

JUIL.
2018

PARASOL :

AGROFORESTERIE EN SYSTEME D'ELEVAGE OVIN

Etude de son potentiel dans le cadre
de l'adaptation au changement
climatique

SYNTHESE

ADEME



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

Projet REACCTIF réalisé par :



REMERCIEMENTS

Consortium de recherche/comité de pilotage :

Camille Béral – AGROOF SCOP
Nicolas Girardin – AGROOF SCOP
David Grandgirard – UniLasalle
Dorothée Bizeray-Filoché – UniLasalle
Cécile Ginane – INRA-UMRH
Mickaël Bernard – INRA-UERT
Donato Andueza – INRA-UMRH
Véronique Deiss – INRA-UMRH
Jean-Claude Emile – INRA-Ferlus
Sandra Novak – INRA-Ferlus
Eric Pottier – IDELE
Jean-Christophe Moreau – IDELE
Julien Fradin – IDELE
Fabien Liagre – AGROOF SCOP
Audrey Trévisiol – ADEME

Contributeurs (hors comité de pilotage) :

Hélène LeGallic (AGROOF SCOP) ; Antoine Marin (AGROOF SCOP) ; Sébastien Dulieu (AGROOF SCOP) ; Ambroise Martin-Chave (AGROOF SCOP) ; Pierrick Gouhier (AGROOF SCOP) ; Fabienne Picard (INRA Theix) ; André Guittard (INRA Theix) ; Julianne Pourrat (INRA Theix) ; Stéphanie Mahieu (INRA Ferlus Lusignan)

Stagiaires :

Matthias Thiery (2015) – AGROOF SCOP ; Samuel Lama (2015) – IDELE ; Guillaume Sabourin (2016) – AGROOF SCOP ; Thibault Berne (2016) – IDELE ; Victor Cuisinez (2016) – UniLasalle ; Alice Elvinger (2016) – UniLasalle ; Carla Gava (2016) – INRA Theix ; Arthur Rocher (2017) – AGROOF SCOP ; Hugo Lasselin (2017) – UniLasalle ; Pauline Dechavanne (2017) – INRA Theix ; Vincent Lefevre (2017) – IDELE ; Jean Baptiste De Solère (2017) – IDELE ; Maxime Jardillier (2018) – INRA Theix ; Méric Thellou (2016) – UniLasalle ; Camille Payen (2017) – UniLasalle ; Emma Beaubier (2018) – INRA Theix ; Jean-Pierre Talon (2018) – IDELE/ INRA Theix/AGROOF SCOP.

Remerciements :

Nous tenons à remercier l'ADEME pour son soutien financier durant ces trois années de projet, ainsi que son suivi technique assuré par Audrey Trévisiol.

Nos remerciements vont à l'ensemble des éleveurs ayant contribué au projet PARASOL : M. Ozieblo, M. François, M. Leduc, M. Ducrocq, M. Pacory, M. Leroyer, Mme Senaux, Mme et M. De Ridder, M. Giaccopeli, M. Plet, M. Ozieblo.

Nous remercions également Philippe Majot du PNR des Caps et Marais d'Opale, ainsi que Mehdi Bounab de la Chambre d'Agriculture de l'Ariège pour avoir organisé avec nous des journées d'échanges avec les éleveurs locaux.

Enfin nous remercions aussi le projet CASDAR ARBELE pour la collaboration active avec PARASOL, ainsi que le Ministère de l'Agriculture pour le co-financement de la tâche 2 du projet PARASOL.

CITATION DE CE RAPPORT

Béral C., Andueza D., Ginane C., Bernard M., Liagre F., Girardin N., Emile J-C., Novak S., Grandgirard D., Deiss V., Bizeray D., Moreau J-C., Pottier E., Thiery M., Rocher A., ADEME, 2018.
Agroforesterie en système d'élevage ovin : étude de son potentiel dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. Synthèse. 19p.

Cet ouvrage est disponible en ligne :

www.ademe.fr/mediatheque

<http://www.parasol.projet-agroforesterie.net/>



Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l’auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l’usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d’information de l’œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l’ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1560C0025

Étude réalisée par AGROOF SCOP, IDELE, INRA et UniLasalle pour ce projet cofinancé par l’ADEME

Projet de recherche coordonné par : Camille BERL - AGROOF SCOP
Appel à projet de recherche : REACTIF II

Coordination technique - ADEME : TREVISIOL Audrey

Direction/Service : Direction Productions et Energies Durables / Service Forêt Alimentation Bioéconomie

SYNTHESE



Table des matières

1. CONTEXTE GENERAL DU PROJET	6
2. OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET	6
3. PARTENARIAT	7
AGROOF SCOP	7
UNILASALLE.....	7
IDELE.....	7
INRA-FERLUS	7
INRA-HERBIPOLE	8
INRA-UMRH.....	8
4. ELEMENTS METHODOLOGIQUES.....	8
METHODOLOGIE DEPLOYEE SUR LE SITE EXPERIMENTAL PRINCIPAL : LAMARTINE	8
Description.....	8
Suivis réalisés.....	9
APPROCHE EN RESEAU.....	9
Description.....	9
Suivis réalisés.....	10
5. PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS	11
6. LIMITES ET REPRODUCTIBILITE	14
7. ENSEIGNEMENTS	14
8. RECOMMANDATIONS.....	15
9. VALORISATIONS REALISEES ET ENVISAGEES	16
RAPPORTS DE STAGE.....	16
INTERVENTIONS DANS DES SEMINAIRES, COLLOQUES, JOURNEES TECHNIQUES,	16
CONGRES.....	17
REVUES.....	18
10. SUITE(S) ENVISAGEABLE(S) HORS VALORISATION	18

|

RESUME

En plus d'un contexte économique difficile, l'élevage ovin fait face au changement climatique. Les sécheresses affectent la production fourragère et plus globalement l'autonomie alimentaire des exploitations ainsi que le bien-être animal. L'agroforesterie caractérisée par la culture simultanée ou séquentielle d'arbres d'une part, et de cultures ou d'animaux d'autre part, peut être en mesure d'apporter une réponse à l'adaptation au changement climatique. Durant trois années (2015-2018), le projet PARASOL s'est donné pour objectifs d'étudier les interactions entre les arbres, les prairies permanentes et les animaux, et les performances globales de ces systèmes à partir de dispositifs anciens. La finalité était d'en tirer des pistes techniques pour optimiser l'intégration de l'agroforesterie dans ces exploitations. Le partenariat a réuni AGROOF SCOP, l'INRA (UE Herbipole, UE FERLUS, UMRH), l'Institut de l'Élevage (IDELE), et l'UniLasalle. Un réseau de 13 parcelles agroforestières a été établi suivant des critères d'âge, de localisation, de potentiel expérimental et de caractéristiques des élevages. Le site principal étant le site expérimental de Lamartine à l'INRA de Theix (Puy de Dôme, France). **L'ensemble de nos résultats soulignent le potentiel intéressant des surfaces agroforestières à une période tardive, pouvant répondre aux besoins des animaux à forte demande, à condition que les pratiques de conduite d'élevage et de mise au pâturage soient adaptées. Aux périodes estivales, l'herbe est de meilleure qualité et les plus faibles rendements pourraient être compensés par l'apport de ressources fourragères arborées, elles aussi d'une qualité très intéressante pour les animaux.** Nos études mettent également en avant la nécessité de penser les aménagements agroforestiers à l'échelle de l'exploitation en prenant en compte ses besoins/contraintes, et en appréhendant les évolutions climatiques à venir. En effet, en raisonnant sur les surfaces nécessaires, l'agroforesterie a le potentiel d'aider à l'éleveur à piloter la disponibilité en quantité et qualité du fourrage, favoriser le bien-être des animaux et renforcer l'indépendance et l'autonomie alimentaire de son exploitation. Néanmoins, en situations climatiques limitantes, les surfaces agroforestières peuvent aussi nécessiter des modes de conduite spécifiques qu'il est important de préciser en termes de coût. Le projet PARASOL a pris le parti de se baser sur des parcelles agroforestières matures, initialement implantées pour des expérimentations sylvicoles et au sein desquelles les interactions seraient plus aisément observables. Aujourd'hui, de jeunes systèmes agroforestiers pensés à l'échelle de l'exploitation existent (OASYS, etc.) et pourraient d'ores et déjà servir de support à des études plus intégrées et complémentaires de PARASOL.

