OVINE-2016-BD.pdf> > (Consulté en avril et août 2017).

INSTITUT DE L'ELEVAGE. 2017. L'élevage ovin, facteur de résilience. Economie de l'élevage. 40p.

JEANNOT A. 2017. Les points forts de l'agroforesterie. [En ligne]. Sciences en ligne. Disponible sur < <http://sciences-en-ligne.net/news/item/183> > (Consulté en août 2017).

KEELING L., FORKMAN B., VEISSIER I. Non daté. Vers un système d'évaluation du bien-être des animaux. Welfare Quality. Sixth Framework Programme.

LEGIFRANCE. 2017. Code rural et de la pêche maritime – Article R214-18. [En ligne]. Disponible sur < <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006071367&idArticle=LEGIARTI000006588961> > (Consulté en septembre 2017).

LESAGE M. 2013. Statut et droits de l'animal d'élevage en France : évolution, enjeux et perspectives. *Centre d'études et de prospective n°58* – Juillet 2013. Ministère de l'agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt. 4 pages.

LIAGRE F., SANTI F., VERT J., 2012. L'agroforesterie en France : intérêts et enjeux. *Centre d'études et de prospective n°37* – Janvier 2012. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire. 4 pages.

MAIGRET C. 2016. Chiffres clés 2016 Productions ovines lait et viande. Institut de l'élevage. Institut de l'élevage. 12 pages.

METEO-FRANCE. 2016. Bilan climatique de l'été 2016. [En ligne]. Disponible sur < <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2016/bilan-climatique-de-l-ete-2016> > (Consulté en septembre 2017).

METEO-FRANCE. 2017. Bilan climatique de l'été 2017. [En ligne]. Disponible sur < <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2017/bilan-climatique-de-l-ete-2017> > (Consulté en septembre 2017).

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION. 2015. Bien-être animal : contexte juridique et sociétal. [En ligne]. Disponible sur <<http://agriculture.gouv.fr/bien-etre-animal-contexte-juridique-et-societal>> (Consulté en août 2017).

MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. 2015. Observation et statistiques. [En ligne]. Disponible sur <<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/199/1080/emissions-gaz-effet-serre-secteur-france.html>> (Consulté en août 2017).

MOTTET A., RENAudeau D., SOUSSANA J.F. 2014. Accompagner l'adaptation de l'élevage. INRA. *Cahier spécial Pour la science*. Volume mars 2015 :14 - 17.

MOUNIER L., MARIE M., LENSINK B.J., 2007. Facteurs déterminants du bien-être des ruminants en élevage. *INRA Prod. Anim*. Volume 20 : 65 - 72.

MOUNAIX B., TERLOUW C., LE GUENIC M., BIGNON L., MEUNIER-SALAUN M.C, COURBOULAY V. MIRABITO L. 2013. L'évaluation et la gestion du bien-être animal : diversité des approches et des finalités. Paris. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, volume 34 : 175 - 187.

PELLERIN S., BARNIERE L., ANGERS D., BELINE F., BENOIT M., BUTAULT J.P., CHENU C., COLNENNE-DAVID C., DE CARA S., DELAME N., DOREAU M., DUPRAZ P., FAVERDIN P., GARCIA-LAUNAY F., HASSOUNA M., HENAULT C., JEUFFROY M.H, KLUMPP K., METAY A., MORAN D., RECOUS S., SAMSON E., SAVINI I., PARDON L., 2013. Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude. INRA. 92p.

POLLARD J. C. 2006. Shelter for lambing sheep in New Zealand : a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 49 : 395-404.

RENAudeau D., LITRICO I., DELAGARDE R., BELLOCCHI G. 2014. Changement climatique. Quelles pistes d'adaptation pour l'élevage. [En ligne]. Les rencontres de l'INRA au salon de l'agriculture. 15 diapos. Disponible sur < <http://prodinra.inra.fr/ft?id={634EF7D0-C2B1-42AF-BC58-CFE961CC8A0D}> > (Consulté en août 2017).

SCHÜTZ. K.E., ROGERS A.R., POULOUIN Y.A., COX N.R., TUCKER C. B. 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal Dairy Science* 93: 125 – 133.

