

RAME

Systèmes agroforestiers à vocation fourragère



Rapport final

Dossier co-financé dans le cadre de l'AAP « Recherches sur les agroforesteries 2021 » de la Fondation de France

Engagement n° 00117717 / WB-2021-34257

Consortium de recherche/comité de pilotage : Camille Béral, Fabien Liagre, Daniele Ori, Daria Renault et Hélène Le Gallic (AGROOF), Yasmine Kadiri et Sandra Novak (INRAE Ferlu), Karine Vazeille et Cécile Ginane (INRAE Theix), Claire Boyer (IDELE), Nelson Guichet et Guillaume Tarrieus (Chambre d'Agriculture de l'Ariège), Pierre Ulrich (EPLFPA Olivier de Serres), Pierre Bordage et Sylvie Monnier (Mission Haies AURA).

Contributeurs (hors comité de pilotage) : Claire Remillieux et Carine Esculier, Parc National des Cévennes.

Stagiaires : Maxime Duguet (MFE) à Agroof

Remerciements :

Nous tenons à remercier la Fondation de France et la Fondation Picard pour leur soutien financier durant ces trois années de projet.

Nos remerciements vont à l'ensemble des éleveurs ayant contribué au projet.

Citation de ce rapport :

Béral C., Liagre F., Kadiri Y., Novak S., Vazeille K., Ginane C., Boyer C., Tarrieus G., Guichet N. 2026. Systèmes agroforestiers à vocation fourragère : rapport final du projet de recherche RAME. pp.

Photo couverture : F. Liagre - AGROOF

Cet ouvrage est disponible en ligne : <https://rame.projet-agroforesterie.net/index.html>

Table des matières

1.	Introduction	10
1.1	Contexte & Etat de l'art.....	10
1.2	Le projet RAME	12
1.3	Présentation des sites pilotes	14
1.3.1	AGROSYL	14
1.3.2	INRAE Theix.....	16
1.3.3	OASYS – INRAE Ferlu	16
1.3.4	Ferme du Pradel.....	18
2	ACTION 1/ Etude des pratiques associées à l'arbre fourrager dans différentes régions 19	
2.1	Enquêtes sur les pratiques	19
2.1.1	Enquêtes en zone montagneuse et piémont méditerranéenne Occitanie.....	19
2.1.2	Enquêtes dans le Massif central	27
2.2	Productivité des aménagements.....	28
2.2.1	Les 4 sites évalués par Agroof.....	28
2.2.2	Les 4 sites évalués par Mission Haies AURA	31
2.2.3	Le site de Lusignan - INRAE FERLUS.....	34
3	ACTION 2/ Etude de l'Intégration des fourrages ligneux dans les rations de ruminants	36
3.1	Comportement des animaux vis à vis des ligneux	36
3.1.1	Site expérimental GAEC MOHAIR DE FREYCHE	36
3.1.2	Ferlus - Lusignan.....	37
3.1.3	Sites auvergnats.....	39
3.2	Valeurs alimentaires des feuilles et jeunes tiges.....	41
3.2.1	Evaluation de l'ingestion	41
3.2.2	Valeurs nutritives des feuilles et jeunes tiges - Lusignan	44
3.3	Impacts sur les performances zootechniques	46

3.3.1	Protocole “du fourrage au fromage” :	46
3.3.2	Résultats.....	47
3.3.3	Conclusion / discussion	48
3.4	Évaluation de différents scénarios d’intégration des ligneux dans la ration de ruminants	48
3.4.1	Site de l’INRAE / THEIX.....	48
3.4.2	Site de la Chambre d’Agriculture de l’Ariège.....	52
3.4.3	Retour d’expérience du projet Climagrof 2	53
3.4.4	Approche globale par simulation.....	54
4	ACTION 3/ Conception d’aménagements et mise en place d’une dynamique d’expérimentations participatives	63
4.1	Ateliers de co-conception sites en Ariège	63
4.1.1	Déroulé des ateliers avec les agriculteurs.....	63
4.1.2	Site du GAEC AUTHIER.....	63
4.1.3	GAEC MOHAIR DE FREYCHE	64
4.1.4	GAEC DE LA TUILERIE	65
4.1.5	GAEC DE LA REOULE.....	66
4.1.6	Les conclusions des ateliers en Ariège	67
4.2	Ateliers de co-conception animés par AGROOF	67
4.2.1	Projet co-conception Métairie Neuve	67
4.2.2	Projet Co-conception Camille Davoult.....	71
4.2.3	Projet Co-conception GAEC La Chabra Negra	72
5	ACTION 4/ Communication.....	74
5.1	Journées d’échanges entre éleveurs, chercheurs et techniciens	74
5.2	Site Internet et mise en place d’une base de données participative sur les arbres fourragers.....	74
5.3	Articles techniques et scientifiques	74
5.4	Réseaux Sociaux.....	75

5.5	Article presse agricole	76
5.6	Conférences publiques	76
6	Références bibliographiques.....	77
6.1	Références dossier candidature	77
6.2	Références action 1 - Enquêtes.....	78
7	Annexes.....	83
7.1	Exemple de fiche réalisée.....	83
7.2	Protocoles échantillonnage Evaluation productivité	84
7.3	Co-conception du projet de la métairie neuve (35).....	87

Tables des illustrations

Table des photos

Photo 1 - Alignement de trognes basses et hautes adultes. Les trognes basses sont régulièrement pâturées par les bovins jusqu'à la base du tronc (Photo Dominique Mansion).	10
Photo 2 - Jeune plantation de mûriers sous forme de taillis courte rotation (appelé aussi table fourragère) dans le projet AGROSYL de la chambre d'agriculture de l'Ariège (photo CA09).	11
Photo 3 – Alignement de cépées fourragères de saules en Grande-Bretagne (Photo: Organical Research Center).....	11
Photo 4. Récolte par ensilage Août 2018	14
Photo 5. Mesure de la hauteur totale n+1 après plantation	15
Photo 6. Mesure du diamètre des tiges 3ème saison de végétation après plantation.....	15
Photo 7. Parcelle de suivi, implantée en 1989, avec différentes modalités de densités. Ici 50 arb/ha.	16
Photo 8. Pâturage en direct des génisses sur la modalité têtards.	17
Photo 9. Les mûriers, conduits en têtards, ci-dessus (crédit photo Dominique Dalbin).....	18
Photo 10. A droite, pâturage des mûriers recépés par les chèvres de la ferme expérimentale. (photo Le Pradel)	18
Photo 11. Alignements de frênes en bordure de champs, étêtés l'année précédente (à gauche).....	22
Photo 12. Vue aérienne d'un alignement en bordure de bâtiments, pour protéger du vent et faciliter l'affouragement après récolte (à droite). Photo M. Duguet.	22
Photo 13. Mûriers blancs étêtés à 2m50 de hauteur, avec une pousse de 2 ans à gauche. 23	
Photo 14. Si le mûrier tolère bien les récoltes annuelles ou bisannuelles, l'impact sanitaire est souvent visible après quelques décennies, comme ici au premier plan. A droite, les mûriers sont étêtés plus bas (1m20 de tronc), ce qui permet d'envisager un prélèvement direct par certains animaux.....	23
Photo 15. Aspect d'une table fourragère en été avant pâturage à gauche (photo M.Duguet). Les jets mesurent entre 1 et 2 m selon la fertilité du milieu.	24
Photo 16. A droite, le recépage haut permet de conserver un bouquet de feuille terminal. (photo C.Boyer).....	24

Photo 17. Haie de bordure à gauche.....	24
Photo 18. Haie intraparcélaire à droite.	24
Photo 19. Stade de développement des mûriers avant récolte sur la parcelle du Pradel.....	28
Photo 20. Vue de la parcelle du site Ardéchois, avec mûriers bas à gauche et haies de têtards à droite.....	29
Photo 21. Frênes étêtés sur la totalité de l'axe du tronc à gauche, et sur charpentières à droite.	29
Photo 22. Etêtage d'un peuplier de 70 ans.....	31
Photo 23. Vue de 2 des 3 chênes qui ont servi à l'évaluation de la biomasse fourragère....	32
Photo 24. Chantier de récolte des frênes de Mazeyrat d'Allier	33
Photo 25. Frêne conduit en mini-trogne, consommé par les vaches laitières puis rabattu proprement au sécateur. En arrière-plan, on distingue une rangée d'arbres non consommés.	35
Photo 26. Premières consommations des feuilles du cheptel.....	37
Photo 27. Vaches broutant les trognes fourragères. A noter la forme en plumeau des rameaux avec les feuilles terminales qui échappent à l'animal.	39
Photo 28. Ingestion de feuilles de noisetier par des agneaux. Essai INRAE Theix RAME 2023	50
Photo 29. Ingestion de feuilles d'érable par des agneaux. Essai INRAE Theix RAME 2023	50
Photo 30. Les modalités fourragères arborées en Ariège.....	52
Photo 31. Vue des parcelles de prairie à aménager en agroforesterie.	71
Photo 32. Réflexion en sous-groupe sur les aménagements proposés aux éleveurs.	72

B. Table des figures

Figure 1. Articulation des actions du projet RAME	13
Figure 2. Itinéraires techniques de la plate-forme expérimentale AgroSyl	14
Figure 3. Illustrations des différentes actions menées sur le projet Oasis.....	17
Figure 4. Etapes de l'entretien auprès des éleveurs.....	20
Figure 5. Localisation des enquêtes réalisées par Agrooof en 2022.....	21
Figure 6. Localisation des enquêtes dans le Massif central.....	27