Abstract

In addition to a difficult economic context, breeding is facing climate change. Droughts affect forage production and more generally the food autonomy of farms. Agroforestry characterized by the simultaneous or sequential cultivation of trees with crops or animals, may be able to provide an answer to adaptation to climate change. For three years (2015-2018), the PARASOL project aimed to study the interactions between trees, permanent grasslands and animals, as well as the overall potential performance of these systems. The aim was to draw technical guidelines to optimize the integration of agroforestry in these farms. The partnership brings together AGROOF SCOP, INRA (EU Herbipole, EU FERLUS, UMRH), the Institute of Livestock (IDELE), and UniLasalle. A network of 13 agroforestry plots was established according to criteria of age, location, experimental potential and characteristics of the farms. The main experimental site was Lamartine at INRA Theix (Puy de Dome, France). Our results highlight the interesting potential of agroforestry during late-season to meet the needs of high-demand animals. In summer, the grass is of better quality and the low yields could be compensated by the contribution of tree fodder resources, which show a very interesting quality for the animals. Our studies also highlight the need to think agroforestry developments at the farm level considering its needs / constraints, and apprehending future climate changes. Indeed, by thinking the necessary surfaces, agroforestry has the potential to help the farmer to control the availability, quantity and quality of feed, promote the welfare of animals and enhance the independence and feeding autonomy of its farms. Nevertheless, agroforestry surfaces may also require specific practices that are important to specify in terms of cost. The PARASOL project has chosen to rely on mature agroforestry projects, initially implemented without being integrated at the farm level, but whose interactions would be stronger. Today, young agroforestry systems thought out at farm level exist (OASYS, etc.) and can already serve as support for more integrated studies.

Key words: agroforestry, climate change, forage, welfare, sheeps, microclimate



1. Contexte général du projet

En plus d'un contexte économique difficile (diminution du nombre d'exploitations, hausse des prix des aliments), l'élevage ovin fait face à une autre problématique : l'adaptation aux effets du changement climatique. Les sécheresses affectent la production fourragère et plus globalement l'autonomie alimentaire. Elles impactent également le prix de la paille et des céréales, augmentant les charges des exploitations d'élevage. Les éleveurs doivent s'adapter en intégrant de nouvelles dynamiques annuelles des productions fourragères. D'ici la fin du siècle, une dégradation rapide des rendements des prairies est possible, avec pour conséquence l'obligation dans de nombreuses zones de devoir affourager les animaux l'été comme cela fût le cas en 2017 et 2018 dans certaines régions françaises. Les hausses des températures avec des extrêmes plus fréquents ont également des conséquences sur les animaux au pâturage. Il est notamment connu que l'exposition des ovins à des températures ambiantes importantes peut affecter négativement leur organisme, et par conséquent leur bien-être et leurs fonctions de production et reproduction. Pour répondre à ces enjeux, l'allongement de la durée de pâturage, vers des périodes de moindre production fourragère, sur prairies ou sur parcours, est une des clés d'adaptation. La diminution de l'exposition aux radiations solaires des animaux au pâturage par la fourniture d'abris est une solution pour réduire le stress thermique des animaux. **L'agroforesterie caractérisée par l'association d'arbres, de cultures et/ou d'animaux, en vue d'en retirer des bénéfices techniques, environnementaux ou/et économiques, peut être en mesure d'apporter une réponse à certaines de ces problématiques.**



Figure 1 - Brebis pâturant sur une prairie agroforestière dans l'Aude à Pomy (crédit photo : G. Sabourin)

2. Objectifs généraux du projet

L'objectif global du projet PARASOL était de mieux comprendre les interactions entre les arbres, l'herbe et les animaux dans les systèmes d'élevage ovin. La finalité était de permettre une optimisation des itinéraires techniques pour les agriculteurs, et une meilleure prise en compte de l'agroforesterie par les instances politiques comme solution potentielle pour l'adaptation des systèmes d'élevage au changement climatique.

En réunissant un partenariat de scientifiques de disciplines diverses et complémentaires (spécialistes du comportement et du bien-être animal, des systèmes d'élevage ovins, des arbres, des prairies et des fourrages), le projet visait à :

- i) Tâche 1 : Recenser des parcelles agroforestières matures et faire l'état des lieux des pratiques

- ii) Tâche 2 : Evaluer l'impact de la présence d'arbres sur la productivité et la qualité de la ressource prairiale
- iii) Tâche 3 : Etudier la composition et la digestibilité des ressources foliaires arborées et leur intérêt pour l'alimentation du troupeau
- iv) Tâche 4 : Evaluer l'impact des arbres sur le comportement, le bien-être et les performances zootechniques des animaux
- v) Tâche 5 : Tirer des pistes de réflexion pour une meilleure intégration du potentiel des arbres dans les systèmes agroforestiers et en estimer les performances technico-économiques
- vi) Tâche 6 : Transmettre de manière pédagogique l'ensemble des résultats obtenus dans le projet auprès des éleveurs, chercheurs et enseignants

Une action transversale à l'ensemble de ces tâches a également eu lieu, visant à évaluer le microclimat créé par la présence d'arbres.

3. Partenariat

AGROOF SCOP

AGROOF est une Société Coopérative et Participative (SCOP) spécialisée dans la recherche, le développement et la formation en agroforesterie en France et en Europe, pour et auprès des agriculteurs, des étudiants et des collectivités. Sa finalité est de faire le lien entre la recherche et le terrain, dans une démarche de recherche participative et de partage des connaissances. Créé en 2000, AGROOF compte 9 personnes salariés-associés.

Site Web : <https://agroof.net/>

UNILASALLE

L'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais est un pôle d'enseignement supérieur et de recherche en sciences de la terre, du vivant et de l'environnement formant des ingénieurs amenés à exercer une activité professionnelle dans les secteurs de l'Agriculture, l'Alimentation-Santé ou de la Géologie. Il dispose en outre d'une exploitation polyculture lait avec robot et d'une exploitation polyculture-viande et d'une parcelle expérimentale agroforestière lui qui permettent la conduite d'expérimentations en élevages, de plein champ ou en micro-parcelle et de projets de développement.

Site Web : <https://www.unilasalle.fr/>

IDELE

L'Institut de l'Elevage est un Institut de Recherche appliquée et de développement (Association loi 1901) au service de l'élevage et des filières herbivores (bovins, ovins, caprins, équins). Ses activités visent à améliorer la compétitivité des exploitations et les conditions d'exercice du métier d'éleveur, adapter la production et les systèmes d'élevage aux attentes de la société, répondre aux demandes des filières sur la transformation des produits et les démarches qualités du producteur au consommateur. L'Institut de l'Elevage emploie 240 personnes dont 200 ingénieurs et techniciens et conduit des essais dans un réseau de 12 fermes expérimentales. Il supervise le contrôle de performances dans près de 100 000 élevages.

Site Web : <http://idele.fr/>

INRA-Ferlus

L'Unité Fourrages, Environnement, Ruminants est une unité expérimentale de l'INRA basée à Lusignan (Poitou-Charentes) qui mène essentiellement des recherches sur les prairies et plantes fourragères ainsi que sur les ruminants valorisant ces ressources, de la conduite d'essais agronomiques à l'étude de leur valorisation alimentaire et de leur impact sur l'environnement. L'unité conduit également une expérimentation système originale sur la conception et l'évaluation d'un système bovin laitier innovant, ayant pour principaux objectifs de produire du lait dans un contexte d'aléas climatiques en minimisant



le recours aux ressources en voie de raréfaction (eau, énergie fossile) tout en contribuant à une agriculture durable. L'agroforesterie est au cœur de ce dispositif.

