

GAVA Carla

Promotion 2014

Rapport de stage de 2^{ème} année

Pâturage ovin sur prairies arborées -
Quels impacts des arbres sur l'animal et la prairie ?



Du 04/07/2016 au 31/12/2016 (rapport concernant la première partie, à savoir du 04/07/2016 au 31/08/2016).

Maître de stage INRA : Cécile GINANE, chargée de recherche et animatrice adjointe de l'équipe « Comportement Animal, Robustesse et Approche Intégrée du Bien-être » de l'UMR1213 Herbivores.

Tuteur pédagogique SupAgro : Magali JOUVEN, enseignante-chercheuse dans l'UMR Systèmes d'Elevage Méditerranéens et Tropicaux (SELMET), département Milieu, Productions, Ressources et Systèmes (MPRS).

Sommaire :

I. Présentation de l'organisme de stage	4
1. Les structures d'accueil	4
2. Les équipes associées au projet	4
3. Contexte	5
II. Objectifs et hypothèses de travail	7
1. Objectifs	7
2. Méthodes	7
i. Parcelles et animaux	7
ii. Mesures et prélèvements	8
<i>Mesures zootechniques : poids et état corporel</i>	8
<i>Analyses de comportement des ovins sur les différentes parcelles</i>	9
<i>Réponse à la chaleur</i>	10
<i>Réactivité aux insectes</i>	10
<i>Evaluation de l'infestation parasitaire : coproscopies</i>	10
<i>Mesures de hauteurs d'herbe offerte</i>	12
<i>Evaluation de la biomasse offerte d'une parcelle</i>	12
<i>Analyse des espèces d'insectes</i>	13
<i>Les relevés climatiques</i>	13
3. Résultats	14
4. Limites du projet	14
III. Perspectives d'avenir et applications	15
1. Suite du projet Parasol	15
2. Futures applications	16

Ce rapport de stage correspond au stage de 2^{ème} année ; il se poursuivra en césure tutorée jusqu'au mois de décembre. Il est réalisé dans le but de découvrir l'univers de la recherche. Ce choix a été motivé par une grande volonté de travailler dans le milieu de l'élevage (plus particulièrement l'élevage des ruminants), avec comme objectif scolaire de faire la spécialité Systèmes d'Élevage à Montpellier SupAgro. Plus précisément, ce choix a été motivé par les enjeux de durabilité de la filière, qui sont essentiels à la période actuelle.

I. Présentation de l'organisme de stage

1. Les structures d'accueil

Le stage se déroule au centre INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) Auvergne-Rhône-Alpes de Theix, commune de Saint-Genès-Champanelle (63122). L'INRA est un institut dont les principales thématiques d'action sont l'agriculture durable, l'alimentation et la santé, les enjeux alimentaires actuels, la gestion des milieux naturels... Le Centre Auvergne-Rhône-Alpes (ARA), qui constitue le 3^{ème} des 17 Centres de recherches de l'INRA, développe des recherches sur l'élevage et les territoires, la biologie intégrative, la nutrition préventive et l'écologie des systèmes aquatiques.

Ce stage se déroule au sein de l'équipe Caraïbe (Comportement Animal, Robustesse et Approche Intégrée du Bien-être), sur une durée de six mois, qui correspond au stage de 2^{ème} année ainsi qu'à un stage de césure.

La mission est financée par le GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique) *Elevages Demain*. Le GIS a pour but de promouvoir des systèmes de production animales à haute performance, et qui s'inscrivent dans la durabilité de la filière, sur les aspects à la fois économique, environnemental, social et éthique.

Enfin, le stage s'inscrit dans le cadre du projet de recherche Parasol, financé par l'Ademe (appel à projet REACTIFF "Recherche sur l'atténuation du changement climatique par l'agriculture et la forêt"), qui s'intéresse à l'étude du microclimat agroforestier adulte en systèmes d'élevage ovin. Il s'agit d'un projet d'une durée de trois ans, qui vise à évaluer le potentiel d'adaptation de systèmes agroforestiers matures au changement climatique. Le stage se focalise plus particulièrement sur l'expérimentation conduite à Theix au pâturage.

2. Les équipes associées au projet

Ce stage est encadré par quatre personnes, toutes travaillant au centre INRA de Theix :

- Cécile GINANE est chargée de recherche et animatrice adjointe de l'équipe Caraïbe de l'UMR1213 Herbivores. Elle est docteur en Biologie des organismes et Éthologie et titulaire de l'Habilitation à diriger des recherches. Elle travaille sur le comportement alimentaire des petits ruminants, et plus particulièrement sur les mécanismes d'apprentissage alimentaire et d'adaptation à des ressources alimentaires diversifiées.
- Véronique DEISS est chargée de recherche dans l'équipe Caraïbe de l'UMR1213. Elle est docteur en biologie du comportement. Ses travaux portent sur l'impact des conditions d'élevage sur la perception par l'animal de son environnement par et sur l'amélioration du bien-être.
- Donato ANDUEZA est ingénieur d'études dans l'équipe Dinamic (Digestion, Nutrition, Alimentation et Microbes) de l'UMR 1213. Il est docteur ingénieur agronome. Ses

travaux portent sur la valeur alimentaire des ressources fourragères complexes et notamment des prairies permanentes.

- Mickaël BERNARD est technicien de recherches au sein de l'UE1414 Herbipôle. Il est chargé d'expérimentation sur le troupeau ovin allaitant et spécialiste en production ovine. Il est diplômé ingénieur et a mené des essais sur l'incorporation de plantes riches en composés secondaires dans des mélanges fourragers chez le mouton.

Le stage est également suivi par l'IDELE (Institut de l'Elevage) et AGROOF.

L'IDELE est un organisme de recherche-développement, qui vise à améliorer les performances des élevages et de leurs filières en apportant des solutions techniques aux élevages d'herbivores ainsi qu'aux autres acteurs de la filière. Les domaines d'action sont multiples : génétique, bien-être animal, environnement, économie des exploitations...