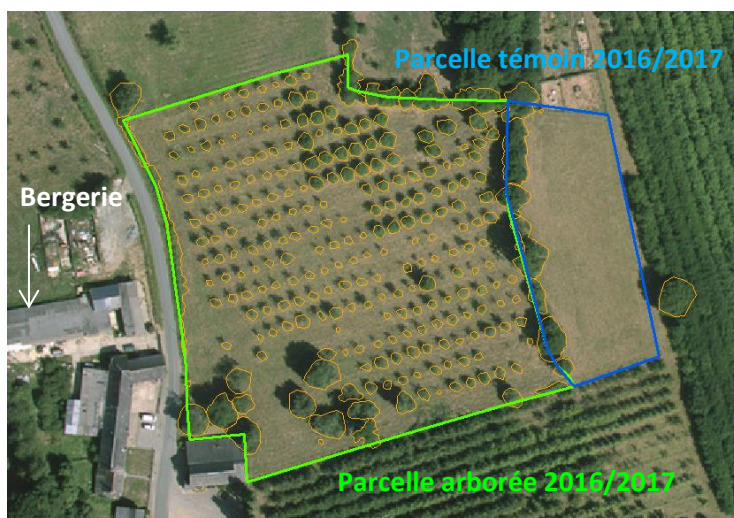
UNILASALLE. 2016. Le meilleur présent...pour l'avenir. UniLaSalle. 4 pages.

VAN LERBERGUE P. 2015. Les systèmes agroforestiers : diversité des pratiques, intérêts économiques et environnementaux. *Forêt-entreprise* n°225 – novembre 2015. Page 16 à 26.

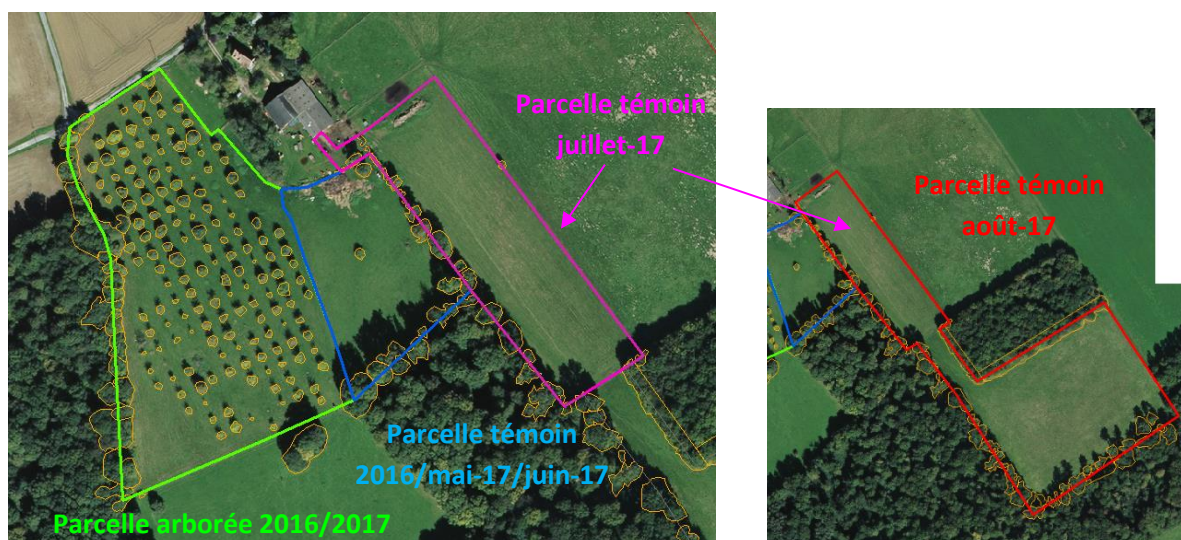
Liste des annexes

Annexe 1 : Vues aériennes des parcelles utilisées	57
Annexe 2 : Grilles de notation utilisées lors des observations.....	58
Annexe 3 : Etapes réalisées pour connaître l’ombre totale d’une parcelle	63
Annexe 4 : Illustrations des codes les plus fréquemment utilisés en période ensoleillée pour noter la position des brebis	64
Annexe 5 : Correspondances entre les codes de 2016 et de 2017	65
Annexe 6 : Conditions météorologiques durant les essais	67