Figure 7. Répartition relative du poids selon les catégories de biomasse.....	34
Figure 8. Evolution de la production de biomasse raméale (rameaux + feuilles) des 4 essences fourragères principales de l'expérimentation de Lusignan.....	35
Figure 9. Nombre de consommations observées sur les 4 essences fourragères principales sur le site de Lusignan en 2021 et 2022.....	39
Figure 10. Différence de comportement alimentaire selon le climat et la ressource en herbe disponible.....	40
Figure 11. Comportement et préférences alimentaires des brebis agroforestières	40
Figure 12 : Box plots représentant les quantités ingérées des feuilles et jeunes rameaux de 6 essences, mesurées sur les 6 derniers jours de la période de digestibilité (n=3 moutons par essence).....	43
Figure 13. Digestibilité in vivo de 4 essences fourragères testées à l'INRAE de Theix.....	44
Figure 14. Valeur nutritive des feuilles et tiges des 4 essences fourragères principales du site de Lusignan.	46
Figure 15 : dispositifs expérimentaux pour les essais zootechniques mis en place sur le site INRAE Herbipôle de Theix entre 2022 et 2023.....	49
Figure 16 : Résultats de l'essai zootechnique mené par l'UE Herbipole	51
Figure 17. Niveau de couverture des besoins des brebis grâce aux feuilles d'arbres en période de sécheresse.....	53
Figure 18. Niveau de couverture des besoins des agnelles grâce aux feuilles d'arbres en période de sécheresse.....	53
Figure 19. Evolution de la production de bois (bois d'œuvre qualité A et B, et total) pour le scénario 50 arb./ha à gauche et 80 à droite.	57
Figure 20. Comparaison de l'évolution de la production prairiale en densité de 80 arb/ha en haut et 50 arb/ha en bas.	57
Figure 21. Evolution de la production fourragère (feuilles + prairie) d'un aménagement agroforestier de frênes à 80 arb/ha – fréquence de coupe tous les 6 ans.	58
Figure 22. Evolution de la production fourragère (feuilles + prairie) d'un aménagement agroforestier de frênes à 50 arb/ha – fréquence de coupe tous les 6 ans.	59
Figure 23. Evolution de la production fourragère (feuilles + prairie) d'un aménagement agroforestier de mûriers à 80 arb/ha – fréquence de coupe tous les 2 ans.	60
Figure 24. Evolution de la production fourragère (feuilles + prairie) d'un aménagement agroforestier de mûriers à 50 arb/ha – fréquence de coupe tous les 2 ans.	60

Figure 25. Plan de situation des parcelles de l'exploitation La Métairie Neuve	68
Figure 26. Exemple d'aménagement proposé pour une parcelle (C2) du projet La Métairie Neuve	69
Figure 27. Exemple du dispositif pour la parcelle C2.....	70
Figure 28. Adaptation des clôtures pour faciliter le pâturage des alignements fourragers. ..	70

C. Liste des tableaux

Tableau 1. Les sites pilotes du projet	13
Tableau 2. Aménagements agroforestiers fourragers présents chez les agriculteurs enquêtés (vert: présence).....	21
Tableau 3. Productivité des arbres fourragers selon les modes de conduites	30
Tableau 4. Composition chimique et digestibilité enzymatique des feuilles et tiges de 4 espèces d'arbres.....	45
Tableau 5. Valeur alimentaire des fourrages de l'essai	47
Tableau 6 : Ingestion des fourrages testés par les chèvres.....	47
Tableau 7. Modalités d'affouragement selon les types de cheptel étudiés.	52
Tableau 8. Paramètres retenus pour la simulation des aménagements fourragers.	56
Tableau 9. Les motivations des porteurs de projet de la Métairie Neuve.....	68

1. Introduction

1.1 Contexte & Etat de l'art

Un des principaux défis des éleveurs de ruminants consiste à assurer l'autonomie fourragère de leur exploitation notamment face aux sécheresses estivales, de plus en plus fréquentes et qui les obligent à puiser dans leur stock de fourrages hivernaux. Un nombre croissant réfléchit à l'opportunité d'utiliser de nouvelles ressources fourragères, complémentaires aux fourrages classiques (Legendre, 2018). Certains éleveurs coupent les branches des arbres environnant leurs parcelles ou donnent accès aux haies pour les faire brouter par les animaux (Penn, 2018). Il s'agit d'une pratique qui était courante en Europe, avant le semis de couverts prairiaux, le développement du maïs et la mécanisation (Sigaut, 1987).



Photo 1 - Alignement de trognes basses et hautes adultes. Les trognes basses sont régulièrement pâturées par les bovins jusqu'à la base du tronc (Photo Dominique Mansion).

Les travaux menés avec des réseaux d'éleveurs dans les projets PARASOL (fin. ADEME ; coord. Agrooif ; 2015-18) et ARBELE (fin. CASDAR ; coord. IDELE ; 2015-18) montrent que les visions de l'arbre fourrager évoluent : ils ne sont plus seulement utilisés occasionnellement en appoint lors des sécheresses mais comme une ressource plus régulière dans le système fourrager de l'exploitation. Afin d'améliorer cette pratique, les types d'aménagements se diversifient : haies fourragères, lignes intraparcélaires simples, doubles ou triples combinant différentes espèces ligneuses, plantation sous forme de table fourragère... L'enjeu pour la

recherche est d'accompagner cette dynamique et d'offrir aux éleveurs les connaissances nécessaires à la conception et la gestion de ces aménagements pour une intégration optimale dans leur système fourrager.



Photo 2 - Jeune plantation de mûriers sous forme de taillis courte rotation (appelé aussi table fourragère) dans le projet AGROSYL de la chambre d'agriculture de l'Ariège (photo CA09).



Photo 3 – Alignement de cépées fourragères de saules en Grande-Bretagne (Photo: Organical Research Center).

La ressource fourragère tirée des arbres est encore peu étudiée et soulève des questions concernant l'éventail de leur valeur alimentaire, leur acceptabilité par les animaux, et les itinéraires de production. Les études scientifiques s'intéressant à la valeur alimentaire des feuilles de ligneux (arbres, arbustes ou lianes) sont encore peu nombreuses en Europe (e.g. Smith *et al.*, 2014 ; Emile *et al.* 2017 ; Luske and Van Eekeren, 2018). Les recherches ont, jusqu'à présent, surtout concerné des fourrages ligneux caractéristiques des systèmes pastoraux de la zone méditerranéenne (Meuret, 1986 ; Mosquera-Losada *et al.*, 2004 ; Papanastasis *et al.* 2008, Mebirouk-Boudechiche *et al.*, 2015) zones tropicale (Alonso-Diaz *et al.*, 2008 ; Vu *et al.*, 2011). **Le manque de références sur la valeur nutritive des essences d'arbre** en milieu tempéré constitue un frein pour le développement de leur utilisation (Hermansen *et al.*, 2015). Les premiers résultats obtenus dans le cadre des projets PARASOL et ARBELE et présentés dans Emile *et al.* (2017) sur les teneurs en matières

azotées totales (MAT), fibres, tanins condensés (TANc) et digestibilité *in vitro* des feuilles de 27 espèces ligneuses, **méritent d'être complétés en incluant de nouvelles essences et en considérant non seulement la feuille mais également les jeunes tiges ou brindilles** aussi consommées par les animaux.

Bien que traditionnellement utilisé comme fourrage d'appoint en cas de sécheresse, il n'existe pas de tables de production des arbres hors forêt. En particulier, **il n'y a pas de références sur les parties feuilles et rameaux**, consommables par les animaux. La quantité produite dépend de l'arbre, de son âge, du contexte pédoclimatique et du mode de gestion (Colin et al., 2018). Des enquêtes menées auprès d'éleveurs lors des projets ARBELE et PARASOL (Béral, 2018), nous permettent d'approcher quelques notions de productivité et d'apport aux animaux. Ainsi, les mûriers dans le sud de la France peuvent apporter des compléments après les estives fin août et à l'automne (entre 10 et 20 % de la ration). Cependant **il n'existe pas de tables de production pour les arbres recépés ou étêtés** régulièrement par exemple, et pour la multitude d'espèces ligneuses pouvant être pâturées. **Les questions essentielles sur le nombre d'arbres à planter ou à gérer ainsi que la prise en compte des besoins des animaux selon les périodes restent entières.**

1.2 Le projet RAME

A partir de l'étude du potentiel fourrager des arbres, le projet a pour ambition **de concevoir à l'échelle des fermes, des aménagements agroforestiers pour la production d'une ressource fourragère arborée** permettant d'augmenter la résilience climatique et économique des systèmes d'élevage ruminants (ovins, bovins, caprins).

Les axes de recherche spécifiquement ciblés sont les suivants :

I/ Etude des pratiques et productivité fourragère des ligneux (Action 1) : L'objectif est d'étudier finement les performances technico-économiques de systèmes d'élevage intégrant pleinement les aménagements agroforestiers à vocation fourragère.

II/ Intégration dans la ration et performances animales (Action 2) : Il s'agit d'étudier les préférences alimentaires des ruminants vis-à-vis des ligneux et d'évaluer la qualité fourragère, l'ingestibilité de différentes ressources différenciées selon l'essence et les modes de conduite, et leurs effets sur les performances zootechniques (bovins, ovins et caprins).

III/ Pistes d'innovation et mise en place de sites expérimentaux participatifs (Action 3) : Notre objectif sera de favoriser des échanges entre éleveurs, chercheurs et techniciens pour partager les connaissances techniques et scientifiques et imaginer, chez des éleveurs intéressés, l'implantation de dispositifs fourragers à vocation expérimentale. Ces nouveaux sites, ainsi que d'autres dispositifs agroforestiers déjà implantés, contribueront aux perspectives de recherches participatives sur cette thématique.

IV/ Partage de connaissances et savoirs-faires (Action 4) : Il s'agira à la fois d'assurer la visibilité du projet et de partager l'ensemble des résultats avec les acteurs de la filière. Une attention particulière sera accordée à l'échange et au partage de savoirs-faires et connaissances liées aux pratiques des éleveurs.