AGROOF est un bureau d'étude et une société coopérative et participative spécialisée en agroforesterie. Il vise à promouvoir les parcelles agroforestières (association d'arbres avec des cultures ou de l'élevage) auprès des agriculteurs et des collectivités. Les champs d'action d'AGROOF concernent l'agroforesterie et divers domaines, tels que l'eau, les grandes cultures, l'élevage, la biodiversité, le maraîchage ou encore les sols. AGROOF est le coordinateur du projet Parasol.

3. Contexte

La mission du stage a pour thème le « pâturage ovin sur prairies arborées : quels impacts des arbres sur l'animal et la prairie ? ».

Dans les années 1920 à 1950, l'agrosylvopastoralisme a peu à peu disparu à cause de la céréaliculture dans certaines zones qui étaient jusqu'alors exploitées par les ruminants. Dans la même période, l'élevage ovin est devenu de plus en plus intensif (Lachaux et al., 1988). Les arbres ont pendant longtemps été considérés comme des obstacles qui interféraient avec une production à grande échelle, ainsi qu'avec la mécanisation de l'agriculture. Aujourd'hui, les exploitations sont fragilisées d'un point de vue économique car les sécheresses sont devenues régulières, fragilisant l'autonomie fourragère (et de manière générale l'autonomie alimentaire). La volatilité du prix des matières premières, ainsi que la hausse du prix des intrants sont aussi des éléments fragilisants pour les exploitations. Dans ce contexte, le sylvopastoralisme, qui consiste à faire pâturer les animaux en forêt ou sur parcours pour les faire bénéficier des ressources fourragères des arbres et arbustes, constituerait un mode de gestion durable, qui permettrait de concilier les objectifs forestiers et pastoraux. Les agriculteurs pourraient ainsi diversifier leurs ressources financières, en utilisant les produits de l'arbre, en plus des produits issus de leurs activités d'élevage. Ainsi, l'arbre peut avoir un rôle économique important s'il est utilisé en tant que bois d'œuvre, de chauffage ou pour ses fruits.

Au pâturage, les arbres peuvent procurer divers bénéfices pour l'animal. Ils permettent de diminuer le stress thermique et ainsi la dépense énergétique des animaux. Un couvert arboré peut également avoir des effets sur la fertilité des brebis ; notamment, le stress thermique en provoque la diminution (en ayant des conséquences sur l'ovulation, l'œstrus, la fécondité et la survie de l'embryon). Les agneaux peuvent également être affectés par les arbres : le taux de mortalité diminue quand la parcelle est arborée (Bird et al., 1992).

Les arbres fournissent un abri aux ruminants. Ces abris naturels offrent une protection contre les radiations solaires en été, et contre le vent, les précipitations et autres intempéries en hiver. La végétation permet de diminuer la vitesse du vent et crée des zones où les précipitations sont moins importantes. Cela dépend évidemment de la hauteur, de la porosité et de la densité de la végétation, et aussi de l'espèce. Dans le futur, en milieu tempéré, le nombre d'épisodes chauds augmentera probablement, il est donc essentiel de prendre en compte cette fonction.

Egalement, les arbres peuvent fournir de la nourriture aux animaux via leur feuillage. Les arbres modifient aussi la strate herbacée, qui constitue la première ressource alimentaire du troupeau au pâturage. En effet, il semble que l'ombre créée par les arbres permette d'améliorer la qualité de l'herbe de la prairie, facteur important pour l'animal.

Malgré ces fonctions intéressantes et non négligeables pour les animaux, les arbres pourraient constituer un obstacle pour l'éleveur. En effet, nous pouvons supposer que son travail est affecté par la présence des arbres : peut-être qu'il est plus difficile de rassembler les animaux dans un contexte arboré (et par conséquent, le travail est plus contraignant).

En ce qui concerne la prairie, l'arbre, de par sa fonction de « couverture », permet de la préserver pendant la saison estivale, et il la préserve du gel la nuit pendant l'hiver. Il permet aussi d'intercepter la pluie. Ces éléments permettent d'augmenter potentiellement la durée d'utilisation du pâturage, et donc l'autonomie fourragère de l'éleveur ; ceci est non négligeable d'un point de vue économique. Dans la littérature, beaucoup d'exemples ont été traités dans des régions tropicales, arides, semi-arides, subhumides... Les cas étudiés sont principalement dans des pays d'Amérique du Sud ou encore en Nouvelle-Zélande ou aux Etats-Unis. Notamment, dans les régions subhumides, il a été démontré que les arbres entraînent une évapotranspiration réduite, en comparaison avec des prairies ouvertes non arborées. Ceci est le principal facteur d'augmentation de la biomasse de la prairie (qui pousse donc sous les arbres). Dans ces régions, la durée de la saison sèche (relativement conséquente), la densité des arbres et les caractéristiques du sol permettent d'expliquer ces résultats.

Néanmoins, la concurrence entre les arbres et la prairie pour l'accès à la lumière, l'eau et les nutriments peut aussi impacter négativement l'arbre (Mead, 2009), notamment lorsqu'il est jeune, et la prairie. En effet, le principal frein à un passage à un système agroforestier est la diminution attendue de la production herbacée, avec la crainte pour l'éleveur de ne pas réussir à nourrir ses animaux avec les ressources de la parcelle. Un des intérêts du projet Parasol est de permettre de réunir des données quantitatives à ce sujet, car à l'heure actuelle, peu d'études y ont été consacrées en milieu tempéré et sur des arbres adultes (âgés de 20 à 30 ans dans notre cas).

Il est certain que l'arbre procure de multiples avantages environnementaux. Il constitue un habitat pour la faune et la flore ; il participe donc à la conservation de la biodiversité (Jose, 2009). Il contribue à la constitution d'un microclimat sur les parcelles et permet donc d'atténuer les variations de température et par conséquent les effets du changement climatique. Egalement, il permet de fixer les nutriments grâce aux racines, et il contribue à la diminution de l'acidification du sol.