Site Web : [http://www.nouvelle-aquitaine-poitiers.inra.fr/Le-centre-Les-recherches/Unites-du-centre/Ferlus/\(key\)/5](http://www.nouvelle-aquitaine-poitiers.inra.fr/Le-centre-Les-recherches/Unites-du-centre/Ferlus/(key)/5)

INRA-Herbipôle

L'Herbipôle est une plate-forme dédiée à l'élevage des herbivores en zone de montagne, avec un ensemble d'infrastructures adaptées aux nouvelles questions de recherche, notamment la durabilité des systèmes d'élevage. Cette plate-forme est installée sur trois sites du Centre ARA (Theix, Laqueuille et Marcenat). Elle dispose de petits ruminants (ovins et caprins), de vaches laitières ou de bovins en croissance. Enfin, les surfaces utilisées exploitées sont exclusivement herbagères (160 ha). Environ 10 ha sont des parcelles agroforestières entretenues datant de 1988 de bois noble de différentes espèces (merisiers, frênes, érables) et à différentes densités par hectare sur prairies naturelles pâturées.

Site Web : <http://www.ara.inra.fr/>

INRA-UMRH

L'UMR1213 Herbivores est une unité mixte entre l'Inra et VetAgro Sup. Au sein de l'Inra, l'UMR1213 Herbivores est rattachée aux départements Physiologie et système d'élevage (Phase) et Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement (SAE2). L'unité contribue au développement de systèmes durables d'élevage des herbivores, conciliant efficacité des productions, qualité des produits et viabilité socio-économique avec protection et valorisation de l'environnement, et bien-être animal.

Site Web : <http://umrh-bioinfo.clermont.inra.fr/Intranet/web/UMRH>

4. Eléments méthodologiques

L'approche méthodologique principale du projet PARASOL s'est limitée à l'échelle parcellaire, voire à l'échelle de l'arbre. De manière à appréhender les interactions entre les arbres, les prairies et les animaux, nous avons fait le choix d'une approche comparative entre des parcelles agroforestières matures (une vingtaine d'années) et des parcelles témoin sans arbres, mais dont la conduite, l'historique de gestion et les conditions de sol étaient comparables.

Méthodologie déployée sur le site expérimental principal : Lamartine

Description

Ce site dépend de l'Unité Expérimentale Herbipôle, situé dans le Puy de Dôme, à Theix sur la commune de Saint Genès Champanelle (63122), coordonnées GPS : 45.72°N, 3.018°E, et à une altitude d'environ 860m. Situé en climat montagnard, il est composé pour le projet de 3 parcelles, chacune pâturée (en continu) par un lot de 10 brebis. Les aménagements agroforestiers du site ont été réalisés en 1989 dans le cadre d'une expérimentation en réseau menée par l'INRA et le CEMAGREF.

Les trois parcelles de surfaces similaires d'environ 8000 m² sont caractérisées par des densités d'arbres adultes (frênes, merisiers et érables) différentes :

- A0 : 1 arbre/ha : La parcelle ne contient qu'un seul arbre, un frêne adulte d'environ 50 ans. Elle est considérée comme notre témoin. L'arbre a été gardé, i) pour satisfaire les recommandations éthiques et réglementaires sur les conditions d'hébergement à l'extérieur et ii) pour voir comment les animaux allaient l'utiliser pour s'abriter ou pour différentes activités.
- A+ : 60 arbres/ha : Cette parcelle a une densité d'arbres de l'ordre de 60 arbres/ha. Les deux espèces présentes sont l'érable sycomore (1/3) et le merisier (2/3).
- A++ : 150 arbres/ha : Cette parcelle a la densité d'arbres la plus élevée avec environ 150 arbres/ha. Il n'y a qu'une seule espèce d'arbre présente, le merisier. A noter qu'avec cette densité, la parcelle s'apparente à un boisement forestier classique.



Figure 2 – Photographie d'une parcelle de Lamartine à l'INRA de Theix, Saint Genès Champanelle, Puy de Dôme (crédit photo : AGROOF SCOP)

Suivis réalisés

Des stations météorologiques ont été utilisées afin de disposer de données précises et continues de température, d'humidité, de rayonnement solaire et de vitesse du vent tout au long de la saison.

La production fourragère herbacée a été suivie sur chacune des parcelles (A0 ; A+ et A++). L'évolution du stade phénologique, de la pousse de l'herbe et de la composition chimique (matières azotées, parois cellulaires, lignocellulose et lignine) ainsi que de la digestibilité cellulaire du fourrage a été suivie au cours du premier et du deuxième cycle de végétation pendant les années 2016 et 2017.

Le comportement et bien-être des animaux au pâturage a été suivi sur les trois parcelles, en notant que la parcelle témoin présentait un arbre (A0). Le choix a été fait de faire pâturer chaque parcelle par un lot homogène de 10 brebis (avec leurs agneaux jusqu'au sevrage – fin juin), en pâturage continu du mois de mai jusqu'au moment où la biomasse des parcelles ne permettait plus d'alimenter les brebis. Les mesures étaient centrées sur l'activité et le positionnement des animaux au pâturage (scans d'activité) de manière à évaluer leur utilisation des arbres et de l'abri qu'ils procurent (ombre). La gêne liée aux insectes et le stress thermique ont également été évalués dès que possible.

Les performances et santé animales ont été suivies via trois types de mesures :

- Des pesées des brebis et des agneaux pour caractériser les évolutions de poids vifs et la croissance des agneaux.
- Des notes d'état corporel des brebis pour observer la dynamique d'évolution des réserves corporelles en particulier les phases de mobilisation ou de reconstitution des réserves.
- Des coproscopies à chaque pesée sur toutes les brebis et agneaux ont été réalisées pour évaluer la charge parasitaire (strongles, strongyloïdes, et coccidies).

En complément d'une étude globale de la valeur alimentaire *in vitro* des feuilles d'arbres (détaillée par la suite dans l'approche réseau), le site de Theix a lancé une expérimentation d'évaluation *in vivo* des valeurs alimentaires des feuilles de muriers et de frênes (après ébranchage). Pour cela, 18 Texel mâles castrés adultes ont été utilisés et répartis de façon homogène en trois lots. Trois régimes leur ont été appliqués : 2 régimes à base des feuilles d'arbres (frêne et murier) en pur, et un fourrage témoin (foin). La dernière semaine de l'essai, les animaux sont passés en stalles de digestibilité pour récolter et mesurer individuellement les fèces et l'urine. Pour déterminer précisément la matière sèche ingérée, des matières sèches ont été réalisées quotidiennement durant toute la durée de l'essai sur les offerts et les refus. Afin de déterminer la valeur alimentaire et la digestibilité des différents fourrages, les fourrages offerts, refusés, les fèces et les urines ont été envoyés en analyses. Sur les offerts, les refus et les fèces, les analyses réalisées étaient la MS, MO, MM, MAT, NDF, ADF, ADL et sur les urines seule la MAT a été dosée pour faire un bilan azoté.

Sur la base de l'ensemble de ces résultats d'expérimentation, les performances fourragères réelles et potentielles ont été étudiées, de même que les performances technico-économiques. Des scénarios agroforestiers innovants ont par la suite été imaginés.

Approche en réseau

Description

De manière à appréhender les interactions à l'œuvre dans une diversité de situation, nous avons également travaillé sur un réseau de parcelles agroforestières matures. Nous avons dans un premier

temps procédé à un recensement à travers la France (tâche 1) puis à une sélection des sites d'étude suivant les critères suivants :

- Constituer un réseau de parcelles suivant un gradient Nord / Sud à travers la France (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)
- La présence d'un témoin sans arbres
- Prairies permanentes
- Des parcelles agroforestières de plus de 15 ans
- L'intérêt de l'éleveur vis-à-vis du projet

Finalement, 12 parcelles ont été sélectionnées (Tableau 1). Nous nous sommes principalement reposés sur le réseau de l'INRA, de l'IRSTEA et du PNR des Caps et Marais d'Opale mis en place dans les années 1980 à 1990. Il fut particulièrement difficile de trouver des parcelles ovines dans le Nord de la France qui remplissent tous les autres critères recherchés. Pour augmenter le panel de parcelles, nous avons également ouvert aux parcelles en pré-vergers intégrant des arbres fruitiers de haute-tige.