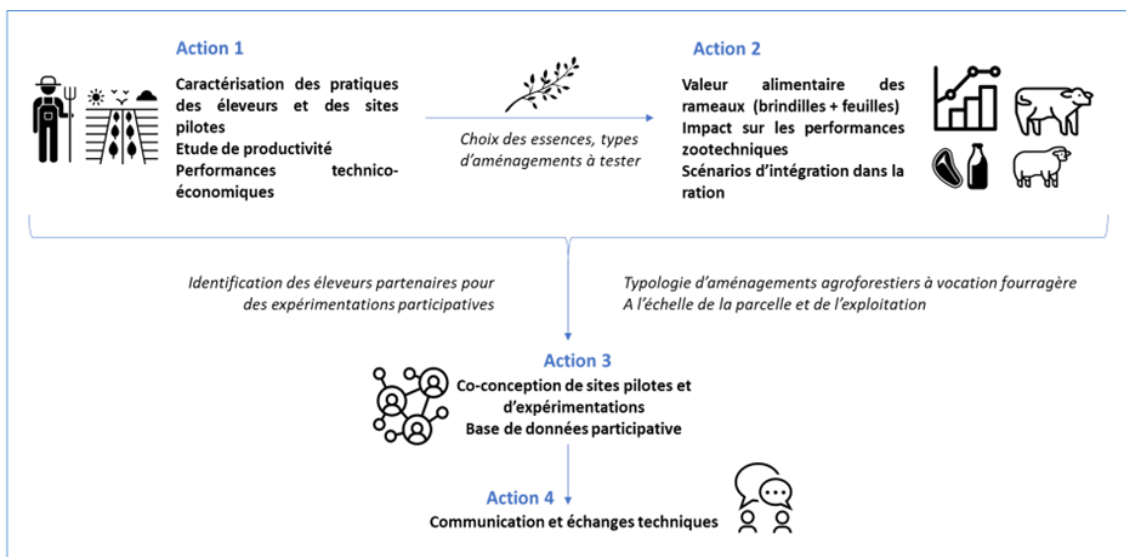


Figure 1. Articulation des actions du projet RAME

Le projet s'inscrit sur une diversité de territoires (Auvergne, Cévennes, Ain, Ariège, Ardèche, Vienne) concernés par des contextes pédoclimatiques et des pratiques d'élevage différentes. Sur la plupart d'entre eux, le frêne "émondé », ou le mûrier têtard est/était très présent sur les exploitations d'élevage, les exploitants coupant les branches feuillées pour nourrir les animaux les années de sécheresse (2003, 2011, 2015, 2016, 2017). Sur chacun de ces territoires, des dynamiques de développement et d'expérimentation (sites pilotes) sur l'arbre fourrager ont émergé et constituent le socle expérimental de RAME (Tableau 1).

Tableau 1. Les sites pilotes du projet

Nom du site	Département	Animaux	Date plantation	Système agroforestier
OasYs (INRAE Ferlus)	Vienne	Bovin laitier	2014	5 parcelles sur 15 ha. 50 espèces d'arbres têtards et 10 espèces de lianes. En rotation prairies-cultures
Ferme du Pradel (EPLEFPA Olivier de Serres & IDELE)	Ardèche	Chèvres laitières	années 90	Mûriers en 1x3m, gérés en trogne et cépée une rangée sur deux.
Lamartine (INRAE Theix)	Puy de Dôme	Ovin viande	1989	Frênes, merisiers et érables à 60 et 150 arbres/ha.
AGROSYL (Chambre d'Agriculture de l'Ariège)	Ariège	Bovin viande	2017	Muriers blancs (5000 plants sur 0,2 ha) conduits sous forme de taillis courte rotation et pâturés par bovins.

1.3 Présentation des sites pilotes

1.3.1 AGROSYL

Agrosyl est un projet qui a permis d'installer sur la commune de Mirepoix au GAEC AUTHIER 5 000 plants de Mûriers blanc à vocation de fourrage.

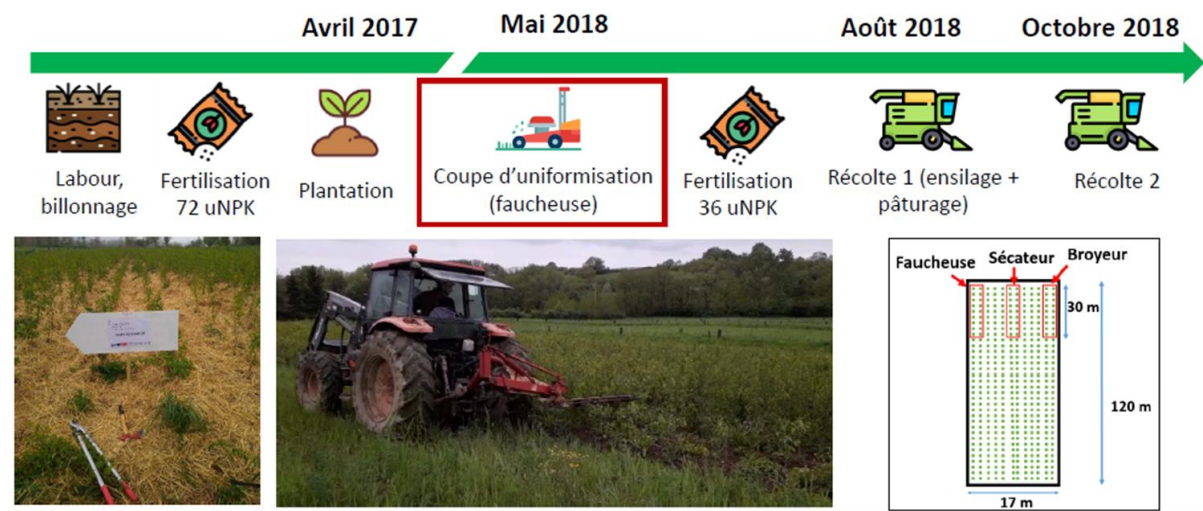


Figure 2. Itinéraires techniques de la plate-forme expérimentale AgroSyl



Photo 4. Récolte par ensilage août 2018

L'objectif premier était de récolter de façon mécanisée afin d'envisager un ensilage. La faisabilité de ce protocole étant compliquée pour l'éleveur, nous avons réorienté sur un pâturage directement sur les Mûriers.

Pourquoi le test avec cet arbre ? L'idée était de trouver une essence qui ait la capacité de fournir à la fois une grande plasticité en termes de type de sol, une résistance aux fortes chaleurs tout en ayant une valeur alimentaire intéressante. L'idée était donc de savoir :

- comment se comporte l'essence dans notre région
- quelle est la plus-value du Mûrier blanc en termes d'autonomie fourragère sur un élevage en Ariège
- comment se comporte le cheptel vis à vis de cette ressource nouvelle

Le pâturage direct de ces arbres a permis de réduire fortement les coûts de récolte. La Chambre d'Agriculture a ainsi mesuré pendant 5 ans :

- la croissance en diamètre des tiges
- la croissance en hauteur et en nombre de tiges par plants
- la quantité de biomasse comestible produite par les tiges
- la quantité de biomasse herbeuse produite au sol

Ces relevés ont été effectués en plusieurs sessions dans l'année :

- mars avril : mesure de la biomasse herbeuse
- juin : mesures de la biomasse herbeuse
- juillet (deux sessions de mesures espacées de 15 jours) : totalité des 4 points cités ci-dessus
- Août (deux sessions de mesures espacées de 15 jours) : totalité des 4 points cités ci-dessus
- Septembre (deux sessions de mesures espacées de 15 jours) : totalité des 4 points cités ci-dessus
- Octobre : mesure de la biomasse herbeuse



Photo 5. Mesure de la hauteur totale n+1 après plantation



Photo 6. Mesure du diamètre des tiges 3ème saison de végétation après plantation

1.3.2 INRAE Theix

Situé à 850 mètres d'altitude, le site INRAE de Theix est le seul du Réseau National d'Expérimentation pour les plantes fourragères pérennes qui permet d'observer le comportement des espèces en demi-montagne, avec des conditions climatiques plus dures que celles des autres lieux du réseau situés en plaine. Le site possède une ferme expérimentale dont 4,5 ha en prairies agroforestières pâturées (essences forestières : merisiers, érables et frênes adultes intra-parcellaires et/ou en bordure), avec ovins et bovins, depuis 1989.



Photo 7. Parcelle de suivi, implantée en 1989, avec différentes modalités de densités. Ici 50 arb/ha.

Deux unités travaillent sur le thème de l'agroforesterie en particulier :

- UE Herbipôle, Laqueuille/Theix/Marcenat (zootechne) : dispositifs expérimentaux avec prairie pâturée (ovins, bovins) et essences forestières.
- UMR INRAE–VetAgro Sup Herbivores, Theix (zootechne, éthologie, physiologie animale, économie) : bénéfices de l'arbre en élevage, analyse du comportement et bien-être animal, effet de l'arbre sur la prairie, valeur alimentaire de l'arbre fourrager (digestibilité in vivo, ingestibilité). Compétences en services écosystémiques (agroécologie).

1.3.3 OASYS – INRAE Ferlu

Pour faire face aux nombreux défis de l'élevage laitier, l'expérimentation-système OasYs teste grandeur nature (91 ha, 72 vaches laitières) un système bovin laitier agroécologique adapté au changement climatique. Ce dispositif expérimental unique est situé sur le domaine agricole de l'unité FERLU basée au centre INRAE de Lusignan. Ce système a pour objectif de permettre aux éleveurs et éleveuses de vivre de leur système laitier dans un contexte de changement climatique, en économisant les ressources en eau et en énergie fossile, tout en contribuant à une agriculture durable.