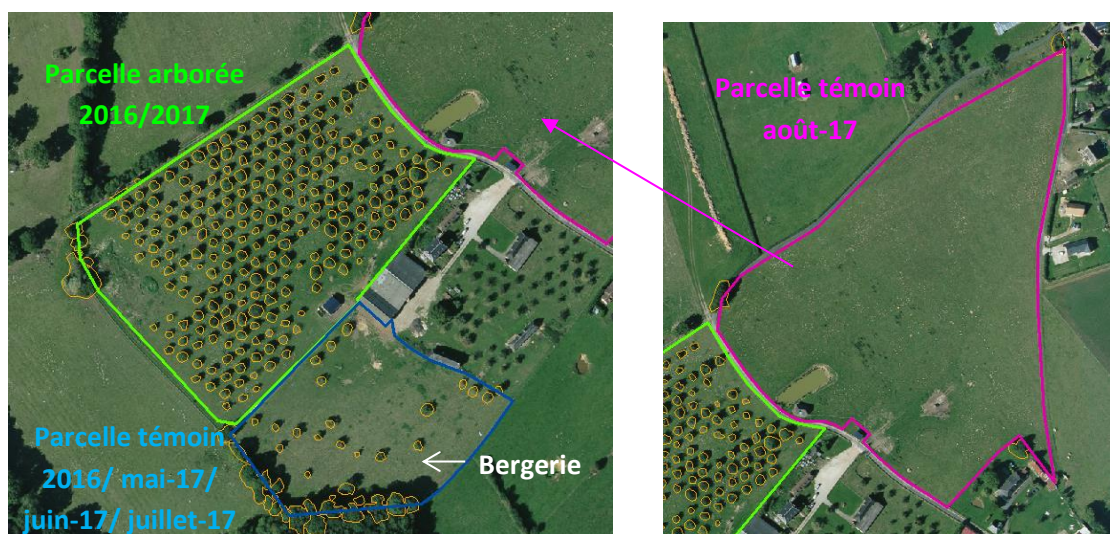
Annexe 1 : Vues aériennes des parcelles utilisées



Description des parcelles utilisées chez E1



Description des parcelles utilisées chez E2



Description des parcelles utilisées chez E3

Annexe 2 : Grilles de notation utilisées lors des observations

58

Scans d'activités midi

Exploitation :
Météo :

Température :
Observateur :

Traitement :
Période :

Date :

	Ind1			Ind2			Ind3			Ind4			Ind5			Ind6			Ind7			Ind8			Ind9			Ind10			Ind11			Ind12			Ind13			Ind14			Ind15		
	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi			
13:00																																													
13:05																																													
13:10																																													
13:15																																													
13:20																																													
13:25																																													
13:30																																													
13:35																																													
13:40																																													
13:45																																													
13:50																																													
13:55																																													
14:00																																													
14:05																																													
14:10																																													
14:15																																													
14:20																																													
14:25																																													
14:30																																													
14:35																																													
14:40																																													
14:45																																													
14:50																																													
14:55																																													

Nb utilisation des arbres :

Scans d'activités soir

Exploitation : Traitement : Date :
Météo : Observateur : Période :

	Ind1	Ind2	Ind3	Ind4	Ind5	Ind6	Ind7	Ind8	Ind9	Ind10	Ind11	Ind12	Ind13	Ind14	Ind15
	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi	Pu	Ac	Pi
17:00															
17:05															
17:10															
17:15															
17:20															
17:25															
17:30															
17:35															
17:40															
17:45															
17:50															
17:55															
18:00															
18:05															
18:10															
18:15															
18:20															
18:25															
18:30															
18:35															
18:40															
18:45															
18:50															
18:55															

Nb utilisation des arbres :

Réactivité aux insectes

Exploitation :

Observateur :

Date :





































Météo :

Traitement :

Créneau :

Température :

Période :

Marque	N° brebis	Tondu	Heure	Pu	Act	Pi	Nb mvts pieds	Nb mvts tête (oreilles)	Nb mvts queue	Nb mvts dos	Fréq. Respi	Heure	Pu	Act	Pi	Nb mvts pieds	Nb mvts tête (oreilles)	Nb mvts queue	Nb mvts dos	Fréq. Respi
	Ind1																			
 	Ind2																			
  	Ind3																			
	Ind4																			
 	Ind5																			
  	Ind6																			
	Ind7																			
 	Ind8																			
  	Ind9																			
  	Ind10																			
  	Ind11																			
  	Ind12																			
  	Ind13																			
  	Ind14																			
  	Ind15																			