Les arbres permettent aussi de limiter l'érosion du sol, et ils ont une action de régulation de l'évapotranspiration du couvert. Les arbres ont aussi une fonction de stockage du carbone atmosphérique. La mise en place des pratiques d'agroforesterie permet d'en augmenter la quantité séquestrée (en comparaison avec la monoculture). La capacité à stocker le carbone dépend de divers facteurs comme le type de système, l'espèce végétale, l'âge de l'espèce (plus l'âge des arbres est important, et plus la capacité à stocker le carbone augmente), la localisation géographique, les facteurs environnementaux ou encore la gestion des terres qui

est pratiquée. La quantité de carbone du sol varie beaucoup selon la région ; par exemple, en milieu tempéré, les systèmes agroforestiers ont une plus faible séquestration du carbone que ceux en milieux tropicaux.

Il apparaît également que chez les arbres dont les racines sont profondes, la compétition avec l'herbe de la prairie est moindre. Aussi, un enracinement profond permet la remontée des éléments minéraux lessivés (tels que l'azote). Le recyclage des feuilles tombées de l'arbre permet aussi de reconstituer la matière organique du sol.

Cet enracinement profond permet une meilleure aération du sol, ainsi que l'installation de microfaunes et de microflore, nécessaires au bon fonctionnement du sol. Ceci constitue aussi une barrière physique aux éléments polluants.

II. Objectifs et hypothèses de travail

1. Objectifs

Les objectifs de l'expérimentation, dans le cadre du projet Parasol, sont d'identifier et de quantifier les impacts et bénéfices potentiels d'arbres adultes en prairies pâturées par des ovins, à travers différents critères :

- Les performances, le comportement, le bien-être et la santé des ovins ;
- La productivité et la qualité de la ressource prairiale ;
- La biodiversité animale (insectes) et végétale à l'échelle de la parcelle.
- Les conditions microclimatiques

Ces éléments nous permettront de mettre en évidence des stratégies d'atténuation et d'adaptation au changement climatique, de façon à valoriser l'agroforesterie et à l'intégrer aux systèmes d'élevage.

L'intérêt de cette expérimentation (et du projet Parasol en général) est que les systèmes agroforestiers adultes (de 20 à 30 ans dans notre cas) en milieu tempéré et sur élevage de ruminants ont été très peu étudiés.

Remarque : il semble plus pertinent pour notre étude de s'intéresser à des systèmes agroforestiers adultes, car dans le cas de parcelles jeunes, les interactions entre l'arbre et la prairie sont moins significatives.

2. Méthodes

i. Parcelles et animaux

Le dispositif sur lequel nous travaillons actuellement se situe en Auvergne, à Theix, sur les parcelles de "Lamartine", et comporte trois parcelles de 8000 m² destinées au projet, caractérisées par des densités d'arbres adultes (merisiers et érables) différentes :

- **A0** : témoin nu, avec seulement un arbre sur la parcelle pour satisfaire les recommandations éthiques en offrant la possibilité aux animaux de disposer d'un abri contre les conditions climatiques ;
- **A+** : 60 arbres/ha ;
- **A++** : 150 arbres/ha.



Figure 1. De gauche à droite, les parcelles A+ et A++ (Lamartine, Theix ; source personnelle)

Pour cette étude, les animaux étudiés au pâturage sont des brebis Romanes (anciennement INRA 401), accompagnées de leurs agneaux en début de saison de pâturage (portées doubles, pendant 6 semaines environ après la mise à l'herbe). Les brebis restent sur les parcelles, en pâturage continu, pendant toute la saison de pâturage. La race Romane est une race relativement récente créée dans les années 70 pour améliorer la productivité du troupeau ovin français. Ces ovins sont issus du croisement d'animaux Romanov (race prolifique) et Berrichon du Cher (race bouchère). La race Romane est productive (prolificité élevée), la production peut facilement être dessaisonnée, donc elle peut produire toute l'année. Egalement, la race s'adapte à de multiples milieux d'élevage. Pour l'expérimentation, nous disposons de 30 brebis (10 sur chaque parcelle) qui sont identifiées par des bandes de différentes couleurs, peintes sur les flancs.

ii. Mesures et prélèvements

Pour permettre d'évaluer l'impact des arbres sur la prairie et les ovins, plusieurs mesures et observations sont réalisées, pour chacune des parcelles et pour tous les animaux :

- Des mesures zootechniques (poids et état corporel)
- Le comportement des brebis au pâturage (bilan d'activité)
- La réponse à la chaleur (fréquence respiratoire)
- La réactivité aux insectes
- Des mesures d'infestation parasitaire (coproscopies)
- Les mesures de hauteurs d'herbe
- La biomasse offerte de la parcelle (et des mises en défends).
- La caractérisation des insectes présents sur chacune des parcelles à l'étude
- Les relevés climatiques (température, humidité, radiation, vitesse du vent)

Mesures zootechniques : poids et état corporel

L'arbre a une influence sur la qualité et la quantité de l'herbe, qui peut alors se répercuter sur la croissance et l'état des animaux. Des mesures de poids vif et de NEC (Note d'Etat Corporel) ont donc été réalisées régulièrement, en même temps que les coproscopies.

Les brebis sont pesées grâce à une balance électronique, de façon à évaluer la variation de masse des animaux au cours du temps. Pendant que la brebis se trouve sur la balance, l'observateur évalue sa note d'état en palpant la région lombaire. L'échelle s'étend de 0 à 5 (0 pour un animal émacié et sur le point de mourir ; 5 pour un animal très gras).