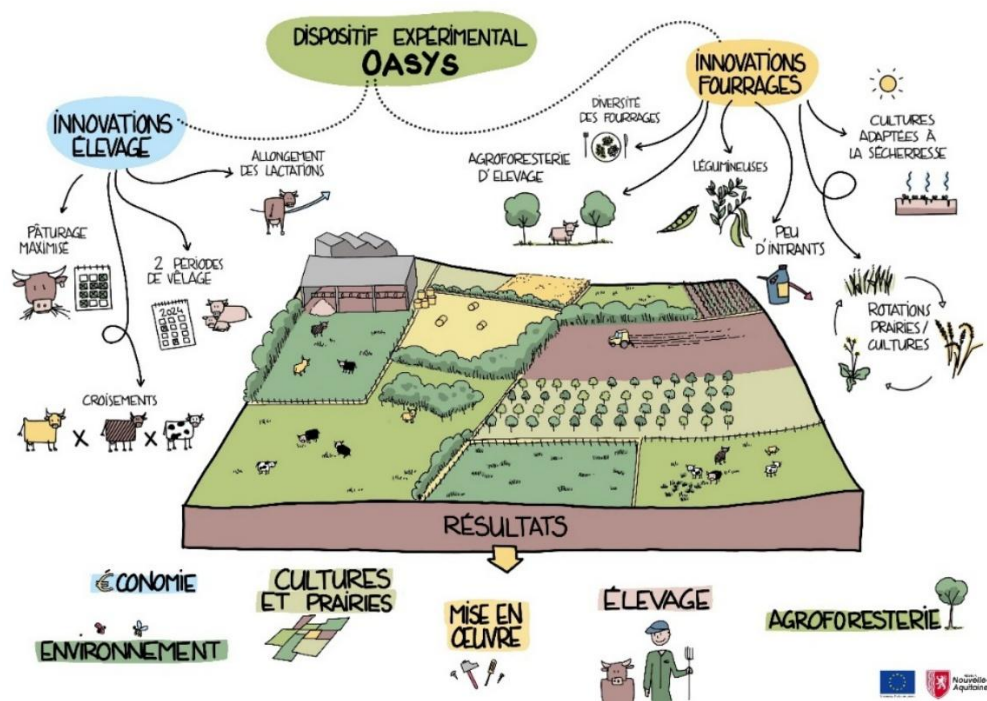


Figure 3. Illustrations des différentes actions menées sur le projet Oasys

Les arbres fourragers sont une des innovations agroécologiques mises en place sur Oasys pour contribuer à sécuriser l'autonomie fourragère du troupeau laitier en période de sécheresse. Ils remplissent également d'autres fonctions : ombrage, stockage de carbone, amélioration de la fertilité du sol, préservation de la biodiversité.

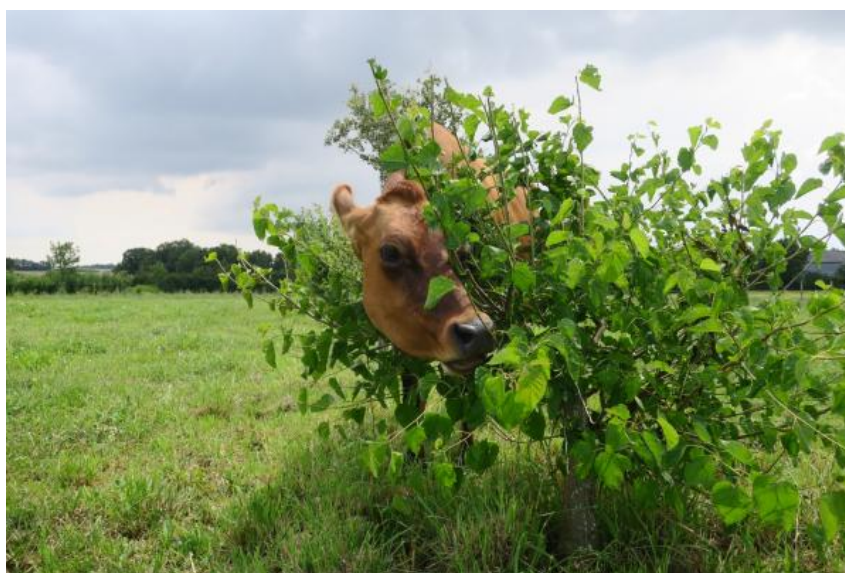


Photo 8. Pâturage en direct des génisses sur la modalité têtards.

Ce système de production innovant a été conçu en 2012-2013 selon une démarche systémique et collaborative, associant profession agricole, société civile et scientifiques. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01210325/document>

1.3.4 Ferme du Pradel

La ferme expérimentale caprine du Pradel est la ferme d'application de l'EPLEFPA Olivier de Serres basé à Mirabel dans le Sud Ardèche. Depuis 1989, des références ont été créées sur de nombreuses thématiques comme le pâturage, l'alimentation, l'élevage des jeunes, la gestion des effluents, la transformation fromagère fermière... Cette ferme élève 220 chèvres en Picodon AOP sur une quarantaine d'hectares. Elle possède surtout une plantation trentenaire de mûriers blancs de 2 ha utilisés depuis 2019 par les chèvres.

L'adaptation au changement climatique est devenue un enjeu fort de ce territoire méditerranéen et de la production caprine. Le Pradel expérimente notamment des espèces fourragères d'intérêt "du fourrage au fromage", c'est-à-dire en étudiant la production et la qualité des fourrages, du lait et des fromages produits ainsi que le goût de ces derniers. La chicorée, le plantain, le sorgho ont été étudiés tout comme le mûrier blanc dans APACHE et le frêne dans ce projet RAME. Ces résultats donnent des références importantes pour accompagner les chevriers dans leurs choix et ils sont diffusés largement : fiches techniques, Journée Portes Ouvertes, site internet...



Photo 9. Les mûriers, conduits en têtards, ci-dessus (crédit photo Dominique Dalbin).

Photo 10. A droite, pâturage des mûriers recépés par les chèvres de la ferme expérimentale. (photo Le Pradel)



2 ACTION 1/ Etude des pratiques associées à l'arbre fourrager dans différentes régions

2.1 Enquêtes sur les pratiques

2.1.1 Enquêtes en zone montagneuse et piémont méditerranéenne Occitanie

Responsable de l'action AGROOF. Stage de Maxime Duguet en 2021.

2.1.1.1 Démarche

La zone d'étude comprend les zones montagneuses et de piémont d'Occitanie, en l'occurrence la partie Sud du Massif central dans les départements du Gard, de la Lozère, de l'Aveyron et dans la partie Est des Pyrénées dans les départements de l'Ariège et de l'Aude. Deux entretiens ont également été réalisés en Ardèche, en zone frontalière de l'Occitanie, qui seront donc compris dans l'étude par extension. L'Occitanie est une région où l'élevage de ruminants est très présent. Ces élevages se situent essentiellement dans les zones montagneuses au Sud du Massif central (Lot, Aveyron, Lozère) et dans les Pyrénées (Chambre d'agriculture Occitanie 2022). Les systèmes fourragers sont principalement herbagers, c'est à dire que les surfaces toujours en herbe (STH) représentent plus de 40% des surfaces agricoles utiles (SAU), et les densités animales sont moyennes dans le Massif central (0,4 à 1,2 UGB/ha) et faibles dans les Pyrénées (< 0,4 UGB/ha) (Hercule et al. 2018). Ces régions au climat montagnard connaissent des influences de l'Océan Atlantique et de la mer Méditerranée. Du fait de leur caractéristiques (altitude, climat spécifique), ces zones sont sensibles aux effets du dérèglement climatique. L'augmentation des sécheresses est un phénomène déjà constaté et quel que soit le scénario considéré, cette évolution est censée se poursuivre dans le climat futur. (Simonet, Fabre, Hugues 2021).

Après un recensement auprès des différents partenaires de RAME et de leur réseau, en lien également avec le projet de recherche APACHE, les exploitations enquêtées ont été sélectionnées selon les critères suivants :

- Présence d'un élevage de ruminants (ovins, caprins ou bovins)
- Situées dans la zone d'étude
- Utilisation occasionnelle ou régulière de ressources fourragères d'origine arborée (hors pastoralisme)

En tout 17 exploitations ont été enquêtées suivant une méthode d'entretien semi-directifs dont le but était d'obtenir des données quantitatives et qualitatives sur les aspects suivants :

Partie 1 : Description générale de l'exploitation <ul style="list-style-type: none"> - Généralités - SAU (Surface Agricole Utile) et cultures - Enjeux objectifs et perspectives 	Partie 3 : Fourrages arborés <ul style="list-style-type: none"> - Caractéristique des aménagements - Pratiques d'affouragement - Entretien des arbres et impact des pratiques
Partie 2 : Atelier élevage <ul style="list-style-type: none"> - Fonctionnement (UGB, race, production...) - Système alimentaire (Pâturage, ration...) 	Partie 4 : Retour d'expérience sur les pratiques d'affouragement arboré <ul style="list-style-type: none"> - Concernant les animaux - Avantages et inconvénients - Accompagnement et motivations

Figure 4. Etapes de l'entretien auprès des éleveurs

La première partie de l'entretien permet de placer l'exploitation dans son contexte global. Elle s'intéresse aux différentes productions agricoles existantes, le nombre d'exploitants, le type de structure agricole, son historique, ses circuits de commercialisation etc. Les surfaces agricoles y sont détaillées et permettent de rendre compte du fonctionnement fourrager ainsi que du contexte pédoclimatique. La deuxième partie entre dans le détail de l'atelier d'élevage avec des indicateurs tels que le nombre d'animaux de production, les quantités de production, la gestion des différents lots. Le système alimentaire y est expliqué et les quantités d'aliments consommés dans l'année sont détaillées en différenciant les quantités produites et les quantités achetées afin de juger du niveau d'autonomie alimentaire de chaque exploitation. La troisième partie traite des pratiques liées à l'affouragement arboré. Elle détaille les différentes caractéristiques des aménagements agroforestiers, notamment leurs formes, les essences retrouvées, leurs conduites, leur taille, leur emplacement. Les pratiques d'affouragement sont expliquées en abordant les aspects techniques des méthodes employées, le nombre d'animaux affouragés, le temps de travail nécessaire et le retour d'expérience vis-à-vis de ces techniques. Dans la dernière partie, des questions portent sur les animaux lors de la mise à disposition de cette ressource : leur état physiologique, leur comportement, l'appétence des essences. La part des feuilles dans la ration quotidienne des animaux est alors évaluée et des observations sur des éventuels effets sur la production et la qualité des produits ou la santé des animaux sont demandées. Des questions portent sur les avantages et inconvénients que jugent les éleveurs-es vis-à-vis de ces pratiques et de la présence des arbres. La dernière partie relève des informations pour comprendre pourquoi et comment les éleveurs-es ont commencé à recourir à ces pratiques.