Grille de notation BEA / période d'observation

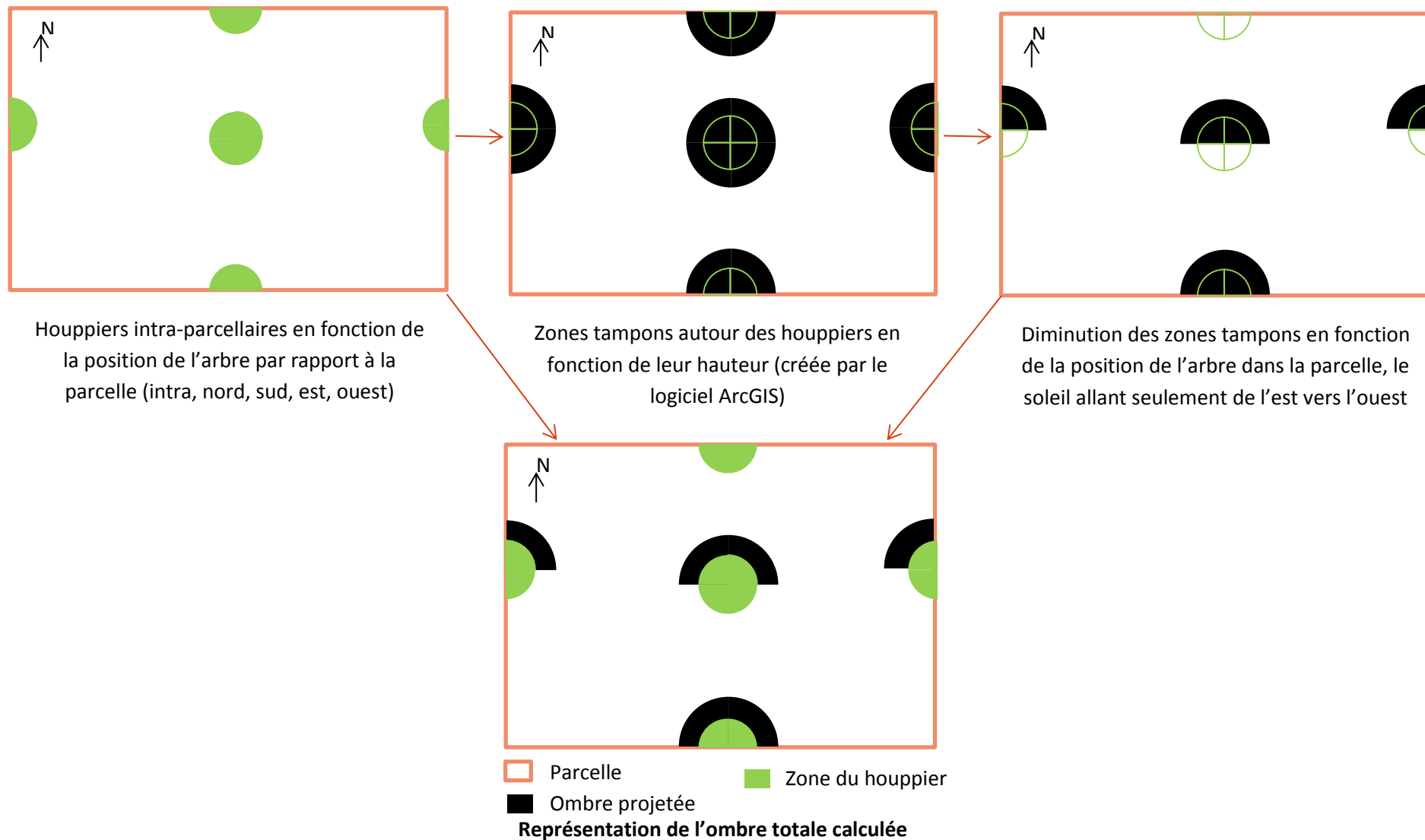
Exploitation :
Météo :