Tableau 1 – Parcelles composant le réseau employé dans le cadre du projet PARASOL (OV = Ovin Viande ; OL = Ovin Lait ; BL = Bovin Lait ; PP = Prairie Permanente)

SITE	Climat	Altitude (m)	Département	Surface	Essences	Densité (arbres/ha)	Date de plantation	Type troupeau
BONNEFONT	Continental	479	Haute-Loire	2,2 ha	Noyers hybrides	83	1990	OV
LA VIGERALE	Montagnard	967	Puy de Dôme	1,5 ha	Frênes	102	1991	BL
SAINT MARGUERITE EN OUCHE	Océanique	167	Eure	3 ha	Pommiers haute tige	123	1985	OV
ZOTEUX	Océanique	155	Pas de Calais	4,19	Hêtres ; Erables sycomores	110	1993	Bovin
BRUNEMBERT	Océanique	100	Pas de Calais	1,5 ha	Frênes ; Cormiers ; Poiriers ; Erables	104	1996	BL
EQUINS SUR BAILLONS	Océanique	72	Pas de Calais	1 ha	Erables ; frênes	55	1997	OV
MANTILLY	Océanique	177	Orne	1,5 ha	Plantation mixte	83	1986 à 2006	Bovin
NIORT LA FONTAINE	Océanique	127	Mayenne	1 ha	Pommiers haute tige	139	2001	OV
POMY	Méditerranéen Océanique	472	Aude	3 ha	1) Merisiers 2) feuillus mixtes	1) 100 2) 277	1992	OV
LALOSSE	Méditerranéen Océanique	279	Aude	1,5 ha	Noyers communs	76	2003	OL
AUBENAS	Méditerranéen	265	Ardèche	2,6 ha	Mûriers	3333	1990	OV
LORE	Océanique	117	Orne	1,0 ha	Poiriers ; Pommiers	100	1992	BL
CARSIX	Océanique	154	Eure	3 ha	Pommiers haute tige	93	1996	OV

Suivis réalisés

Sur les parcelles impliquées dans des suivis de production fourragère ou de comportement animal, nous avons mesuré l'ombrage (via l'ouverture de canopée) créé par les arbres et les conditions de températures et d'humidité. L'ouverture de canopée a été mesurée au cœur de l'été, à la période de pleine feuille des arbres, à l'aide d'un appareil photo à objectif hémisphérique (360°) placé à 1m du sol à différentes distances de l'arbre (1m, quart de l'inter-rang et milieu de l'inter-rang) ainsi que dans le témoin. Les conditions de température et d'humidité relative ont été mesurées en continu pendant 2 ans à l'aide d'enregistreurs Voltcraft installés à 1m du sol, dans les parcelles agroforestières à différentes distances de l'arbre (1m et milieu d'inter-rang) ainsi que dans le témoin.

Concernant la production fourragère herbacée, nous nous sommes intéressés à l'impact spatialisé des arbres sur la prairie, c'est-à-dire en fonction de différentes distances à l'arbre, en comparaison d'un témoin. Les prélèvements d'herbe se sont répartis à plusieurs périodes de l'année de manière à simuler,

toujours au même endroit, des prélèvements ponctuels et appréhender les dynamiques de repousses. Les suivis prairiaux s'étalent sur l'ensemble de la saison fourragère de deux années (2016 et 2017) découpée chacune en 5 périodes (P) basées sur la phénologie des prairies (deux au printemps, une à l'été et une à l'automne). Ils ont été réalisés à différentes distances de l'arbre (1m, quart de l'inter-rang et milieu de l'inter-rang) et dans une parcelle témoin. Ont été mesurés : la hauteur d'herbe et de repousse, le rendement herbacé, la composition botanique et la phénologie.

La biomasse produite par les arbres a également été appréhendée : au sein des sites sélectionnés, des mesures dendrométriques basiques (DBH= diamètre à 1.30m, HT= hauteur totale, Db= diamètre basal à 0.1m) ont été prises sur tous les individus des parcelles retenues. Tous les arbres présents sur une parcelle ont ensuite été regroupés en classes statistiques puis un nombre n restreint d'individus par parcelle et essence ont été échantillonnés au sein de chaque classe pour la réalisation des suivis allométriques.

Un protocole minimal du suivi du comportement animal a été mis en place centré sur l'activité et le positionnement des animaux au pâturage (scans d'activité) de manière à évaluer leur utilisation des arbres et de l'ombre qu'ils procurent. La gêne liée aux insectes et le stress thermique ont également été évalués dès que possible.

Enfin, l'ensemble des sites du réseau ont servi de support à l'échantillonnage d'arbres pour l'étude de la valeur alimentaire *in vitro* des ressources foliaires. Nous avons échantillonné 11 espèces d'arbres (érable, frêne, merisier, cormier, noyer hybride, frêne blanc, févier, hêtre, poirier, murier blanc et paulownia) ainsi que 2 modes d'exploitation (conduite en haut jet et conduite en têtards bas ou recépés pour 3 traitements). Les prélèvements ont été réalisés aux 3 saisons : l'été (août) et l'automne (octobre) pour palier à la faible productivité des prairies mais aussi en fin de printemps (juin) en cas de sécheresse printanière. En laboratoire nous avons analysé : teneurs en parois cellulaires, matière azotée totale (MAT), digestibilité enzymatique, teneurs en minéraux et tanins.

5. Principaux résultats obtenus

L'agroforesterie tamponne les excès climatiques...

Sur les interactions parcellaires entre les arbres, l'herbe et les animaux, nos travaux ont mis en évidence qu'elles sont le plus souvent dépendantes de la densité d'arbres ou plus spécifiquement de l'ouverture de canopée, qui en plus d'être pilotée par la densité, peut l'être par la manière dont le houppier des arbres est géré (étêtage). Nos résultats montrent que les arbres ont un impact spatialisé sur l'ensoleillement, avec des ouvertures de canopée pouvant varier de moins de 20% à plus de 80% sur une même parcelle en fonction de la distance à l'arbre. L'intervention sur les houppiers de plantation à forte densité permet de récupérer entre ouverture similaire à une très faible densité le temps d'une saison. Mais l'effet se mesure également à l'échelle d'une journée en tamponnant les excès climatiques. Cet effet tampon est d'autant plus important en période caniculaire avec des différences entre parcelle agroforestière et parcelle témoin pouvant varier de 3°C à 6°C à la période la plus chaude de la journée (14h). Inversement, la nuit la modalité témoin se refroidit plus que les modalités agroforestières.

... cela impacte directement le bien-être animal, mais l'effet sur leurs performances reste à démontrer.

Ces modifications seraient à l'origine d'un stress thermique moins élevé chez les animaux et donc d'un bien-être amélioré. Nos observations comportementales ont d'ailleurs mis en évidence que les animaux recherchaient activement l'ombrage, y compris en dehors des journées les plus chaudes (Figure 3). Certains jours d'été, les brebis ont passé presque tout leur temps de rumination et de repos à l'ombre, y compris lorsque la parcelle ne contenait qu'un seul arbre. Pour l'activité de consommation, la recherche d'ombre a été nettement plus faible voire absente notamment dans la parcelle très arborée. Ce sont donc les activités de rumination et de repos qui sont privilégiées à l'ombre. Nous avons observé une réactivité aux insectes plus élevée sur les parcelles arborées, mais la recherche active de l'ombre suggère que le bénéfice lié à l'ombrage des arbres est plus important que la nuisance créée par l'activité accrue des insectes.

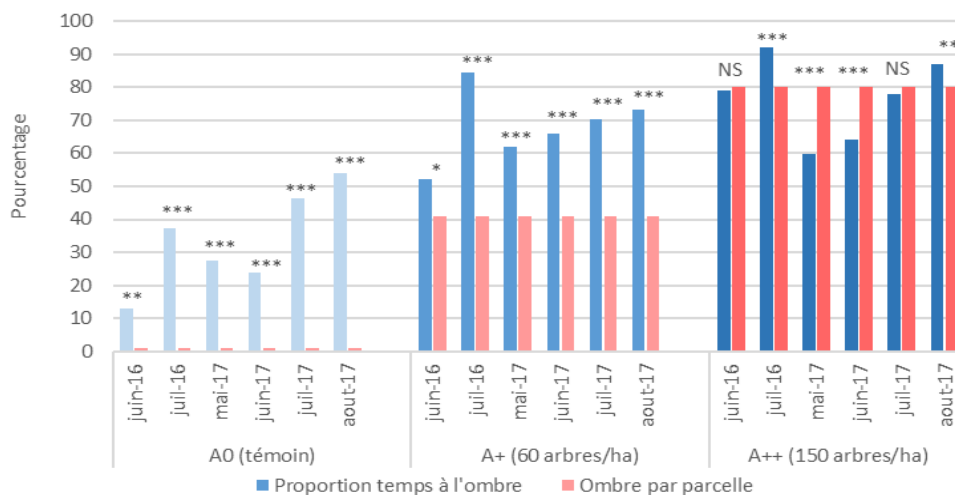


Figure 3 – Temps moyen passé à l'ombre (%) lors des scans ensoleillés de 2016 et 2017 sur le site de Lamartine, par rapport à la surface d'ombre par parcelle, en fonction du traitement (A0, A+, A++) et de la période. Les étoiles indiquent une différence significative entre les deux pourcentages (test de Student).