Une fiche de terrain a également été réalisée pour noter des informations descriptives des aménagements agroforestiers visités chez les éleveurs-es. Elle a permis notamment d'inscrire les caractéristiques tels que les types d'aménagements, les densités de plantation, les dernières dates d'utilisation et les longueurs/surfaces. Des mesures dendrométriques ont aussi été réalisées sur place telles que la hauteur des arbres, la hauteur de coupe, les diamètres de tronc. Cette fiche se situe en annexe n°2.

2.1.1.2 Présentation de l'échantillon

Au total 17 élevages ont été enquêtés dont 2 dans le Gard, 5 en Lozère, 2 dans l'Aveyron, 4 en Ariège et 2 dans l'Aude ainsi que 2 en Ardèche.



Figure 5. Localisation des enquêtes réalisées par Agrooof en 2022.

Les exploitations étaient très diverses dans leur typologie (nombre UGB entre 7 et 68 UGB, type de cheptel : ovins, caprins, bovins ou mixtes).

2.1.1.3 Sur l'utilisation des ligneux fourragers

Lors des enquêtes, cinq principaux types d'aménagements ont été recensés : les frênes émondés, les mûriers têtards, les tables fourragères, les forêts pâturées et les haies fourragères.

Numéro élevage	Sylvo-pastoralisme	Mûrier têtard	Table fourragère	Frêne émonde	Haie fourragère
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

Tableau 2. Aménagements agroforestiers fourragers présents chez les agriculteurs enquêtés (vert : présence)

Les frênes émondés

Présente sur la moitié des exploitations, cette pratique ancestrale concerne surtout le frêne commun (*Fraxinus excelsior*). Les arbres sont généralement étêtés à une hauteur inatteignable pour les animaux, et ne gênant pas la mécanisation aux abords des lignes d'arbres (entre 3 et 10 m de hauteur). Situés en bordure de parcelle, les frênes sont soit complètement étêtés et l'agriculteur ne laisse que le tronc, soit ils sont étêtés au niveau des branches principales.



Photo 11. Alignements de frênes en bordure de champs, étêtés l'année précédente (à gauche).

Photo 12. Vue aérienne d'un alignement en bordure de bâtiments, pour protéger du vent et faciliter l'affouragement après récolte (à droite). Photo M. Duguet.

Généralement l'ensemble des branches sont coupées, avec un intervalle de 5 à 10 ans entre chaque coupe. Certains laissent quelques branches "tire-sève". La récolte est fastidieuse : soit en grimpant dans l'arbre (souvent avec une échelle), soit depuis une nacelle. Dans tous les cas, les normes de sécurité ne sont pas respectées par manque de connaissance, de matériel adapté... Les branches sont ensuite distribuées au sol, après la coupe, ou apportées dans les bâtiments pour alimenter à l'auge ou dans les paddocks. Les rémanents sont utilisés en bûches lorsque les intervalles de coupes sont importants, ou en plaquettes après broyage (litière, BRF ou bois énergie).

En termes de faisabilité, l'idéal est d'être à deux pour optimiser et sécuriser le chantier : un coupe et l'autre range ou recoupe les branches pour les distribuer. La durée de l'étêtage dépend de la taille et la fréquence de l'élagage, et peut aller d'une heure à une journée complète pour les très gros arbres. La technicité et l'habitude de l'éleveur peut faire la différence également et va dépendre notamment du nombre d'arbres présents sur l'exploitation. Globalement, il s'agit d'une technique relativement dangereuse et source de blessures pour les éleveurs.

Les mûriers têtards

A plus faible altitude, on retrouve des pratiques d'étêtage sur les mûriers blancs (parfois noirs ou platanes), historiquement liées à l'élevage des vers à soie, nourris quotidiennement par les feuilles. La différence avec le frêne provient surtout de la fréquence des coupes, qui sont souvent annuelles, et la hauteur d'intervention, généralement inférieure à 3 m. Les arbres

peuvent être formés autour d'un ou de deux troncs, ou menés en fruitiers de type gobelets, avec une taille basse, accessible à pied.



Photo 13. Mûriers blancs étêtés à 2m50 de hauteur, avec une pousse de 2 ans à gauche.

Photo 14. Si le mûrier tolère bien les récoltes annuelles ou bisannuelles, l'impact sanitaire est souvent visible après quelques décennies, comme ici au premier plan. A droite, les mûriers sont étêtés plus bas (1m20 de tronc), ce qui permet d'envisager un prélèvement direct par certains animaux.

Les techniques de récolte sont semblables à celle du frêne mais avec moins de contrainte pour l'opération de coupe qui peut se faire à pied, sans autre outil qu'un sécateur emmanché, et une petite tronçonneuse le cas échéant. De fait, le chantier peut se faire plus facilement seul, même si une seconde personne permet une meilleure distribution au sol pendant que le premier coupe les branches. L'éleveur monte rarement sur la trogne car elle est souvent fragilisée par les coupes fréquentes. Cette fragilité engendre progressivement une obligation de respecter la fréquence de coupe, au risque de provoquer des cassures à la base du tronc si l'éleveur ne réduit pas le poids des branches.

Les branches sont laissées le plus souvent au sol, les animaux accourant dès que le chantier commence. Les temps de chantier sont également réduits : l'étêtage d'un arbre prend entre 45mn et une heure. Les éleveurs enquêtés ont l'impression que l'apport alimentaire est faible compte tenu du temps passé lors des coupes.

Les tables fourragères

Les éleveurs enquêtés se situent en Ariège et en Ardèche, à proximité des deux sites expérimentaux présentant ce type d'aménagement.

La densité va différencier les projets, allant de 1 600 à 25 000 pieds/ha. A très forte densité, le projet s'apparente à un taillis à très courte rotation en plein. La densité impacte la productivité de la prairie, tandis qu'à 1 600 pieds, la ressource herbe est présente.



Photo 15. Aspect d'une table fourragère en été avant pâturage à gauche (photo M. Duguet). Les rejets mesurent entre 1 et 2 m selon la fertilité du milieu.

Photo 16. A droite, le recépage haut permet de conserver un bouquet de feuille terminal. (photo C. Boyer)

Le mode de prélèvement est le pâturage direct par les animaux. Après pâturage, l'éleveur doit réintervenir pour recéper les arbres car les tiges ne sont pas consommées au-delà d'un certain diamètre et cela permet aussi de repartir sur une coupe nette non abîmée. Cette opération a lieu à l'automne, après la chute des feuilles.

La hauteur du recépage est variable, depuis le ras du sol jusqu'à 1 mètre de hauteur. A un mètre, les rejets mesurant entre 1 et 2 m, ne seront pâturés que sur la moitié, ce qui permet de servir de tire-sève et maintient une certaine vigueur de l'arbre après pâturage.

Haies fourragères

Seuls deux éleveurs rencontrés ont mis en place une haie fourragère. Un des projets vient tout juste d'être planté et n'a pas encore fait l'objet d'un pâturage par les animaux. Le second a planté en 2014. Dans les deux cas, les arbres et arbustes ont été choisis pour leur vocation fourragère et ont été plantés à 1 m sur la ligne. Si le premier souhaite recéper les arbres à 10 cm du sol, le second réalise des trognes jusqu'à 2 m de hauteur. Le premier pense couper les tiges lui-même et les apporter sur la parcelle voisine directement aux chèvres, sa haie étant en bordure. Le second a planté sa haie en intraparcellaire afin de faciliter le prélèvement direct par les animaux.



Photo 17. Haie de bordure à gauche

Photo 18. Haie intraparcellaire à droite.

Forêts pâturées

La pratique du pâturage en forêt est désignée par le terme sylvopastoralisme. Cette pratique ne fait pas partie du cadre de recherche du projet RAME mais a cependant été retrouvée dans plusieurs élevages enquêtés et constitue souvent une ressource fourragère importante. Nous ne présenterons pas les résultats ici mais sont présents dans le rapport de Maxime Duguet. Il est toutefois de signaler que cette pratique est souvent complémentaire des systèmes sur terres agricoles, plantés et gérés par les éleveurs, bien que ce ne soit pas bien reconnu par la PAC

2.1.1.4 Bilan et retour d'expériences des éleveurs

Sur les arbres têtards

Pour la plupart des éleveurs, les arbres sont utilisés en cas de coup dur (sécheresse, rupture d'approvisionnement en foin), comme un plaisir offert aux animaux. Les arbres, quelle que soit l'essence, sont récoltés en fin d'été, début d'automne à des périodes critiques (entre juillet et octobre). La durée des cycles dépend des essences et du potentiel du milieu favorisant ou non la vigueur des arbres. Les frênes ont des cycles plus longs : leur durée dépendra de la volonté de tirer parti du bois des branches pour des besoins de litières ou d'énergie.