Température :
Observateur :

Traitement :
Période :

Dates	Heure	N° boucle brebis	Brebis marquées (si oui code brebis)	Propreté		Boiterie	Blessures								Problèmes respiratoires	Activité	Position
				Flancs	Arrière train		Tête		Cou		Pattes		Corps				
							L	G	L	G	L	G	L	G			
			I														
			II														
			III														
			IV														
			V														
			VI														
			VII														
			VIII														
			IX														
			X														
			XI														
			XII														
			XIII														
			XIV														
			XV														
			XVI														
			XVII														
			XVIII														
			XIX														
			XX														
			XXI														
			XXII														
			XXIII														
			XXIV														
			XXV														
			XXVI														
			XXVII														
			XXVIII														
			XXIX														
			XXX														

Annexe 3 : Etapes réalisées pour connaître l'ombre totale d'une parcelle



Annexe 4 : Illustrations des codes les plus fréquemment utilisés en période ensoleillée pour noter la position des brebis



Au contact de l'Arbre et à l'Ombre : **AO**



En zone Nue et à l'Ombre : **NO**



Sous le Houppier et à l'Ombre : **HO**



Sous le Houppier d'un arbre Extérieur à l'Ombre d'un arbre Extérieur : **HEOE**



Sous le Houppier et au Soleil : **HS**



En zone Nue et à l'Ombre d'un arbre Extérieur : **NOE**



En zone Nue et à l'Ombre d'Autre chose qu'un arbre: **NOA**



En zone Nue et au Soleil : **NS**

Annexe 5 : Correspondances entre les codes de 2016 et de 2017

Tableau 21 : Grille des codes utilisés en 2016 et équivalence des codes de 2017








Comportement	Grille utilisée en 2016				Equivalent codes utilisés en 2017
	Code 2016	Nom	Définitions	Photo explicative	
Position	BE	Dans la BErgerie	L'animal est à l'intérieur du bâtiment		En Bergerie : B
	A	Contre l'Arbre	L'animal est couché ou debout, appuyé contre un arbre		Au contact de l'arbre (A) + En créneau ensoleillé : à l'ombre (O) → AO + En créneau couvert (C) → AC + En créneau pluvieux (P) → AP
	H	Sous le Houppier d'un arbre	L'animal est situé en-dessous de l'arbre		Sous le Houppier : H + En créneau ensoleillé : au soleil (S) → HS + En créneau couvert (C) → HC + En créneau pluvieux (P) → HP
	HO	Sous le Houppier d'un arbre et à l'Ombre	L'animal est situé en-dessous de l'arbre et à l'ombre		Sous le Houppier : H + En créneau ensoleillé : à l'ombre (O) → HO + En créneau couvert (C) → HC + En créneau pluvieux (P) → HP
	N	En zone Nue	L'animal est situé en dehors du houppier ou de l'ombre de l'arbre		En zone Nue : N + En créneau ensoleillé : à l'ombre (O) → NS + En créneau couvert (C) → NC + En créneau pluvieux (P) → NP
	O	A l'Ombre de l'arbre	L'animal est situé dans une zone cachée du soleil par l'arbre		En zone Nue : N + En créneau ensoleillé : à l'ombre (O) → NO + En créneau couvert (C) → NC + En créneau pluvieux (P) → NP
	OE	A l'Ombre de l'arbre Extérieur	L'animal est situé dans une zone cachée du soleil par l'arbre extérieur		Sous le Houppier d'un arbre extérieur : HO + En créneau ensoleillé : à l'ombre d'un arbre extérieur (OE) → HEOE + En créneau couvert (C) → HEC + En créneau pluvieux (P) → HEP

Tableau 22 : Grille des codes utilisés en 2016 et équivalence des codes de 2017 (suite)

Comportement	Grille utilisée en 2016				Equivalent codes utilisés en 2017
	Code 2016	Nom	Définitions	Photo explicative	
Position	E	Sous l'élément Extérieur (pas à l'ombre)	L'animal est situé sous le houppier de l'arbre extérieur		Sous le Houppier d'un Arbre Extérieur : HE + En créneau ensoleillé : au soleil (S) → HES + En créneau couvert (C) → HEC + En créneau pluvieux (P) → HEP
	AE	Contre l'Arbre Extérieur en bordure de parcelle	L'animal est couché ou debout, appuyé contre un arbre en bordure de la parcelle		Proche d'un Arbre Extérieur (AE) + En créneau ensoleillé : à l'ombre d'un arbre extérieur (OE) → AEOE + En créneau couvert (C) → AEC + En créneau pluvieux (P) → AP