Analyses de comportement des ovins sur les différentes parcelles

Une de nos hypothèses est que la présence d'arbres impacte directement le temps dédié à manger chez les brebis ; en effet, chez les brebis qui ont à leur disposition un seul arbre, les repas seraient plutôt pris tôt le matin et tard le soir, lorsque la température (en été notamment) est moins importante. Chez les brebis qui se trouvent sur des parcelles arborées, cette activité pourrait être plus indépendante de l'horaire : la présence d'ombre leur permettrait de ne pas souffrir de la chaleur lorsqu'elles souhaitent se nourrir.

Plusieurs éléments sont évalués. Tout d'abord, des « scans d'activité » sont réalisés. Toutes les 5 minutes exactement, et ce pour une durée de deux heures, trois fois par jour (de 8h45 à 10h45, de 13 à 15h et de 18h30 à 20h30 au printemps ; de 8 à 10 heures, de 13 à 15 heures et de 18 à 20 heures en été), l'activité et la position de la brebis sont notées, en utilisant les codes définis ci-après.

Sur chaque feuille de scan sont notés le lieu d'observation, la parcelle, la météo, la date et le nom de l'observateur.

Codes activité	Signification
C-Re	Couché - Repos
C-Ru	Couché - Rumine
D-Re	Debout - Repos
D-Ru	Debout - Rumine
D-M	Debout - Mange
D-B	Debout - Boit
D-Sel	Debout - Lèche la pierre à sel
D-D	Debout - Déplacement
D-V	Debout - Vigilance
D-Au	Debout - Autre (ex : se frotte, se gratte...)
D-Sag	Debout - Social agneau
D-Sbr+	Debout - Social brebis, contact positif
D-Sbr-	Debout - Social brebis, contact négatif
D-Ar	Debout - Arbre (contre l'arbre ou très proche)
D-C	Debout - Chôme

Tableau 1. Codes et significations des activités

Codes position (à deux lettres)		Signification
Lettre 1	A	Au contact de l'arbre
	H	Sous le houppier
	N	Dans zone nue (sans arbre au-dessus de l'animal)
	AE	Tout près d'un arbre / haie extérieur(e) à la parcelle
	HE	Sous houppier d'un arbre extérieur à la parcelle
Lettre 2	O	A l'ombre
	S	Au soleil
	c	Quand pas de soleil, temps couvert
	OE	A l'ombre d'un arbre extérieur

Tableau 2. Codes et significations des positions

Pour évaluer la durée et les périodes d'alimentation sur 24h, les brebis ont été équipées de colliers Ethosys®. Il s'agit d'un dispositif qui enregistre automatiquement l'activité de pâturage, et plus spécifiquement les mouvements et la position de la tête (haute/basse). Cet équipement constitue un bon complément aux scans réalisés sur le terrain car les mesures réalisées pendant la période diurne ne représentent pas l'ensemble de l'activité des brebis.

Réponse à la chaleur

Nous avons émis l'hypothèse que les animaux se trouvant sur la parcelle non arborée seraient plus affectés par la chaleur, en période estivale, que les animaux pâturant sur les parcelles arborées (nous supposons que ceci est particulièrement vrai pour les brebis de la parcelle A++).

Nous avons donc fait des relevés pour évaluer la réaction à la chaleur, en mesurant le nombre de mouvements respiratoires pour une durée définie. Les mouvements sont comptés à l'aide d'un compteur manuel, pendant une durée s'étalant entre 1min30 et 1min45 (nous avons choisi cette référence pour avoir des données significatives et ainsi pouvoir comparer les brebis entre elles). Ces observations sont réalisées lorsque les brebis sont couchées car lorsqu'elles sont debout, ces mouvements sont difficilement détectables.

Réactivité aux insectes

Nous avons émis l'hypothèse que la proportion d'insectes varie avec la densité d'arbres. Plus précisément, nous supposons que les arbres, en diversifiant l'écosystème prairial et en offrant des refuges et des points d'attraction pour les insectes, favoriseraient une diversité de l'entomofaune. De ce fait, les animaux pâturant sous les arbres pourraient être plus gênés par les insectes (volants essentiellement) que ceux pâturant une parcelle nue.

Nous avons donc compté le nombre de mouvements des pieds, tête (ou oreilles), queue et dos, également sur une durée de 1min30 à 1min45.

Dans la saison estivale, les mesures de réaction à la chaleur et de réactivité aux insectes ont été réalisées 7 fois, de fin mai à fin juillet, à intervalles réguliers.

Evaluation de l'infestation parasitaire : coproscopies

L'effet de l'arbre sur le parasitisme gastro-intestinal des ovins (par les nématodes notamment) est mal connu. Deux hypothèses apparaissent dans la littérature : certains écrits nous informent du fait que la présence d'arbres permettrait la survie des larves sur le couvert, car ils permettent la résistance au gel et le maintien d'une humidité au sol favorable à leur survie. Mais d'autres ouvrages affirment que la présence de composés secondaires dans les feuilles, par ingestion ou par dégradation, pourrait réduire le niveau d'infestation de l'animal au pâturage.

Afin d'analyser l'effet de la présence des arbres sur les parasites intestinaux des ovins, des coproscopies ont été réalisées, en suivant la méthode de Mac Master. Il s'agit d'une méthode de comptage quantitative d'œufs de parasites, rapide à réaliser. Les prélèvements de fèces sont réalisés à intervalles réguliers (avant le sevrage : toutes les 2 semaines sur les brebis et un de leurs agneaux, puis après le sevrage, toutes les 3 semaines) sur toute la saison de pâturage (de mai à novembre).

Pour l'observation au microscope des œufs de nématodes, nous avons procédé de la manière suivante : une solution saturée en sel a été préparée, à la concentration 357g/L. Pour chaque brebis, nous avons prélevé 3 grammes de matière fécale, auxquels nous avons ajouté 42 mL de la solution saturée en sel (14 mL de solution pour 1g de matière fécale). Les fèces sont alors broyées avec un pilon, et le « jus » qui en résulte est mis dans une lame de Mac Master ; chaque lame comporte deux grilles de 0.15 mL de contenance chacune. Le plafond de chaque compartiment est divisé en six cellules de 1.7 mm de largeur. Après une minute d'attente après dépôt de la solution dans la lame, le temps que les œufs remontent, nous avons pu distinguer trois types d'œufs au microscope : les strongles, les strongyloïdes et les coccidies.