Concernant les performances, les résultats de 2016 et 2017 présentent des différences. En 2016, nous avons observé une reprise de poids et d'état des brebis après sevrage plus difficile dans les parcelles arborées (A+ et A++). Le stress hydrique continu sur 2 mois observé durant l'été 2016 aura eu raison très rapidement du stock fourrager et obligé un retour en bergerie prématuré des brebis A++ (début août), puis A+ (début septembre), comparées aux brebis A0 (début octobre), alors que tous les lots y sont retournés sur la première quinzaine de septembre en 2017. En 2017, les différences entre traitements étaient en effet plus faibles et ne concernaient que la note d'état des brebis. Enfin, la croissance des agneaux n'a été que très peu affectée par les traitements. Il n'y avait pas de différence en 2016, et une différence sur le dernier poids au sevrage en 2017, en faveur du traitement A+. Aucune différence de parasitisme n'a été mise en évidence.

Les prairies agroforestières expriment leur potentiel plus tardivement en saison.

Concernant l'impact de l'arbre sur la production prairiale, nous n'avons pas démontré de différences de composition botanique, sur l'année, entre les prairies arborées ou témoin. Seules quelques espèces herbacées sont apparues favorisées par rapport à d'autres : *Lolium perenne* (ray gras anglais) est davantage présent sous l'arbre que dans l'inter-rang et on retrouve l'effet exactement opposé chez *Trifolium repens* (Trèfle blanc). Les prairies arborées subissent un retard phénologique d'autant plus important que la densité des arbres est élevée. De plus, la présence d'arbres modifie également la quantité et la qualité du fourrage produit par la prairie. Ainsi, l'augmentation de la densité a comme conséquence une diminution des rendements d'herbe par ha (Figure 4) et une augmentation de sa qualité nutritive (Figure 5).

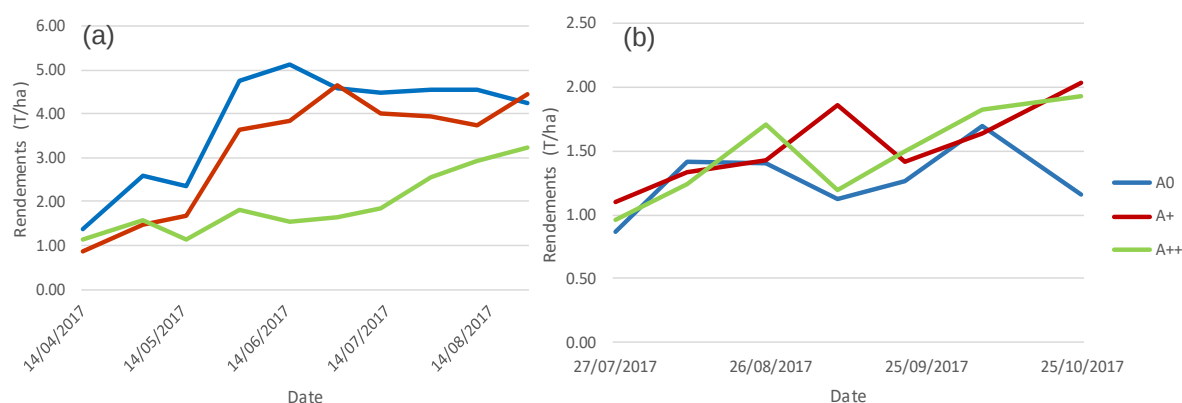


Figure 4 - Evolution du rendement des prairies au cours du premier cycle de végétation (a) et du second cycle de végétation (b) en 2017 (b) en présence d'arbres en densité différente (A0 sans arbres ; A+ 60 pieds/ha ; A++ 150 pieds/ha)

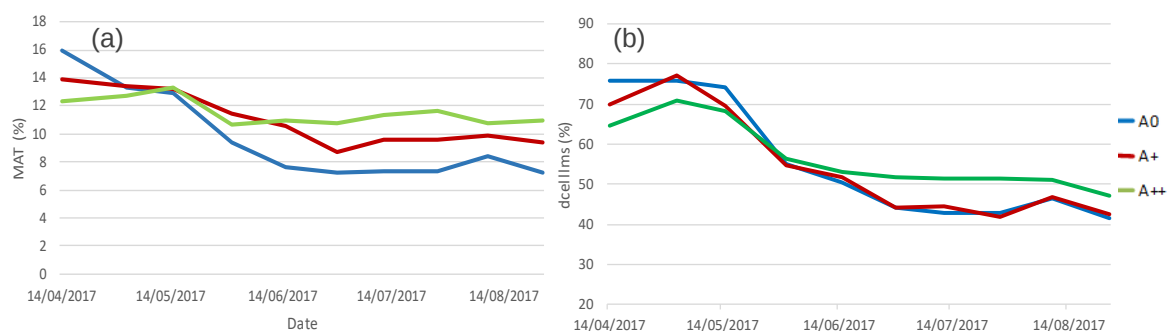
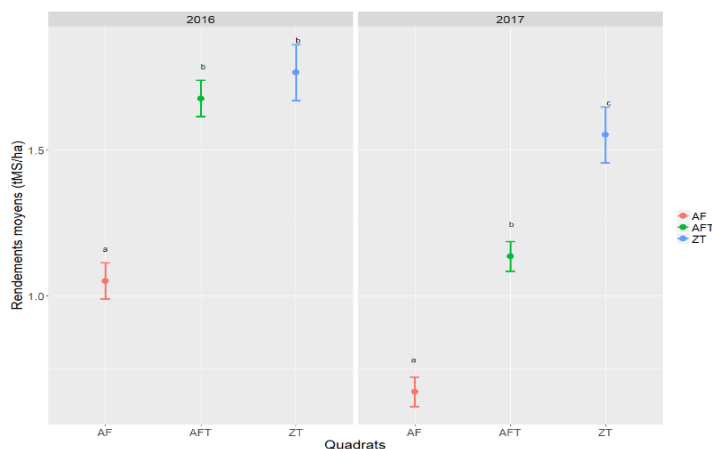


Figure 5 - Evolution des Matières Azotées Totales (a) et de la digestibilité (b) au cours du premier cycle de végétation en 2016 (a) en présence d'arbres en densité différente (A0 sans arbres ; A+ 60 pieds/ha ; A++ 150 pieds/ha)

Ceci est dû à une modification de la morphogenèse du matériel végétal ainsi qu'à des changements de la composition chimique des fourrages sous l'effet de l'ombre. A l'échelle de l'exploitation, malgré le faible rendement des prairies présentant une forte densité d'arbre (150 arbres/ha), la présence d'arbres dans certaines prairies permettrait d'augmenter la souplesse de la conduite des prairies. Ces parcelles pourraient en effet être utilisées plus tardivement en saison et la qualité de leur herbe permettrait d'héberger des animaux avec des besoins plus élevés que les prairies sans arbres ou arborées avec une densité moyenne (60 arbres/ha). Ces résultats montrent aussi l'intérêt d'une utilisation plus tardive dans les deux cycles de végétation des prairies sous l'influence d'arbres que pour des prairies sans arbre. Par ailleurs, l'approche en réseau montrent un impact spatialisé des arbres sur leur phénologie et leur rendement. Globalement, les zones les plus à proximité des arbres (1m) subissent une diminution de rendement en comparaison de zones plus éloignées ou du témoin sans arbre. Dans la majorité des cas, au printemps, les parcelles agroforestières offrent des rendements similaires au témoin, si l'ouverture de canopée est supérieure à 50%. Sinon, les rendements des parcelles arborées sont inférieurs à ceux du témoin. A l'été, et pour les deux années marquées d'une sécheresse, les résultats apparaissent très variables en fonction des sites.