Les éleveurs possèdent peu d'arbres, entre 30 et 100 frênes environ et pratiquent une récolte annuelle. Pour les éleveurs cherchant à tirer parti de bois bûches, le nombre d'arbres récoltés est stable. L'ensemble des éleveurs se sentent incapables de chiffrer le volume de feuillage et de son apport pour les animaux. Le constat est le même pour les mûriers. Peu en ont planté, il s'agit davantage d'un héritage de pratiques anciennes et qui permet d'avoir un fourrage d'appoint disponible en cas de sécheresse. Les éleveurs enquêtés n'en possédaient pas plus de 20 à 30 sur leur exploitation. Certains élaguent tous les ans, d'autres tous les 2 à 3 ans.

Par l'analyse des pratiques et les dires des éleveurs, il ressort qu'un frêne peut apporter entre 10 et 25% de la ration quotidienne pour 4 à 5 UGB. Un éleveur pense que cela peut aller jusqu'à 40% pour des arbres âgés, avec des cycles de 10 à 15 ans.

Concernant le mûrier, le cas est un peu différent. Les éleveurs remarquent que les feuilles sont souvent plus larges après étêtage et dans la ration, ils complètent avec de la paille (apport de fibres) plutôt qu'avec du foin. Un éleveur remplace ainsi une ration de 180 kg de foin par 90 kg de paille et les feuilles de 3 à 5 mûriers, pour 18 UGB de brebis. Un mûrier quotidien peut ainsi suffire pour une trentaine de brebis (environ 4.5 UGB).

Sur les tables fourragères

Les tables étant pâturées, le principal paramètre sera le chargement exercé et le temps de pâturage. Un pâturage flash permet un impact moindre sur les végétaux, mais un apport alimentaire moindre sur la période de pâturage. En revanche, l'éleveur peut revenir plusieurs fois sur la parcelle. Dans le cas de l'éleveur en Ardèche, les animaux reviennent 8 à 9 fois sur la parcelle dans l'année pour des temps de pâturage inférieur à une heure. Sur la parcelle du Pradel, les chèvres pâturent cependant 12 à 15 jours durant la même parcelle.

En Ariège, avec 60 UGB, l'éleveur pratique un pâturage tournant dynamique où il fait pâturer 0.25 ha à 5000 arb/ha pendant 1.5 jours chaque mois entre mars et décembre. Avant le débourrement en mai, les animaux se nourrissent de l'herbe. De juin à septembre, le mûrier prend le relais. Puis de nouveau l'herbe jusqu'à décembre. Dans la pratique, le climat dicte le nombre des passages. Dans ce cas, les mûriers représentent 6 jours de ration intégrale sur l'année pour 0.25 ha. Pour un ha, les mûriers apportent donc 24 jours d'alimentation pour 60 UGB.

Au Pradel, les 1,5 ha de table fourragère à 4500 arb/ha permettent de nourrir 7 UGB pendant 12 à 15 jours ($\frac{2}{3}$ de la ration). La productivité est donc moindre en comparaison avec le cas de l'Ariège...

Pour la haie fourragère, la dimension des projets ne nous ont pas permis d'extrapoler les chiffres de rendement fourrager en nombre de jours équivalent pâturage.

Conclusions

Parmi les éleveurs enquêtés, hormis le cas des tables fourragères, peu d'agriculteurs ont planté avec l'idée de développer un atelier fourrager issu de ligneux. Pour eux, il s'agit d'un apport occasionnel en cas de sécheresse ou lors des périodes critiques de fin d'été. A noter toutefois que les arbres souffrent également de la chaleur et peuvent voir leur production de feuilles chuter, notamment pour le mûrier.

Dans les systèmes traditionnels, si le nombre d'arbres est peu élevé, l'apport des arbres reste faible, mais il permet de moins ponctionner les réserves de foin. Avec des essences très digestes comme le mûrier, le complément de la ration peut également être constitué de paille, voire de broussailles (ce qui permet d'entretenir l'espace en friche ou de sous-bois, en bonne complémentarité avec les techniques de sylvopastoralisme).

Néanmoins, le retour des éleveurs permet de chiffrer certains facteurs importants comme le temps de travail demandé, l'apport potentiel en termes de besoin par rapport à leurs troupeaux. Ces éléments vont nourrir nos simulations du prochain chapitre. Ainsi, on peut tableur sur des aménagements plus denses afin de répondre à des besoins sur de plus longues périodes. Pour les arbres têtards, un frêne émondé tous les $\frac{7}{8}$ ans, en bonnes conditions pédoclimatiques, pourrait correspondre aux besoins quotidiens d'un UGB, et un mûrier pourrait répondre aux besoins de 2 UGB... On peut faire l'hypothèse que pour un troupeau de 60 UGB, alimenté par les arbres pendant 100 jours, il faudrait avoir sur l'exploitation près de 6000 arbres, soit 45 à 60 ha d'agroforesterie... Cette surface peut toutefois être revue à la baisse si on intègre une part de production de haie de bordure et de ressources sylvopastorales.

D'un point de vue général, la technicité des arbres têtards semble être un frein. Imaginer une exploitation avec 6000 arbres n'est pas crédible face à l'énergie et au temps demandé. Sauf à imaginer des formes de têtards basses, facilitant le travail d'émondage ou d'étêtage. Mais cela est à vérifier.

De leur côté, les tables fourragères sont encourageantes, car le prélèvement direct réduit considérablement le temps de travail. Néanmoins l'investissement est très élevé et le retour sur investissement doit être calculé. La haie fourragère pourrait être une option intéressante.

L'inconvénient des systèmes en prélèvement direct réside également dans le fait que la plantation nécessite un temps de mise en place assez long pour que les végétaux puissent résister aux animaux lors du pâturage.

Des fiches par systèmes de production ont été réalisées et sont disponibles sur le site officiel du projet. Voir en Annexe 7.1, un exemple de fiche réalisée.

2.1.2 Enquêtes dans le Massif central

Partenaire en charge de cette action : Mission Haies AURA

6 enquêtes ont été réalisées auprès d'éleveurs du Massif central en ovin viande, sur les régions Auvergne et Limousin.

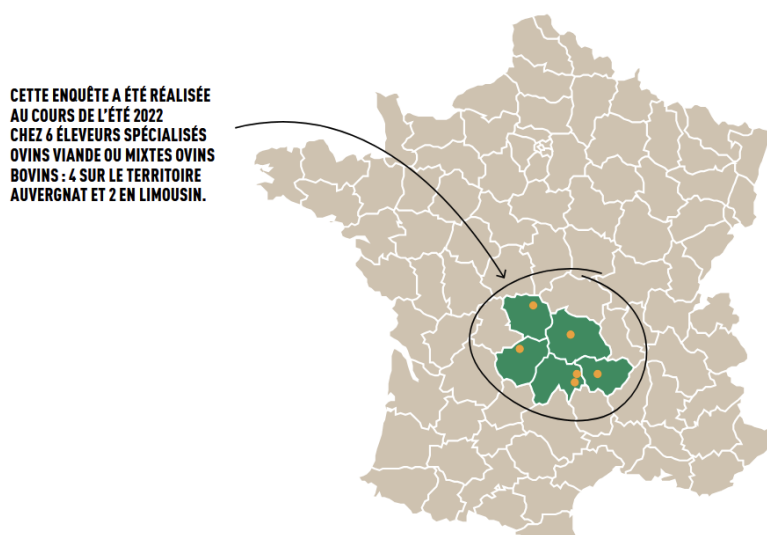


Figure 6. Localisation des enquêtes dans le Massif central

Principaux enseignements des enquêtes :

3 objectifs sont mis en avant par les éleveurs de l'échantillon. Le premier objectif de la coupe est davantage l'entretien des parcelles. L'affouragement des brebis arrive en second plan à l'exception des périodes de sécheresse pendant lesquelles il devient prioritaire. Tous les éleveurs annoncent un gain en foin "économisé". Enfin, la réalisation du bois de chauffage en plaquette ou en bûche est le troisième but recherché.

L'affouragement est réalisé chaque jour, en général en fin de matinée, pendant une durée de 2 à 4 semaines pour un lot moyen d'au moins 80 brebis. Les quantités sont coupées « à vue d'œil » pour la ration de la journée. La coupe est réalisée avec un retour sur les arbres tous les 3 à 5 ans.

Ces travaux de coupe sont menés sur les haies et/ ou les arbres isolés ou alignés (typologie bocagère plébiscitée sur l'auvergne). Les essences sont souvent diverses, parfois sélectionnées (frênes).

Les animaux affouragés sont en priorité les animaux à faibles besoins (brebis vides ou en milieu de gestation). On n'observe pas d'incidence de la race.

La pratique prend en revanche du temps, mais c'est souvent vu comme rentable lorsqu'elle est couplée avec le déchetage des branches pour faire de la litière plaquettes.

2.2 Productivité des aménagements

Une évaluation de la productivité d'arbres a été réalisée dans 9 exploitations avec arbres fourragers, dont les sites pilotes du Pradel et de Lusignan. L'évaluation de 4 sites a été réalisée par Agroof, 4 autres par Mission Haie AURA et celui de Lusignan par l'INRAE Ferlus.

2.2.1 Les 4 sites évalués par Agroof

2.2.1.1 Présentation des sites

- La ferme du Pradel (Ardèche) (site 1)

Mesures réalisées sur les tables fourragères de mûriers blancs avec une comparaison de productivité entre des arbres têtards bas et des cépées, et dans différentes zones pédologiques impliquant des vigueurs différentes.



Photo 19. Stade de développement des mûriers avant récolte sur la parcelle du Pradel.

- Une ferme caprine en Ardèche (site 2)

Mesures réalisées sur des tables fourragères de mûriers blancs et des mûriers têtards hauts.