Remarque : les strongles et les strongyloïdes sont dénombrés exactement, tandis que pour les coccidies, nous nous contentons d'apprécier la proportion (0, +, ++ ou +++). Nous nous y intéressons seulement à titre d'information. Nous ne les comptons pas réellement car en règle générale, elles se trouvent principalement chez les agneaux et lorsque les animaux sont hébergés en bâtiment.

La solution est diluée au 1/15^{ème}, donc pour obtenir le nombre d'œufs par gramme, on multiplie par 50 chacun des deux résultats obtenus (car le comptage se fait sur les deux compartiments de la lame de Mac Master).

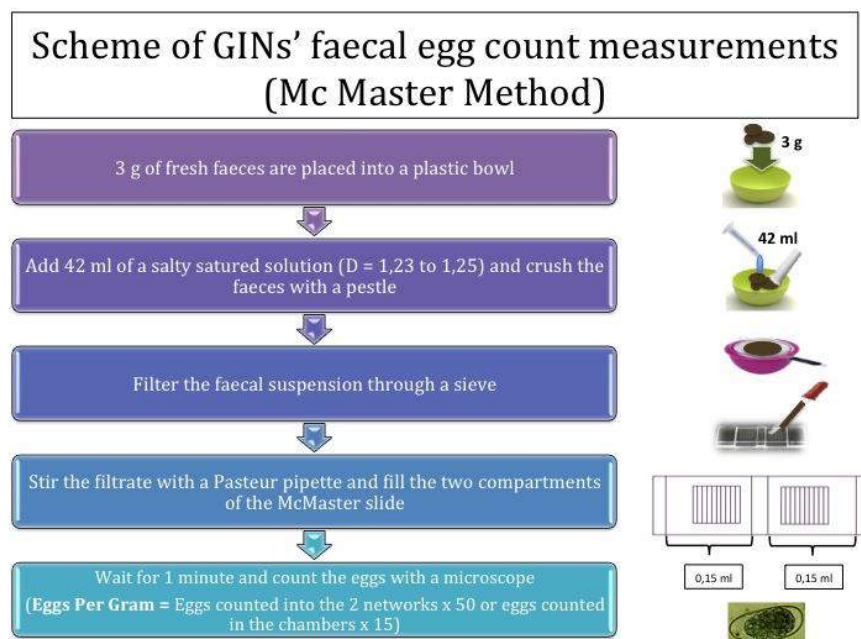


Figure 2. Méthode de réalisation d'une coproscopie (source personnelle)

Cette méthode comporte toutefois des limites : l'observation au microscope se fait au grossissement x10, on ne peut donc pas observer tous les œufs de parasites ou les organismes de très petite taille, comme les protozoaires par exemple. On ne peut pas non plus observer les larves car elles sont situées dans le bas de la cellule, tandis que les œufs sont au-dessus.

Mesures de hauteurs d'herbe offerte

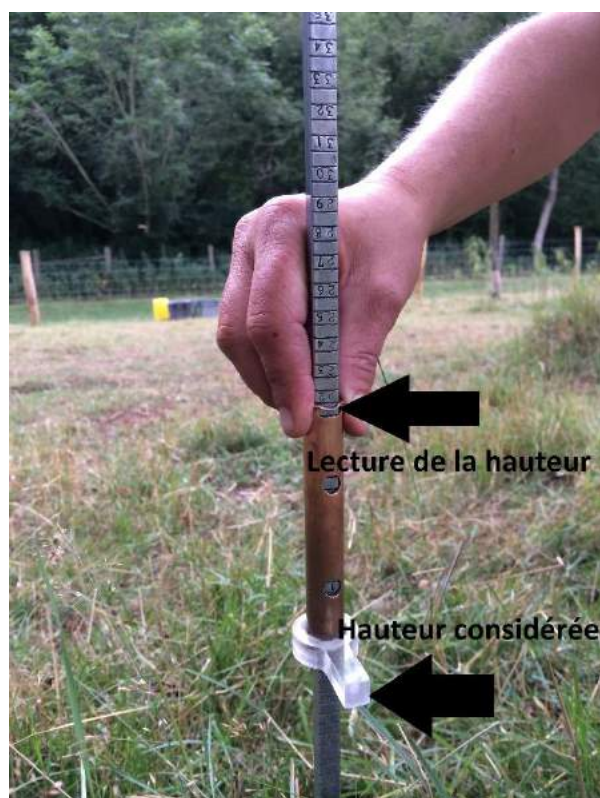


Figure 3. Mesure de hauteur d'herbe (source personnelle)

Nous supposons que la densité d'arbres impacte la croissance de l'herbe de la prairie, mais avec un effet probablement relatif à la densité d'arbres.

Nous avons donc régulièrement mesuré les hauteurs d'herbe, en utilisant un mètre stick, pour évaluer l'impact de la présence et de la densité d'arbres sur ce facteur. Il s'agit de relever 250 points sur chaque parcelle, le long de 10 transects parallèles répartis sur la parcelle, de façon à estimer une hauteur moyenne et un écart-type.

Nous avons procédé de la manière suivante : tous les trois pas environ, la hauteur a été mesurée. Cette hauteur correspond au premier élément végétal que la barre de mesure du stick rencontre. Pour chaque mesure réalisée, nous avons pris soin de noter si nous étions situés dans une zone nue ou sous un houppier.

Ces mesures ont été faites avant chaque période d'observation et une fois / semaine en été pour surveiller la diminution de biomasse et déterminer la date de sortie des animaux si besoin (seuil moyen de 5,5 cm).