Tableau 23 : Récapitulatif des équivalences des codes utilisés en 2016 et 2017 (transformés pour l'analyse par les codes 2017)

		Codes 2017																						
			Créneau ensoleillé												Créneau nuageux					Créneau pluvieux				
		B	AO	AS	HO	HS	NO	NS	NOE	NOA	AES	AEOE	HEOE	HES	AC	HC	NC	AEC	HEC	AP	HP	NP	AEP	HEP
Codes 2016	A		X												X					X				
	AE											X						X					X	
	BE	X																						
	E													X					X					X
	H					X										X					X			
	HO				X											X					X			
	N							X										X				X		
	O						X											X				X		
	OE													X					X					X

Annexe 6 : Conditions météorologiques durant les essais

Année	Période	Jour	Dates	Exploitation	Créneaux		
					matin	midi	soir
2016	mai-16	Jour 1	02/05/2016	E2	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 2	03/05/2016	E2	Nuageux	Nuageux	Ensoleillé
		Jour 3	11/05/2016	E3	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 4	12/05/2016	E3	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 5	30/05/2016	E1	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 6	31/05/2016	E1	Nuageux	Nuageux	Nuageux
	juin-16	Jour 1	24/05/2016	E3	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 2	26/05/2016	E2	Ensoleillé	Nuageux	Nuageux
		Jour 3	27/05/2016	E2	Nuageux	Nuageux	Pluie
		Jour 4	28/05/2016	E3	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 5	01/06/2016	E1	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 6	02/06/2016	E1	Nuageux	Nuageux	Nuageux
	juil-16	Jour 1	28/06/2016	E1	Nuageux	Ensoleillé	Nuageux
		Jour 2	29/06/2016	E1	Ensoleillé	Ensoleillé	Pluie
		Jour 3	04/07/2016	E2	Nuageux	Ensoleillé	Nuageux
		Jour 4	05/07/2016	E3	Nuageux	Nuageux	Ensoleillé
		Jour 5	06/07/2016	E2	Nuageux	Ensoleillé	Nuageux
		Jour 6	07/07/2016	E3	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
2017	mai-17	Jour 1	10/05/2017	E1	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 2	11/05/2017	E1	Nuageux	Pluie	Ensoleillé
		Jour 3	30/05/2017	E3	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 4	31/05/2017	E2	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 5	01/06/2017	E3	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 6	02/06/2017	E2	Nuageux	Nuageux	Nuageux
	juin-17	Jour 1	13/06/2017	E1	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 2	14/06/2017	E1	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 3	19/06/2017	E3	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 4	20/06/2017	E3	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 5	21/06/2017	E2	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 6	22/06/2017	E2	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
	juil-17	Jour 1	11/07/2017	E1	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 2	12/07/2017	E1	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 3	17/07/2017	E3	Nuageux	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 4	18/07/2017	E2	Ensoleillé	Ensoleillé	Nuageux
		Jour 5	19/07/2017	E2	Ensoleillé	Nuageux	Nuageux
		Jour 6	20/07/2017	E3	Pluie	Nuageux	Ensoleillé
	août-17	Jour 1	17/08/2017	E1	Pluie	Nuageux	Nuageux
		Jour 2	18/08/2017	E1	Nuageux	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 3	21/08/2017	E3	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 4	22/08/2017	E2	Nuageux	Ensoleillé	Ensoleillé
		Jour 5	23/08/2017	E2	Nuageux	Nuageux	Nuageux
		Jour 6	24/08/2017	E3	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé

Tables des illustrations

Table des tableaux

Tableau 1 : Indicateurs permettant de répondre aux principes du bien-être (Awin, 2015)	9
Tableau 2 : Caractéristiques des exploitations étudiées en 2017	15
Tableau 3 : Résultat du calcul des rayons (m) des ombres projetées suivant la hauteur d'arbre, toutes périodes confondues	18
Tableau 4 : Codes postures et activités utilisés lors des scans d'activités	21
Tableau 5 : Grille d'évaluation de la propreté des flancs (Gautier, 2015)	23
Tableau 6 : Grille d'évaluation de la propreté de l'arrière train (Gautier, 2015)	24
Tableau 7 : Analyses réalisées sur les données récoltées en exploitation	25
Tableau 8 : Récapitulatif des conditions météorologiques obtenues lors des périodes d'observation de 2016 et 2017	26
Tableau 9 : Description des parcelles utilisées pour les observations des brebis	27
Tableau 10 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de houpriers et d'ombre par parcelle utilisée (n=24, test de Mann – Whitney)	27
Tableau 11 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé sous les houpriers, en zone nue et en bergerie pendant l'ensemble des périodes et sur les trois périodes les plus ensoleillées (n=180, ANOVA à mesures répétées)	28
Tableau 12 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé à l'ombre, au soleil ou sous d'autres ombres qu'un houprier en période ensoleillée (n=180, ANOVA à mesures répétées)	32
Tableau 13 : Pourcentage moyen de temps passé (\pm écart-type) pour chaque activité (n=180, ANOVA à mesures répétées)	35
Tableau 14 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé pour chaque activité sous les arbres (n= 163, ANOVA à mesures répétées)	37
Tableau 15 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé pour la posture couchée à l'ombre (n= 131, ANOVA à mesures répétées)	38
Tableau 16 : Pourcentage moyen (\pm écart-type) de temps passé pour chaque activité à l'ombre (n= 131, ANOVA à mesures répétées)	39
Tableau 17 : Nombre moyen (\pm écart-type) de mouvements du corps réalisés par les brebis (n=180, ANOVA à mesures répétées)	40
Tableau 18 : Nombre moyen (\pm écart-type) de mouvements du corps sous les arbres ou en zone nue, toutes périodes, exploitations et traitements confondus (n = 180, test de Wilcoxon apparié)	41
Tableau 19 : Nombre de brebis sales par traitement (n=90, test du khi-2)	41
Tableau 20 : Nombre total de brebis obtenu pour chaque note du test de la réactivité à la manipulation en fonction du traitement et de l'exploitation	42
Tableau 21 : Grille des codes utilisés en 2016 et équivalence des codes de 2017	65
Tableau 22 : Grille des codes utilisés en 2016 et équivalence des codes de 2017 (suite)	66
Tableau 23 : Récapitulatif des équivalences des codes utilisés en 2016 et 2017 (transformés pour l'analyse par les codes 2017)	66