Photo 20. Vue de la parcelle du site Ardéchois, avec mûriers bas à gauche et haies de têtards à droite.

- Sur deux fermes caprines en Lozère (sites 3 et 4)

Mesures réalisées sur des frênes émondés.



Photo 21. Frênes étêtés sur la totalité de l'axe du tronc à gauche, et sur charpentières à droite.

Des mesures ont été réalisées avant la coupe : Caractérisation des arbres (coordonnées GPS, essence, âge, tailles précédentes) et réalisation de mesures dendrométriques (hauteur totale,

hauteur du tronc, circonférence à 1m30, diamètre du houppier en deux mesures perpendiculaires).

2.2.1.2 Méthodologie suivie

Des mesures ont été réalisées à la coupe :

- Mesures précises sur 15 branches : Longueur de la branche (cm) ; Circonférence à la base (cm) ; Circonférence à 50 cm (cm) ; Poids frais de feuilles (g) ; Poids frais de bois pouvant être consommé par les animaux (demander à l'éleveur) (g) ; Poids frais du bois restant.
- Compter des branches restantes
- Peser l'ensemble des feuilles restantes et l'ensemble des bois restants
- Sous échantillonnage pour déterminer les teneurs en matières sèches.

2.2.1.3 Les résultats obtenus

Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau ci- après, par essence et conduite des arbres pour l'ensemble des sites étudiés.

ANNÉES	SITES	ESSENCES	CONDUITE	HAUTEUR ARBRE	Kg MS
2022	SITE 1	MÛRIER	CÉPÉE	2,00	0,29
2022	SITE 1	MÛRIER	TETARD BAS	1,86	0,42
2023	SITE 3	FRÊNE	EMONDE	9,20	46,70
2023	SITE 4	FRÊNE	EMONDE	9,25	28,71
2023	SITE 1	MÛRIER	CÉPÉE	1,34	0,21
2023	SITE 1	MÛRIER	CÉPÉE BASSE	1,61	0,22
2023	SITE 1	MÛRIER	CÉPÉE HAUTE	2,07	0,47
2023	SITE 1	MÛRIER	TETARD BRANCHE	4 1,36	0,36
2023	SITE 1	MÛRIER	TETARD RAS	1,44	0,60
2023	SITE 2	MÛRIER	TABLE FOURRAGÈRE	1,59	0,32
2023	SITE 2	MÛRIER	TETARD HAUT	4,95	5,71

Tableau 3. Productivité des arbres fourragers selon les modes de conduites

Ces résultats montrent que les muriers ou frênes conduits en têtards ou émondés sont susceptibles de fournir une quantité importante de biomasse foliaire fourragère. A titre d'exemple, les muriers têtards bas conduits en tables fourragères à une densité de 3333 p/ha permettent de fournir, en fonction de leur vigueur entre 1 et 3 tMS/ha. En été, cela constitue

une ressource intéressante à un niveau au moins équivalent à la productivité d'une prairie permanente.

2.2.2 Les 4 sites évalués par Mission Haies AURA

Ce travail a été réalisé en cofinancement avec le projet Climagrof, de la Région AURA.

Plusieurs sites ont fait l'objet de mesures de productivité en poids de rameaux + feuilles car les ovins viande consomment les feuilles, mais également les rameaux peu ligneux et une partie des rameaux ligneux.

2.2.2.1 Site de Bonnefont-Frugière le Pin (43)

Etude en septembre 2023 sur des peupliers noirs (3 arbres échantillonnés), après remise en têtards sur des individus de 70 ans en mars 2022.



Photo 22. Etêtage d'un peuplier de 70 ans.

L'équipe a mesuré le poids total en frais des rameaux et des feuilles. Les 3 individus ont donné les résultats suivants :

- Peuplier 1 : 285 kg
- Peuplier 2 : 361 kg
- Peuplier 3 : 515 kg
- Moyenne : 387 kg

2.2.2.2 Site de FEDATEST à Mazeyrat d'Allier (43)

Etude de septembre 2023 sur trois chênes remis en têtards en février 2022 (âge indéterminé > 50 ans). Un des trois chênes a présenté une reprise difficile à la suite de l'étêtage.



Photo 23. Vue de 2 des 3 chênes qui ont servi à l'évaluation de la biomasse fourragère.

L'équipe a mesuré le poids total en frais des rameaux et des feuilles. Les 3 individus ont donné les résultats suivants :

- Chêne 1 : 200 kg
- Chêne 2 : 125 kg
- Chêne 3 : 41 kg (reprise difficile)
- Moyenne : 122 kgs

2.2.2.3 Site FEDATEST Mazeyrat d'Allier (43)

Etude de septembre 2023 sur 6 frênes remis en têtards en février 2022 (âge indéterminé > 40 ans).



Photo 24. Chantier de récolte des frênes de Mazeyrat d'Allier

L'équipe a mesuré le poids total en frais des rameaux et des feuilles :

- Frêne le moins productif : 44 kg
- Frêne le plus productif : 187.5 kg
- Moyenne : 106.5 kg

2.2.2.4 Sites FEDATEST de Mazeyrat d'Allier et de Tiranges (43)

Sur ces deux sites, Mission Haies a mesuré la productivité de 3 jeunes saules menés en têtards. Les saules ont été étêtés avec des diamètres 5 à 20 cm en 2022, et l'évaluation a été réalisée sur des prélèvements en septembre 2023.

L'équipe a mesuré le poids total en frais des rameaux et des feuilles. Les 3 individus ont donné les résultats suivants :

- Saule 1 : 48 kg (diamètre 5 cm)
- Saule 2 : 73 kg
- Saule 3 : 395 kg (diamètre 20 cm)

2.2.2.5 Conclusion sur les sites auvergnats

Les résultats généraux montrent que :

- les feuilles représentent entre 20 et 30 % du poids brut des branches ;
- les rameaux représentent entre 2 et 5 % du poids brut des branches.
- les brebis mangent les feuilles et les branches jusqu'à 5 mm de diamètre,

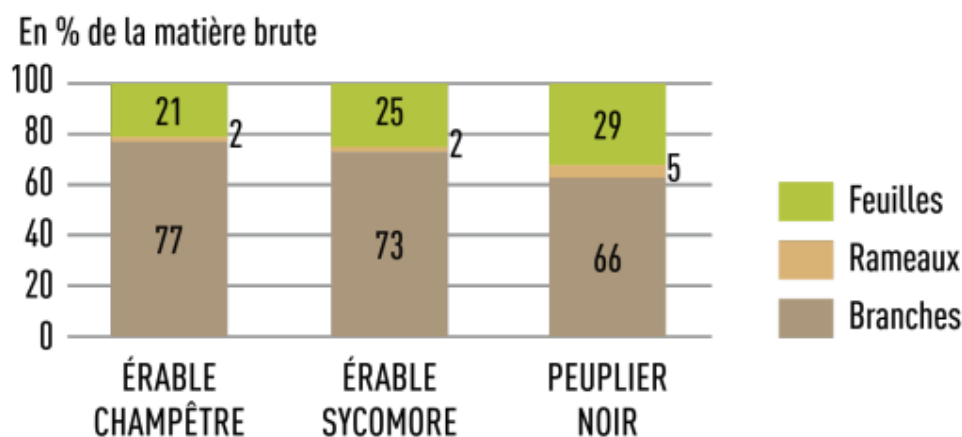


Figure 7. Répartition relative du poids selon les catégories de biomasse.

On peut retenir que 150 kg de branches coupées correspond entre 35 et 40 kg de fourrages consommables par les ovins viandes.

Les résultats des mesures en productivité des branches sur des arbres têtards correspondent à la production en année n+2 après coupe. Les productivités sont à relativiser du fait de cette taille de restauration sur des vieux arbres qui n'étaient plus entretenus pour les sites avec peupliers et chênes. Les mesures sur arbres jeunes ont été réalisés sur 3 individus, avec des morphologies très différentes (diamètre de tronc variable).

2.2.3 Le site de Lusignan - INRAE FERLUS

Des effeuillages ont été menés trois années de suite (2021, 2022 et 2023) sur plusieurs individus pour 4 essences différentes : aulne de Corse, frêne commun, mûrier blanc et orme Lutèce. Les individus sélectionnés avaient préalablement été caractérisés par une note de biomasse allant de 1 à 5 afin de diriger notre choix vers des biomasses intermédiaires (entre 3 et 4) et ainsi éviter les extrêmes non représentatifs. Chaque année, les arbres prélevés l'année précédente ont été évités, ainsi, tous les individus échantillonnés sur les 3 années étaient différents. Cela a permis d'éviter un biais lié au stress qu'aurait pu provoquer l'effeuillage d'une précédente année.

Pour chaque arbre, les tiges de l'année ont été entièrement coupées et les feuilles retirées. Un échantillon représentatif de l'arbre a été pris afin d'évaluer la teneur en matière sèche pour les feuilles et les tiges en prélevant haut, bas, est, ouest, nord, sud. Les sachets ont été placés dans des glacières en attendant d'être pesés et mis à l'étuve à 60°C pendant 72h pour obtenir la matière sèche. En plus de l'échantillon de chaque organe, la masse totale de feuilles et de tiges en sortie étuve a été évaluée, ce qui nous a permis d'avoir la production totale de l'arbre. Le graphique ci-dessous montre les résultats obtenus pour chaque essence, par année et en fonction de l'organe considéré.

On peut y voir une augmentation de la production de biomasse au cours des années pour l'aulne de Corse et le frêne commun, et pas de tendance pour le mûrier blanc et l'orme Lutèce.



Photo 25. Frêne conduit en mini-trogne, consommé par les vaches laitières puis rabattu proprement au sécateur. En arrière-plan, on distingue une rangée d'arbres non consommés.



Figure 8. Evolution de la production de biomasse raméale (rameaux + feuilles) des 4 essences fourragères principales de l'expérimentation de Lusignan.