Pour des ouvertures de canopée trop faibles, l'intervention sur les houppiers, en étêtant par exemple les arbres pour produire du fourrage ou du bois plaquette, est apparu comme un levier pour ramener une production fourragère herbacée comparable au témoin (Figure 6).

Figure 6 – Rendements moyens obtenus à la P2 dans les différents traitements de la parcelle de La Vigérale à Theix, pour chacune des deux années de suivis (barres d'erreur = erreurs standards) (AF=Agroforesterie avec arbres de haut-jet ; AFT = Agroforesterie avec arbres têtards ; ZT = Zone Témoin).



La biomasse foliaire des arbres représente une complémentarité d'intérêt notamment aux périodes estivales

Que ce soit pour faire face aux pénuries de fourrage herbacé ou compenser une perte de production herbacée provoquée par la compétition avec les arbres, la complémentarité par la biomasse foliaire arborée possède un potentiel intéressant. Nos travaux sur ce sujet, mettent en évidence une variabilité importante entre les 11 essences présentes pour la plupart des paramètres mesurés, et en particulier pour la valeur azotée et la digestibilité. La saison de récolte impacte la valeur azotée mais la digestibilité se maintient durant l'été et jusqu'à l'automne, contrairement à la plupart des espèces prairiales. La taille de l'arbre (conduite en têtard ou en cépée) améliore la valeur azotée sans dégrader la digestibilité. Notre travail mené sur des animaux a confirmé le potentiel fourrager particulièrement intéressant du frêne commun et du murier blanc. Leurs valeurs alimentaires sont excellentes, comparables aux meilleures espèces prairiales traditionnelles (prairies, ray-grass...) ou d'avenir (chicorée), et très supérieures aux fourrages récoltés (foin) utilisés comme recours lors d'épisodes de pénuries fourragères estivales. Leur conduite en têtard ne nuit pas à leur qualité et permet éventuellement de produire plus de biomasse. Par ailleurs, les quantités ingérées de feuilles sont majorées de 45% par rapport au foin, avec des quantités ingérées de parois inférieures de 25 à 50% par rapport au foin. Pour

finir, cette ressource est bien utilisée par l'animal avec des niveaux de matière organique digestible ingérée très élevés, comparables voire supérieurs aux espèces fourragères les plus performantes. Ces ressources pourraient être utilisés pour les animaux les plus productifs, le niveau de MODI couvrant très largement les besoins d'entretien, dans notre cas, estimés à 23g de MODI/j.

Tableau 2 – Composition chimique et valeur nutritive des fourrages durant la période de digestibilité

Fourrages expérimentaux	Foin de prairie permanente	Ray Grass anglais*	Chicorée*	Feuilles de Frêne	Feuilles de Murier blanc
Matière sèche (%)	90	20	10	34	34
DMO (%)	54	80	81	63	68
PB (g/kg MS)	91	124	142	147	108
NDF (g/kg MS)	588	505	353	326	202
ADF (g/kg MS)	314	248	208	193	117
<i>*Valeurs de Ray Grass et Chicorée issues d'un autre essai, récolte en vert au stade végétatif</i>					

Un rationnement via la biomasse foliaire arborée nécessite une mobilisation raisonnée et durable devant être anticipée dans le choix des surfaces et densités plantées. Dans le cas de l'INRA de Theix, disposant notamment d'une parcelle plantée en frênes (« LA VIGERALE »), le déficit fourrager estival provoqué par la compétition avec les arbres, entraîne une diminution de la production par 2 ou 3 dans des parcelles arborées adultes de faible densité. A forte densité, la production herbacée n'est presque plus envisageable : la parcelle devient alors un espace de repos pour les fortes chaleurs et l'intervention radicale peut relancer une production fourragère. Néanmoins, la récolte annuelle ou périodique des feuilles (tous les 2 ou 3 ans selon les essences), permet d'apporter un complément fourrager important. A faible densité, la production globale (herbe + feuille) est supérieure au témoin agricole sans arbre, avec une qualité plus intéressante et avec une production de biomasse (copeaux) intéressante. La récolte d'un coproduit sous forme de plaquettes permettrait à des exploitations comportant une quinzaine d'hectares d'être autosuffisant en énergie et en apport litière (entre 30 et 60 % en remplacement de paille). L'économie réalisée et la vente de copeaux excédentaire compense le coût de récolte du fourrage, ce qui améliore du même coup la rentabilité globale des parcelles agroforestières par rapport à des prairies conventionnelles où la récolte est une charge à part entière pour l'éleveur.

6. Limites et Reproductibilité

Les résultats du projet PARASOL offrent les premières références sur les interactions entre les arbres, les prairies et les animaux au pâturage en agroforesterie intraparcellaire sur prairie permanente. Une des limites des études menées dans le cadre de cette tâche est l'extrapolation des résultats obtenus dans d'autres conditions. Bien que les études aient été réalisées pendant deux ans, les résultats obtenus ne sont pas extrapolables à d'autres conditions si on prend en compte la variabilité pédoclimatique des différentes régions de la France où l'agroforesterie pourrait être pratiquée. L'acquisition de connaissances sur le fonctionnement et l'optimisation de ces systèmes demeure donc à poursuivre principalement au regard de la dépendance des résultats aux conditions climatiques et mode de conduite du système d'élevage.

Le parti pris de PARASOL fût de se baser sur des expérimentations à l'échelle de parcelles agroforestières matures, issues principalement du réseau INRA-IRSTEA. Ces projets avaient initialement été implantés il y a une vingtaine d'années sans logique d'intégration à l'échelle d'une exploitation et pour les besoins d'une expérimentation sylvicole menée par ces organismes. Notre choix a été motivé par notre objectif d'observer des interactions significatives entre les arbres, la prairie et les animaux par comparaison entre parcelles arborée et non arborée, et d'en tirer des pistes de gestion. Cette approche analytique nous permet de fournir les premières références sur les interactions entre les arbres, les prairies et les animaux au pâturage en agroforesterie intraparcellaire, mais nous a coupé d'une approche plus intégrée aux exploitations et aux choix de gestion et de conduite qui pourraient être testés et adaptés au fur et à mesure des années. En ce sens, les aménagements innovants testés sur la plateforme OASYS à l'INRA de Lusignan sont précurseurs.

7. Enseignements

Durant ces trois années, le consortium a pu mettre en lumière 6 enseignements principaux, et dégager des recommandations, à la fois pour les professionnels mais aussi pour la recherche.

1. Les arbres peuvent faire de la concurrence aux prairies...

Un des résultats importants de PARASOL a été de démontrer que l'arbre fait bien de la concurrence à la prairie à l'échelle de la production annuelle, quelques soient la région et le dispositif, à des densités de plantation élevée (supérieures à 100 arbres/ha) ou à proximité immédiate des arbres. Pour tempérer ce résultat il serait intéressant de jouer sur les pratiques en menant en termes de sélection (cultures fourragères tolérantes au microclimat agroforestier ou arbres à compétition moindre ou décalée, voire facilitateur en termes de bilan azote comme pour les légumineuses disponibles comme le robinier), ou encore de calendrier de pâturage. A de faible densité, la concurrence est limitée et avec des performances souvent similaires aux prairies sans arbres.

2. ...mais créent aussi un microclimat favorable à la production d'été

Les arbres sont en mesure de tamponner les excès climatiques, en diminuant la hausse des températures aux périodes les plus chaudes des journées estivales et en augmentant l'humidité relative. Les chercheurs de PARASOL ont montré les prairies agroforestières ne changent pas fondamentalement de composition botanique mais subissent un retard phénologique corrélé au degré d'ombrage. Ainsi, malgré une baisse de productivité parfois importante en fonction de la densité, ces surfaces expriment leur potentiel plus tardivement en saison, avec des plantes de meilleure valeur alimentaire. Cette offre d'été peut s'avérer fondamentale en cas de problème climatique et améliore la résilience des exploitations face aux effets du changement climatique.