Evaluation de la biomasse offerte d'une parcelle

En ce qui concerne l'arbre et la prairie, deux hypothèses divergent : la prairie pourrait être en compétition avec l'arbre pour les ressources du sol (nutriments, eau). Mais dans le même temps, l'arbre permettrait d'améliorer les conditions climatiques et météorologiques, en créant un microclimat au sein de la parcelle. En effet, il permet de limiter l'évapotranspiration du couvert et il tempère les températures extrêmes. Ce microclimat modifie les paramètres suivants : lumière, eau, vent, température, flux de carbone, d'azote et de macronutriments.

L'arbre, en protégeant la prairie de la chaleur du soleil, pourrait favoriser une herbe de meilleure qualité. Mais dans le même temps, le facteur lumière pourrait être limitant, ce qui empêcherait une pousse optimale de l'herbe. L'objectif est de quantifier le rapport coût/bénéfice entre biomasse et qualité de l'herbe.

Donc les échantillons prélevés seront analysés pour en déduire la valeur nutritionnelle de la prairie. Sur chacune des parcelles, nous souhaitons évaluer l'effet de la compétition entre la prairie et les arbres. Pour cela, des prélèvements de biomasse ont été réalisés en tondant des bandes de 2m x 10cm (soit la largeur de la mini-tondeuse) à une hauteur de 2 cm (hauteur du sabot de la mini-tondeuse). Sur la parcelle A0, 8 prélèvements ont été faits, de façon à représenter l'ensemble de la zone. Sur les parcelles A+ et A++, nous avons fait 16 prélèvements : 8 en zone nue et 8 sous les arbres. Puis nous avons placé nos 40 échantillons à l'étuve pendant une durée de trois jours à 60°C (une température plus haute risquerait de dénaturer les échantillons et de fausser les analyses).

De plus, dans chacune des trois parcelles ont été mises en place trois zones en défends, non accessibles aux animaux, pour évaluer la dynamique de végétation (biomasse, proportion de graminées et de légumineuses, stade phénologique), indépendamment de la présence des ovins. Nous pouvons ainsi évaluer la biomasse potentielle en mesurant la croissance, ainsi que la qualité nutritive de l'herbe, notamment à l'ombre, sous les arbres. Deux méthodes sont utilisées :

- Tout d'abord, nous avons suivi le protocole général mis en place dans les autres exploitations impliquées dans le projet : dans chacune des zones en défends de chacune des trois parcelles, six quadrats de 0.54 m² ont été définis. A 800 DJ (ce qui correspond au mois de mai à Theix), nous avons réalisé la 1^{ère} coupe. La deuxième coupe a été réalisée à 1200 DJ. Puis, elles sont réalisées tous les 40 jours. Cette méthode correspond à l'exploitation de la prairie dans des conditions intensives.
- Nous avons souhaité simuler une utilisation plus traditionnelle de la prairie. Dans les zones en défends à nouveau, nous avons choisi de raser des bandes de 1mx10cm (soit la largeur de la mini-tondeuse) pour évaluer la dynamique de la végétation naturelle (nous ne rasons jamais deux fois au même endroit). Ce procédé est réalisé tous les 15 jours et correspond au 1^{er} cycle de végétation. Cette démarche a été aussi suivie pour le deuxième cycle de végétation en simulant une coupe à 1200 DJ. Le but est de caractériser la croissance pendant la saison.

Grâce à ces procédés, nous pourrions évaluer l'évolution de la qualité du fourrage, de la biomasse ainsi que de la dynamique de repousse postérieure. Ainsi, nous pourrions prendre en compte ces éléments lors de la conduite des ruminants. De même, nous avons placé nos échantillons à l'étuve.

Nous avons pesé les échantillons de biomasse avant et après le séchage, de façon à évaluer la teneur en eau (et donc la matière sèche).

Ces échantillons séchés seront analysés à la fin de la saison de pâturage ; nous évaluerons leur valeur nutritive (digestibilité cellulase, teneur en azote totale, teneur en fibres). Nous nous intéressons aussi à la diversité floristique des parcelles et à l'évolution du stade phénologique. Les échantillons ont été placés au congélateur et la composition botanique sera aussi déterminée plus tard au cours du stage.

Analyse des espèces d'insectes

Pour aller plus loin en ce qui concerne l'entomofaune de la prairie, nous avons souhaité nous pencher sur l'analyse des insectes présents sur chacun des trois parcelles, afin d'évaluer l'effet de la densité d'arbres sur ce facteur.

Pour cela, nous avons placé trois bols de trois couleurs différentes (blanc, bleu et jaune) dans une zone délimitée par un filet, de façon à ce que les brebis n'altèrent pas le dispositif. Nous les avons remplis d'eau et de liquide vaisselle. Après 3 jours, nous avons récupéré les bols et leur contenu, à savoir les insectes, que nous avons placés dans de l'alcool. Les insectes ont été envoyés pour détermination.

Les relevés climatiques

Sur chacune des parcelles ont été placées des stations météorologiques (à l'abri des animaux et des aléas climatiques). Les facteurs évalués par les stations sont la température, l'humidité, la radiation et la vitesse du vent. La moyenne de chacun des facteurs est réalisée toutes les 15 minutes et les valeurs sont déchargées toutes les trois semaines. Ainsi, il est possible de connaître les conditions microclimatiques des parcelles de façon précise.

3. Résultats

Dans la période de stage correspondant à ce premier rapport, les analyses de résultats n'ont pas encore pu être pratiquées. En effet, la première phase d'expérimentation a eu lieu pendant l'été, d'où le manque de temps pour réaliser les analyses.

Pour analyser les résultats, le type d'analyse a déjà été choisi. Nous utiliserons le logiciel SAS (Statistical Analysis System). Une ANOVA (Analyse de la Variance) sera réalisée pour des données telles que les résultats des coproscopies. Nous réaliserons une AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) pour les scans de comportement. Nous pourrions également réaliser une ANOVA sur les proportions de temps passé à chaque activité, seule ou groupée à d'autres (exemple : proportion de temps passé à manger, à ruminer, etc.).