Table des figures

Figure 1 : Diagramme opérationnel du projet PARASOL (Dossier REACTIF PARASOL, 2013)	3
Figure 2 : Ensemble des paramètres étudiés au sein de la tâche 4	3
Figure 3 : Total annuel des émissions anthropiques de GES par groupe de gaz entre 1970 et 2010 (GIEC, 2014)	4
Figure 4 : Liens entre réchauffement climatique et élevage (Renaudau <i>et al.</i> , 2014)	5
Figure 5 : Localisation de la production ovine française (Interbev, 2016)	6
Figure 6 : Les cinq libertés fondamentales du bien-être animal	8
Figure 7 : Illustrations de la diversité agroforestière (images issues de l'association française d'agroforesterie)	10
Figure 8 : Impacts des arbres (Jeannot, 2017)	11
Figure 9 : Localisation des exploitations étudiées dans le secteur Nord-Ouest	14
Figure 10 : Calendrier des périodes d'observation	16
Figure 11 : Mème brebis après marquage et 1 mois après marquage	16
Figure 12 : Image ArcMAP représentant les houppiers dessinés par parcelle pour l'exploitation E2 ..	18
Figure 13 : Zones d'ombre qui s'interceptent	19
Figure 14 : Zones tampons dessinées autour de chaque houppier et fusionnées entre-elles	19
Figure 15 : Représentation de l'ombre totale conservée	19
Figure 16 : Variables choisies pour évaluer la position des brebis	22
Figure 17 : Brebis D M NS	22
Figure 18 : Brebis C RU AO	22
Figure 19 : Test réactivité à la manipulation (Aupiais, Mialon, 2015)	24
Figure 20 : Températures moyennes obtenues par exploitation (E1, E2, E3) en fonction du jour et de la période d'observation	26
Figure 21 : Répartition du temps moyen (%) passé sous les houppiers, en zone nue ou en bergerie sur les trois périodes les plus ensoleillées en fonction du traitement (A/T), de la période et de l'exploitation (E1/E2/E3)	29
Figure 22 : Corrélation entre le temps moyen (%) passé sous les houppiers en fonction de la surface de la parcelle couverte par les houppiers en 2017 (corrélation de Pearson, p-value < 0,05)	29
Figure 23 : Temps moyen passé sous les houppiers (%) lors des scans ensoleillés de 2017 par rapport au pourcentage de houppiers total par parcelle en fonction de la période, de l'exploitation (E1/E2/E3) et du traitement (comparaison d'une moyenne à une référence : test de Student)	31
Figure 24 : Répartition du temps moyen (%) passé à l'ombre et au soleil sur les trois périodes les plus ensoleillées en fonction du traitement (A/T), de l'exploitation (E1/E2/E3) et de la période	32
Figure 25 : Corrélation entre le temps moyen (%) passé à l'ombre en fonction de l'ombre totale par parcelle en 2017 (corrélation de Pearson, p-value > 0,05)	33
Figure 26 : Temps moyen passé à l'ombre (%) lors des scans ensoleillés de 2017 par rapport à l'ombre totale par parcelle (%) en fonction de la période, de l'exploitation (E1/E2/E3) et du traitement (comparaison d'une moyenne à une référence : test de Student)	34
Figure 27 : Temps moyen (\pm écart-type) passé couché par traitement en fonction de la période, toutes exploitations confondues	36
Figure 28 : Répartition du temps moyen (%) consacré à chaque activité en fonction du traitement (A/T) et de la période, toutes exploitations confondues	36
Figure 29 : Répartition du temps moyen (%) consacré à chaque activité sous les houppiers en fonction de la période, toutes exploitations et traitements confondus	37

Figure 30 : Répartition du temps moyen (%) consacré à chaque activité à l'ombre en fonction de la période, toutes exploitations et traitements confondus	38
Figure 31 : Nombre moyen (+ écart-type) de mouvements du corps par traitement en fonction de l'exploitation (E1/E2/E3) et de la période.....	40
Figure 32 : Nombre total de brebis sales obtenu par traitement en fonction de l'exploitation (E1/E2/E3), toutes périodes confondues	41
Figure 33 : Nombre total de brebis boiteuses (note = 1 ou 2) par traitement et par exploitation toutes périodes confondues (effet traitement $\chi^2 = 0,04$).....	42

Liste des sigles et des abréviations

A : Traitement Arboré

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

ANOVA : Analyse de Variance (Analysis of Variance)

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

AWIN : Animal Welfare Indicators

CH₄ : Méthane

CO₂ : Dioxyde de Carbone

E1: Exploitation 1 (M. et Mme Le Royer)

E2 : Exploitation 2 (M. et Mme Ozieblo)

E3 : Exploitation 3 (M. et Mme Plet)

FAWC : Farm Animal Welfare Council

FCO : Fièvre catarrhale ovine

GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GMS : Grande et Moyenne Surface

GPS : Global Positioning System (système mondial de positionnement)

Hab : Habitant

IDELE : Institut de l'Elevage

IGP : Indication Géographique Protégée

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

Indiv. : Statut individuel de l'exploitation

N₂O : Oxyde Nitreux

PAC : Politique Agricole Commune

PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur

pH : Potentiel Hydrogène

QBA : Qualitative Behavioral Assessment

RGP : Registre Parcellaire Graphique

SAGA : Sciences AGronomiques et Animales

SAU : Surface Agricole Utile

SCEA : Société Civile d'Exploitation Agricole

SIE : Surface d'Intérêts Ecologique

SIG : Système d'Information Géographique

T : Traitement Témoin

TEC : Tonne Equivalent Carcasse

teq : Tonne équivalent

UE : Union Européenne

Unités de mesure

M : Million

ha : Hectare

kg : Kilogramme

°C : Degré Celsius

t : Tonne

€ : Euro

h : Heure

m : Mètre