3. Une production fourragère de feuilles de qualité...

En cas de compétition trop importante entre arbres et herbacées, l'étêtage des arbres est apparu comme un levier d'intérêt pour l'éleveur, pouvant également permettre d'engager des co-productions de fourrage, bois énergie et bois litière. C'est d'autant plus intéressant que les feuilles d'arbres se sont avérées d'excellentes ressources alimentaires. Le mûrier et le frêne sont les essences les plus intéressantes, avec des niveaux d'ingestion et une bonne valeur alimentaire. Néanmoins, d'autres essences peuvent apporter une complémentarité intéressante au niveau de la ration, même si moins riches en azote ou moins digestes en pur.

4. ...qui assure une productivité globale supérieure.

Dans une optique de production fourragère feuilles, l'éleveur joue sur les deux tableaux : il limite la compétition avec la prairie et apporte un fourrage aérien. Sur l'année, en choisissant les bonnes essences et en adaptant ses itinéraires techniques, l'éleveur peut accroître la productivité fourragère par hectare. D'autant plus que les branches non pâturées sont transformées en plaquettes ou en litière pour remplacer les importations de paille.

5. L'ambiance agroforestière est recherchée par les animaux.

En tamponnant les excès climatiques, le microclimat agroforestier réduit le stress thermique des animaux. Sur plusieurs parcelles à travers la France, nos observations sur ovins ont montré un comportement de recherche active de l'ombrage pour leur activité de rumination et de repos, malgré des réactivités aux insectes plus élevées en agroforesterie.

6. Des aménagements à imaginer sur l'ensemble de l'exploitation.

A l'exemple du projet OASYS (INRA Lusignan), les résultats de PARASOL nous poussent à imaginer des aménagements plus complexes et innovants, où l'arbre pourrait avoir une place en tant que ressource fourragère et de biomasse périodique et régulière, et non de manière occasionnelle comme dans les systèmes traditionnels. Dans les parcelles étudiées de PARASOL, les aménagements étaient de nature sylvicole. L'idée était de faire du bois d'œuvre en présence d'une activité d'élevage. Les nouveaux projets d'éleveurs transforment radicalement cette première approche. Que ce soit d'un point de vue technique (protection des arbres) ou agronomique (choix essence et itinéraires techniques), l'innovation est la base de ces projets. Bien pensés, ces systèmes peuvent être plus productifs, plus adaptés au changement climatique et assurant un meilleur bien être pour les animaux.

8. Recommandations

Imaginer un projet agroforestier moderne doit nous amener à questionner la place qu'on souhaite donner à l'arbre dans l'exploitation. Il n'existe pas de recettes et chaque projet se distinguera selon les objectifs de l'éleveur, le type de race élevée, les conditions pédoclimatiques et les choix des essences, la mécanisation et la mutualisation possible du matériel de récolte de fourrage ou biomasse aérienne,



etc. De plus, ces projets ne peuvent être figés dans le temps. L'innovation en élevage porte aussi sur les nouvelles variétés fourragères, les systèmes d'élevage (en croisant par exemple les races), sur la diminution du travail du sol, le rythme de pâturage, etc. Les aménagements arborés doivent tenir compte de ces contraintes pour qu'ils puissent devenir à leur tour une opportunité pour l'éleveur.

9. Valorisations réalisées et envisagées

Rapports de stage

Thiery M., 2015. Le rôle de l'arbre intraparcellaire au sein des systèmes d'élevage ovins en France, et son utilisation comme potentielle stratégie d'adaptation au changement climatique. Rapport de stage, présenté pour le master Agris Mundus en agronomie, DARS, RESAD, Montpellier SupAgro. 106 pages

Sabourin G., 2016. Gestion des ressources fourragère herbacées en agroforesterie intraparcellaire aux échelles du système d'alimentation et parcellaire. Rapport de stage, présenté pour le master FAGE. AGROOF SCOP, AgroParisTech et Université de Lorraine. 32p.

Berne T., 2016. Etude de l'impact des dispositifs agroforestiers sur le potentiel de production printanier des prairies en région Ouest et Nord de France. Rapport de stage. IDELE et ESA. 83p.

Rocher A., 2017. Les prairies en agroforesterie intraparcellaire : Quelles opportunités pour la production fourragère ? Rapport de stage présenté pour le master EGPM Montagne. AGROOF SCOP et Université Savoie Mont Blanc. 74p.

Gava C., 2016. Pâturage ovin sur prairies arborées - Quels impacts des arbres sur l'animal et la prairie ? Rapport de stage, année de césure, 2ème année Montpellier SupAgro. INRA Theix et Montpellier SupAgro. 54 pages. Soutien financier du GIS Elevage Demain.

Talon J-P., 2018. Impact de la présence d'arbres sur la productivité et la qualité de la ressource prairiale. Rapport de stage. IDELE, INRA de Theix et AGROOF SCOP. 40 pages.

Cuisiniez, V., 2016. Détermination allométrique des biomasses arborées aériennes de systèmes sylvopastoraux. Rapport de stage MASTER 2, présenté pour le master ASET Agroécologie, Sols, Eau et Territoires. UniLasalle. 61 pages.

Elvinger, A., 2016. Etude du comportement animal en système ovin pâturant des prés arborés. Rapport de stage. UniLasalle - Esitpa. 66 pages.

Payen, C., 2017. 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. Rapport de stage. UniLaSalle et ISA Lille. 82 pages.

Dechavanne, P., 2017. Quel est l'impact des arbres sur le comportement et le bien-être des ovins au pâturage ? INRA Theix et AgroSup Dijon. 100 pages.

Interventions dans des séminaires, colloques, journées techniques, ...

Béral, C., Andueza, D., 2017. Journée d'échanges à destination d'éleveurs. PNR Côte d'Opale, Le Wast, 62 Pas-de-Calais, 14 février 2017. Journée technique agroforesterie. Présentation orale. <https://vimeo.com/channels/parasol/162801860>

Béral, C., Pottier E., 2017. Le Pradel, Ardèche, 29-30 mars 2017. Séminaire de formation agroforesterie d'élevage. Présentation orale.

Béral C., Andueza D., Moreau J.-C., 2018. Production fourragère herbacée en agroforesterie : résultats. Séminaire de fin du projet ARBELE, 5 juin 2018, Bergerie Nationale, Rambouillet, 4p. <http://www.parasol.projet-agroforesterie.net/>

Béral C., Moreau J.-C., Andueza D., Pottier E., 2018. Production fourragère herbacée en agroforesterie. Synthèse de résultats. 4pages. <https://vimeo.com/channels/parasol/162801860>

Emile, J.-C., Novak, S., Mahieu, S. 2018. Valeur alimentaire des feuilles de ligneux pour les ruminants. Séminaire de fin du projet ARBELE, 5 juin 2018, Bergerie Nationale, Rambouillet, 4p.

Emile, J.-C., Novak, S., Mahieu, S. 2018. Valeur alimentaire des feuilles de ligneux pour les ruminants.



Journée Agrosyl-Parasol, 4 avril 2018, Mirepoix (Ariège), CA 09, 2p.

Bernard, M., Ginane, C., Deiss, V., Emile, J.-C., Novak, S., 2018. Mesure de l'ingestion et de la digestibilité in vivo de deux espèces d'intérêt pour les ruminants, le frêne et le mûrier blanc. Journée Agrosyl-Parasol, 4 avril 2018, Mirepoix (Ariège), CA 09, 2p.

Novak, S., 2017. Dispositif agroforestier en système laitier à Lusignan. Journée « croisons nos regards », RMT AgroforesterieS, 7 septembre 2017, Paris. Intervention.

Emile, J.-C., 2017. Le Pradel, Mirabel, Ardèche, 29-30 mars 2017. Séminaire de formation agroforesterie d'élevage. Présentation orale.

Emile, J.-C., 2017. PNR Côte d'Opale, Le Wast, 62 Pas-de-Calais, 14 février 2017. Journée technique agroforesterie. Présentation orale.

Emile, J.-C., 2016. Journée technique de la haie, 8 novembre 2016, CRA Nouvelle-Aquitaine, Boussac (Creuse). Présentation orale.