4. Limites du projet

Certains marqueurs n'ont pas pu être analysés. En effet, il est prévu dans le projet Parasol d'évaluer le bien-être animal. Cette expérimentation sera a priori réalisée l'année prochaine par la méthode de l'évaluation qualitative du comportement (Qualitative Behaviour Assessment).

Egalement, il avait été décidé de quantifier la distance entre les brebis au pâturage. Deux solutions ont été envisagées : tout d'abord, la distance pourrait être mesurée en utilisant une « échelle en moutons ». Par exemple, nous aurions pu dire « cette brebis se situe à trois moutons de sa plus proche voisine ». Mais il est difficile de s'approcher assez des brebis pour compter avec précision, et quand la distance entre l'homme et l'animal est trop grande, l'approximation est difficile. Egalement, la distance aurait pu être définie avec un mètre laser, mais en plein jour (et même à l'ombre), il est impossible d'utiliser ce genre de dispositif. L'année prochaine, il serait pertinent d'utiliser plutôt des photographies en définissant des repères visuels, pour disposer d'une échelle.

Ensuite, nous avons formulé l'hypothèse que les arbres pouvaient tempérer les comportements agressifs chez les animaux. Mais cette hypothèse serait certainement plus pertinente avec un nombre important de brebis (dans notre expérimentation, le nombre de brebis est clairement plus faible que dans le cas d'un élevage). Sur nos parcelles, les brebis sont en faible effectif, et compte tenu de la surface à leur disposition, nous avons noté très peu de comportements agressifs, en tout cas sur la période printemps/été.

De plus, les scans de comportement, ainsi que la réaction aux insectes et à la chaleur ont été réalisés pendant la période estivale sur les sites de St Gervais et de Brioude. Les brebis utilisées sur ces sites ne sont pas des brebis Romanes ; ce sont des brebis Bizet ou des Blanches du Massif Central. Il serait alors intéressant de caractériser aussi l'action des arbres sur ces parcelles et sur ces animaux, tout en prenant en compte l'effet « race ». Ce paramètre nous permettrait toutefois certainement de tirer des généralités, quant à la relation entre arbres et animaux.

Le projet se propose aussi d'évaluer la valeur nutritive des fourrages, mais il s'agit seulement d'une estimation réalisée à partir des échantillons de biomasse de la prairie. Les résultats obtenus par analyses chimiques ne seront que des approximations et pas des résultats précis. Par ailleurs, l'ingestion, qui est un facteur déterminant pour l'animal, ne peut pas être estimée, ce qui limite encore le degré de précision de l'étude.

Le projet Parasol présente des limites plus « générales ». L'expérimentation est effectuée dans trois régions françaises : Auvergne (climat semi-montagnard), Languedoc-

Roussillon (climat méditerranéen), Nord-Pas-de-Calais (climat de plaine tempérée). Or, sur l'ensemble des parcelles mises en jeu dans le projet Parasol, les parcelles de Theix sont les seules où le milieu est contrôlé. La pression de mesure y est beaucoup plus importante. Les autres sites appartiennent à des éleveurs ou à des lycées agricoles, par conséquent, notre latitude d'intervention est plus limitée.

Remarque : en Auvergne, les parcelles de Lamartine ne sont pas les seules à être utilisées pour le dispositif. Les sites des lycées agricoles de Brioude et St Gervais en font également partie, même s'ils n'ont pas exactement les mêmes caractéristiques que le site de Theix.

Enfin, certains éléments que nous avons choisi d'évaluer varient selon la période et le climat, comme par exemple l'herbe de la prairie (la quantité et la qualité), le comportement des brebis... Malgré leur variabilité, nos analyses nous permettront tout de même d'évaluer les bénéfices d'une parcelle arborée, et probablement aussi un gradient d'impact du couvert arboré.

III. Perspectives d'avenir et applications

1. Suite du projet Parasol

Tout d'abord, ce rapport ne représente qu'une brève partie de ce qui est, et sera réalisé lors du stage complet. A l'issue des six mois de stage à l'INRA, un rapport sera écrit pour le GIS *Elevages Demain* et sera évidemment beaucoup plus complet, quant aux résultats et aux expérimentations.

Lorsque les observations, mesures et prélèvement dans les trois sites seront terminés, l'objectif est de mettre en parallèle les résultats obtenus, de façon à réellement évaluer l'impact des arbres sur les ruminants sur le territoire français (et donc dresser quelques conclusions sur l'impact des arbres en milieu tempéré et méditerranéen).

D'autres équipements sont envisagés pour permettre de mieux caractériser le comportement des ovins sur des journées entières. Il serait notamment possible de les équiper d'accéléromètres dans le but d'évaluer les déplacements des animaux (couché, debout, statique, en mouvement, vitesse...). Grâce à cet équipement, il serait possible de déterminer si les activités au sein d'un même groupe sont variables ou pas ; on peut notamment supposer que l'activité des brebis de la parcelle A0 est relativement homogène au sein du groupe, tandis que sur les autres parcelles, les brebis ont des activités relativement hétérogènes.

Dans le projet Parasol, une tâche concerne les arbres fourragers et l'analyse de feuilles de différentes essences comme fourrages potentiels (valeur alimentaire principalement). Au début du mois de juillet et à la fin du mois d'août, nous avons réalisé sur le site de Theix des prélèvements de feuilles de frêne sur une autre parcelle que celles évoquées précédemment. Ces arbres sont des arbres de haut jet et des têtards de 1 mètre. Ces échantillons ont été passés à l'étuve. Le but était de caractériser la biomasse disponible et la valeur alimentaire des feuilles de frêne, qui est une espèce référente (croissance rapide, tolérance à la trogne et appétence pour les herbivores). Dans le futur, il serait intéressant de mettre des brebis au pâturage sur une parcelle où ont poussé des frênes, pour ainsi évaluer l'impact sur l'animal. Le frêne pourrait fournir une ressource fourragère conséquente aux ovins. De plus, peu d'études ont été réalisées sur la digestibilité des feuilles de frêne, on sait seulement qu'elles sont appétentes pour les animaux ; ceci doit faire l'objet d'un essai à Theix en 2017, lors de tests de digestibilité en bergerie. De plus, à l'heure actuelle, nous considérons seulement les fonctions d'abri et d'impact sur la prairie du

merisier, mais il serait intéressant de considérer la production fourragère qui peut être fournie par ces arbres. En effet, l'animal au pâturage en zone agroforestière se nourrit de glands, d'herbes, de broussailles et de feuilles, ce qui réduit les achats pour l'agriculteur.

2. Futures applications

A la fin de la 2^{ème} année d'expérimentation, les participants à l'étude iront rencontrer les agriculteurs dans les trois régions concernées (Nord-Pas-de-Calais, Auvergne et Languedoc-Roussillon) pour exposer les travaux réalisés et les résultats obtenus.

Un colloque sera réalisé à Beauvais en fin de projet.

A la suite de la mission, les données recueillies durant l'expérimentation pourront être intéressantes pour évaluer le potentiel des pratiques agricoles capables de séquestrer le carbone et d'atténuer le changement climatique. Les résultats de l'étude pourront alimenter les futurs projets de recherche en élevage (en relation avec le réseau d'éleveurs innovants Base Agroforesterie).

Les résultats seront valorisés dans un cadre pédagogique avec des modules de formation pour les lycées agricoles, et des parcelles seront mises en place en partenariat avec les lycées candidats.

Ce premier rapport de stage nous permet de faire l'état des lieux de ce qui a déjà été réalisé au cours du stage. Le plus intéressant pour l'étude sera à faire par la suite, comme par exemple l'analyse des échantillons de biomasse, l'analyse statistique des résultats, de manière à réellement évaluer l'effet de l'arbre sur les animaux ainsi que sur la prairie. De plus, la transmission des conclusions aux éleveurs sera peut-être déterminante dans leurs choix de conduite des animaux et des parcelles.

Références bibliographiques :

- BENAVIDES R., OSORO K., *Silvopastoralism in New Zealand: Review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics*, 2008. Agroforestry systems. 25 p.
- BERGEZ J.E., DULLER C., HOPPE G., *Light modification in a developing silvopastoral system in the UK: a quantitative analysis*, 1997. Agroforestry systems. 15 p.
- BIRD P.R., BICKNELL D., BULMAN P.A., BURKE S.J.A., LEYS J.F., PARKER J.N., VAN DER SOMMEN F.J., VOLLER P., *The role of shelter in Australia for protecting soils, plants and livestock*, 1992. Agroforestry systems. 28 p.
- Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF), *Le sylvopastoralisme – Concilier gestion forestière et conduite pastorale en forêt privée*. 4 p.
- CRPF Languedoc-Roussillon, dans le cadre du Programme Intégré de Recherches en Agroforesterie à Restinclières (PIRAT). *Fiche – Essence – Frêne oxyphylle*. 2 p.
- CRPF Languedoc-Roussillon, dans le cadre du Programme Intégré de Recherches en Agroforesterie à Restinclières (PIRAT). *Fiche – Essence – Merisier*. 2 p.
- DULORMNE M., SIERRA J., BONHOMME R., CABIDOCHÉ Y.M., *Seasonal changes in tree-grass complementarity and competition for water in a subhumid tropical silvopastoral system*, 2003. European Journal of Agronomy. 12 p.
- HAWKE M.F., *Pasture production and animal performance under pine agroforestry in New Zealand*, 1991. Forest Ecology and Management. 10 p.
- HAWKE M.F., DODD M.B., *Livestock shelter from trees – a review*, 2003. Grassland Research and Practice Series No 10. 8 p.
- JOSE S., *Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview*, 2009. Agroforestry Systems. 10 p.
- LACHAUX M., MEURET M., De SIMIANE M., *Composition chimique des végétaux ligneux pâturés en région méditerranéenne française : problèmes posés par l'interprétation des analyses*, 1987, 38 p.
- LACHAUX M., De BONNEVAL L., DELABRAZE P., *Pratiques anciennes et perspectives d'utilisation fourragère des arbres*. 1987, 23 p.
- Lettre d'information du Pays des Mauges. *Auprès de mon arbre... L'entretien de l'arbre têtard*, 2004. 2 p.
- LIAGRE F., SANTI F., VERT J., *L'agroforesterie en France : intérêts et enjeux*, 2012. Centre d'études et de perspectives. 4 p.
- MCNEELY J.A., SCHROTH G., *Agroforestry and biodiversity conservation – traditional practices, present dynamics, and lessons for the future*, 2005. Biodiversity and Conservation. 6 p.
- MEAD D.J., *Biophysical interactions in silvopastoral systems: a New Zealand perspective*, 2009. 8 p.
- PUTOD R., *Les arbres fourragers, le févier*, Institut pour le Développement Forestier, 1982. 10 p.
- SIGAUT F., *L'arbre fourrager en Europe, signification technique et économique*, 1981. 10 p.

SILVA-PANDO F.J., GONZALEZ-HERNANDEZ M.P., ROZADOS-LORENZO M.J., *Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the atlantic coast of Spain*, 2002. Agroforestry Systems. 10 p.

STAMPS W.T., LINIT M.J., *Plant diversity and arthropod communities: implications for temperate agroforestry*, 1998. Agroforestry Systems. 17 p.

VAN LAER E., SONCK B., PALMYRE HENRI MOONS C., TUYTTENS F., *Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates*, 2013. Livestock Science. 16 p.

VEISSIER I., MIALON M.M., SLOTH K.H., *Real time positioning to detect early signs of welfare problems in cows*, 2015. 4 p.

YAMAMOTO W., AP DEWI I., IBRAHIM M., *Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua*, 2007. Agricultural Systems. 8 p.