Ginane Cécile, Deiss Véronique, Bernard Mickaël, Andueza Donato, 2017. Pâturage ovin sur prairies arborées : quels impacts de l'arbre sur l'animal et la prairie ? Diaporama présenté lors du séminaire de restitution des stages financés par le GIS Elevage Demain. 09/03/2017.

Congrès

Andueza, D., Guittard, A., Pourrat, J., Bernard, M., Picard, F. 2018. Effect of tree density on the evolution of phenological stage of agroforestry permanent grasslands. International Symposium on the Nutrition of Herbivores.

Ginane, C., Bernard, M., Deiss, V., Andueza-Urra, J.D., Emile, J.C., Novak, S. 2018. Fodder trees as an alternative resource to feed ruminants: voluntary intake and in vivo digestibility of white mulberry (*Morus alba*) and common ash (*Fraxinus excelsior*) leaves in sheep. International Symposium on the Nutrition of Herbivores.

Mahieu, S., Emile, J.C., Novak, S. 2018. Mineral composition of ash leaves (*Fraxinus Excelsior* L.) used as fodder for the ruminants in summer. Euraf congress, Tree fodder: food for thoughts? 28-30 May 2018, Nijmegen, The Netherlands.

Emile, J.C., Barre, P., Bourgoïn, F., Perceau, R., Mahieu, S., Novak, S., 2018. Effect of season and species on the nutritive value of leaves of high stem trees. 27th EGF General Meeting on "Sustainable Meat and Milk Production from Grasslands", 17-21 June 2018, Cork, Ireland, 179-181.

Emile, J.-C., Novak, S., Mahieu, S., 2018. Les trognes, ressources alimentaires dans les systèmes d'élevage de ruminants ? 2ème colloque européen sur les trognes, Sare, Pays Basque (64).

Emile, J.C., Delagarde, R., Barre, P., Niderkorn, V., Novak, S., 2017. Evaluation of the feeding value of leaves of woody plants for feeding ruminants in summer. 19th EGF Symposium on "Grassland resources for extensive farming systems in marginal regions: major drivers and future scenarios", Alghero, Sardinia (Italy) Grassland Science in Europe, vol 22, 548-550.

Emile, J.-C., Chargelègue, F., Bourgoïn, F., Perceau, R., Boutant, D., Martineau, A., Novak, S., 2017. Pâturer des arbres fourragers en système bovin laitier ? In: AFPP (Ed.), Journées AFPP, Le pâturage au cœur des systèmes d'élevage de demain, Paris, France, 178-179.

Emile, J.C., Delagarde, R., Barre, P., Novak, S., 2016. Nutritive value and degradability of leaves from temperate woody resources for feeding ruminants in summer. 3rd European Agroforestry Conference. INRA, Montpellier, 23-25 Mai 2016, France, pp. 409-412. https://euraf.isa.utl.pt/files/pub/docs/silvopastoralism_52_emile.pdf

Novak, S., Liagre, F., Emile, J.C., 2016. Integrating agroforestry into an innovative mixed crop-dairy system. 3rd European Agroforestry Conference. INRA, Montpellier, 23-25 Mai 2016, France pp. 396-398. https://euraf.isa.utl.pt/files/pub/docs/silvopastoralism_3_novak.pdf

Ginane C., Deiss V., Bernard M., Payen C., Béral C., Bizeray-Filoché D., 2018. Pâturage sur prairies agroforestières : quels impacts des arbres sur le comportement, le bien-être et les performances des ovins ? Résumé d'une communication orale pour la 24ème édition des 3R (Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants). 05-06/12/2018.



Revues

Emile, J.C., Barre, P., Delagarde, R., Niderkorn, V., Novak, S., 2017. Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers ? Fourrages 230, 155-160. <http://www.afpf-asso.org/index/action/page/id/33/title/Les-articles/article/2128>

10. Suite(s) envisageable(s) hors valorisation

La difficulté pour appréhender au plus proche le potentiel de l'agroforesterie dans le cadre du changement climatique est de disposer d'assez de recul pour prendre en compte l'évolution des systèmes agroforestiers dans le temps, leur diversité et l'évolution du climat en lui-même. En deux années d'expérimentation, le projet PARASOL a pu souligner l'influence même des conditions climatiques ou encore des modes de conduite. Une poursuite de ce travail pourrait être la construction de modèles permettant de simuler les performances prairiales et animales en agroforesterie en lien avec des scénarios climatiques, ou de mettre en place une dynamique expérimentale pluriannuelle basée sur des suivis à large échelle via l'emploi de protocoles standardisés et simplifiés. Cette démarche apporterait de la généralité aux références mais pose la question de sa mise en œuvre.

En comparant strictement des parcelles arborées et non arborées, le projet PARASOL a mis en évidence des différences de fonctionnement pouvant permettre d'imaginer les itinéraires techniques nécessaires à l'optimisation de l'emploi des surfaces agroforestières. Ce travail mériterait d'être poursuivi en testant des modes de conduite spécifiques (date de mise au pâturage, choix d'espèces prairiales adaptées, etc.) tirant parti des spécificités des surfaces agroforestières. Des systèmes intégrant plusieurs strates : arbres, arbustes, prairie seraient également intéressants à investiguer car ils pourraient permettre de combiner protection des animaux (arbre) et ressource alimentaire (arbuste) en complément de la ressource herbacée.

Enfin, des études à l'échelle d'exploitation sont indispensables pour préciser le potentiel de l'agroforesterie. Le projet PARASOL a pris le parti de se baser sur des projets agroforestiers matures, initialement implantés sans logique à l'échelle de l'exploitation, mais dont les interactions seraient plus fortes. Aujourd'hui, de jeunes systèmes agroforestiers pensés à l'échelle de l'exploitation existent (OASYS, etc.) et peuvent d'ores et déjà servir de référence pour des études plus intégrées. La construction d'un réseau national pourrait être le moteur d'une recherche participative, alliant chercheurs et éleveurs. Ce mode de recherche pourrait alors permettre d'appréhender la diversité des systèmes agroforestiers et permettrait de travailler efficacement à l'applicabilité des résultats de la recherche.

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Écologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



PARASOL : AGROFORESTERIE EN SYSTEME D'ELEVAGE OVIN

Résumé Porté par un partenariat de spécialistes de l'élevage, des prairies et de l'agroforesterie (AGROOF SCOP, INRA, IDELE, UniLasalle), le projet s'est penché sur les intérêts de l'agroforesterie intraparcellaire dans les systèmes d'élevage ovin, notamment dans le cadre de leur adaptation au changement climatique. En étudiant les interactions arbre/herbe/animal et les productions arborées sur 13 parcelles d'une vingtaine d'années à travers la France métropolitaine, et en particulier le site expérimental de Lamartine (INRA de Theix, Puy de Dôme), le projet a permis d'acquérir de premières références pour la conception et le pilotage de systèmes d'élevage agroforestier.

Nos résultats soulignent le potentiel des surfaces agroforestières à une période tardive, pour répondre aux besoins d'animaux à forte demande, à condition que les pratiques de conduite d'élevage et de mise au pâturage soit adaptées. Aux périodes estivales, l'herbe est de meilleure qualité en parcelles agroforestières et les plus faibles rendements herbacés pourraient être compensés par l'apport de ressources fourragères arborées, elles aussi, d'une qualité intéressante pour les animaux. Les densités, le choix des essences et les interventions sur houppiers sont identifiés comme des leviers incontournables pour piloter ces interactions et s'approcher des conditions optimales propres à chaque contexte.

A l'échelle des exploitations, les surfaces agroforestières semblent pouvoir augmenter la résilience des systèmes d'élevage. Des études complémentaires sont nécessaires pour mieux appréhender comment ces surfaces agroforestières peuvent s'intégrer dans les exploitations et à quel coût pour

L'agroforesterie représente une solution intéressante face aux enjeux d'adaptation aux changements climatiques.

En fonction de l'intensité de plantation, les surfaces agroforestières peuvent être utilisées à la période estivale, et répondre aux besoins d'animaux à forte demande, à condition que les pratiques de conduite d'élevage soient adaptées.

ADEME

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



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION

www.ademe.fr