3 ACTION 2/ Etude de l'Intégration des fourrages ligneux dans les rations de ruminants

3.1 Comportement des animaux vis à vis des ligneux

En Ariège nous avons malheureusement perdu beaucoup de nos données et nous n'avons pas pu récupérer tous nos relevés

3.1.1 Site expérimental GAEC MOHAIR DE FREYCHE

3.1.1.1 Observations consommation des feuilles/jeunes rameaux

Pour cette première session de pâturage de feuille, les chèvres n'ont pas consommé les feuilles sur les branches car nous les avons effeuillées pour les pesées.

Le troupeau étant essentiellement composé de jeunes chèvres selon les agriculteurs la consommation est moindre que si c'était le troupeau d'adultes.

Voici le déroulé de la Consommation et comportement du cheptel :

- 0' : Mise en place des feuilles par terre directement par les agriculteurs
- 2' : Premières bouchées
- 3'40 : La consommation est surtout portée sur les feuilles de Saules, les feuilles d'Aulnes semblent être moins appréciées
- 3'50 : beaucoup de piétinement sur les feuilles
- 4'50 : Les feuilles de Saule ont toutes été consommées
- 7' : Fin du pâturage
- 7'50 : Les Chèvres reviennent et pâturent l'Aulne
- 9' : Les Chèvres repartent
- 10'31 : Les Chèvres reviennent
- 12' : repartent
- 14' : Fin du pâturage

3.1.1.2 Conclusions à la suite de l'observation faite du cheptel.

Le cheptel semble avoir une préférence pour le Saule mais la curiosité permet ensuite de consommer les autres essences (dans ce sens l'Aulne).

Peu de piétinement sur les feuilles. Sur ce cheptel il s'agit de la première consommation de feuilles, le reste du cheptel consomme du Frêne depuis 3 ans.

Sur les 5.5 kg de feuilles prélevées, 1 kg n'a pas été consommé, essentiellement de l'Aulne Glutineux.

Une dernière explication tient selon les éleveurs au fait que nous avons donné les feuilles tardivement dans la matinée. Par ailleurs, nous avons disposé les feuilles directement dans la prairie, où elles avaient déjà consommé de l'herbe en grande quantité.



Photo 26. Premières consommations des feuilles du cheptel

3.1.2 Ferlus - Lusignan

L'étude menée par le post-doctorant Geoffrey Mesbahi sur le comportement des animaux vis-à-vis des ligneux sur le site INRAE de Lusignan concerne principalement l'appétence des feuilles de différentes essences d'arbre. En effet, les observations n'ont pas pu permettre de distinguer la proportion d'organes consommés : brindilles ou feuilles.

Cette étude a été menée de manière approfondie sur la parcelle agroforestière M2 plantée avec quatre espèces d'arbres taillés en têtard (aulne de Corse, frêne commun, mûrier blanc et orme Lutèce). Afin de fournir également des premières références sur la vigne fourragère, une estimation de la biomasse a été effectuée sur la parcelle M3 qui comporte deux porte-greffes de vigne (Gravessac et Paulsen 1103) grimpant sur des supports de deux hauteurs différentes (1 m ou 2 m de grillage).

Pour les arbres têtards, l'étude du comportement a été réalisée avec 12 vaches laitières qui ont pâturé la parcelle M2 pendant 10 jours en juillet, à la fois en 2021 et en 2022. Pour la vigne, l'étude a été réalisée avec le troupeau complet dont le pâturage a été suivi pendant 4 jours, à la fois en juin et en septembre 2021.

3.1.2.1 Protocoles

Sur la parcelle de têtards, plusieurs protocoles ont été utilisés pour l'étude des comportements et préférences alimentaires. Ces protocoles sont complémentaires les uns des autres et ils ont été établis en collaboration avec des chercheurs et chercheuses de l'UMRH (Cécile Ginane), de l'UMR Pégase (Rémy Delagarde) et de l'Université de Zurich (Mélissa Berthet).

Le **premier protocole** se base sur des observations visuelles des préférences alimentaires pendant le pâturage des arbres. Il utilise la méthode du « scan sampling », qui consiste à observer chaque arbre toutes les 4 minutes pour noter si une vache le consomme. Il nécessite la présence d'au moins deux personnes sur le terrain tout le temps du pâturage (4 à 10 demi-journées selon les expérimentations).

Ce protocole permet de mettre en avant les préférences entre essences. Il pourra aussi être utilisé pour noter les préférences entre formes de tailles (têtard, plesse, taillis). Ce protocole a été appliqué sur les parcelles M2 arbres têtards et M3 vigne fourragère en 2022, de mai à septembre. Nous avons ensuite réalisé une analyse statistique avec le logiciel R : nous avons mis en place des GLMM (Modèles linéaires généralisés mixtes) pour comprendre l'effet de l'essence sur le nombre de consommations observées, en utilisant comme effets aléatoires l'identité de l'observateur/rice et la biomasse de l'arbre.

Un second protocole utilisant le drone a été testé en 2021 et 2022 sur la parcelle d'arbres têtards. Le protocole d'acquisition des volumes des arbres est le même que celui décrit dans l'action 1, puis nous avons calculé pour chaque arbre le ratio entre volume avant pâturage et volume après pâturage. Plus le ratio est élevé plus l'arbre aura été consommé par les vaches. Nous avons ensuite développé un modèle linéaire pour mesurer l'effet de l'essence sur le ratio de volumes, grâce au logiciel R.

3.1.2.2 Résultats pour les arbres têtards

La méthode des scans a mis en avant une nette préférence pour l'orme Lutèce puis pour le mûrier blanc en 2021, mais pas de différence significative entre ces deux essences en 2022. Cependant, en 2021 comme en 2022 le frêne et l'aulne de Corse ont été très peu consommés. Lorsqu'on utilise les deux années dans le même modèle, on observe par ordre décroissant une préférence pour l'orme, le mûrier blanc, le frêne et enfin l'aulne (voir graphique ci-après). On a aussi pu noter que les vaches ont principalement consommé de l'herbe. Ce résultat était attendu en 2021 puisque l'été était particulièrement humide et l'herbe était donc encore verte en juillet, mais surprenant en 2022 car l'herbe était sèche.

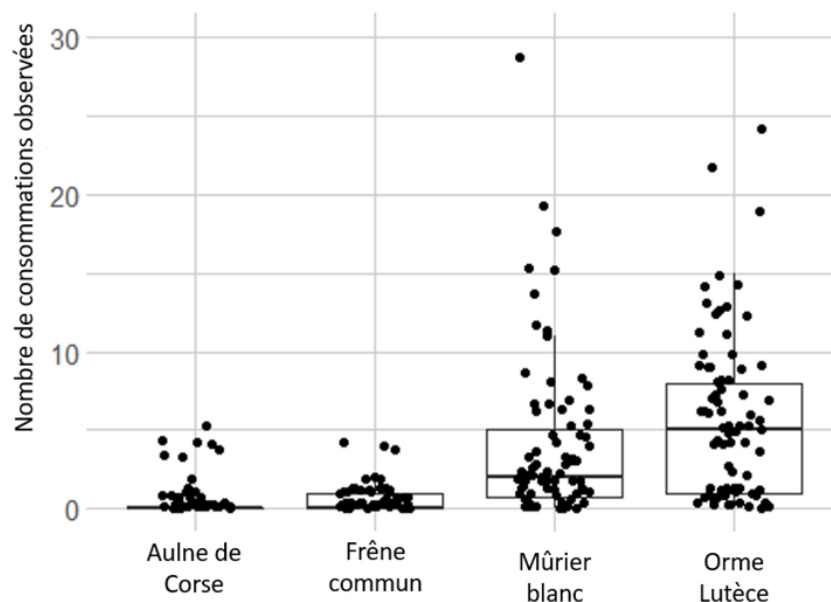


Figure 9. Nombre de consommations observées sur les 4 essences fourragères principales sur le site de Lusignan en 2021 et 2022.

La méthode par drone a montré des ratios entre volume avant et volume après pâturage significativement plus élevés pour l'orme que pour les autres espèces en 2021, mais n'a pas mis en évidence une consommation plus forte des mûriers blancs que des frênes et aulnes de Corse.



Photo 27. Vaches broutant les trognes fourragères. A noter la forme en plumeau des rameaux avec les feuilles terminales qui échappent à l'animal.

3.1.2.3 Résultats pour la vigne

Nous n'avons pas pu statistiquement observer de préférence alimentaire entre les porte-greffes de vigne, mais les vaches ont préféré pâturer les vignes présentes sur le grillage à 1 m plutôt qu'à 2 m, et les feuilles des Gravessac plutôt que des Paulsen.

3.1.3 Sites auvergnats

Les essais ont été réalisés en août 2022 et 2023 sur les sites suivants : FEDATEST (43), INRAE de Theix (63), EPLEFPA de Brioude Bonnefont (43) et CIIRPO (87).

Les comportements et performances zootechniques des brebis ont été suivis selon différentes méthodes d'affouragement, avec 2 ou 3 lots de brebis selon les sites :

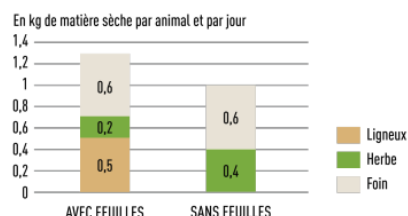
- un lot témoin sans distribution de feuilles,
- un lot avec distribution de feuilles tous les jours,
- un lot avec distribution de feuilles tous les 3 jours.

Les essences apportées étaient variables, présentes dans les haies des parcelles : érable sycomore, érable champêtre, peuplier noir, frêne, saule marsault, peuplier tremble, noisetier.

Les lots de brebis ont été réalisés sur des brebis à faibles besoins et des agnelles en croissance.

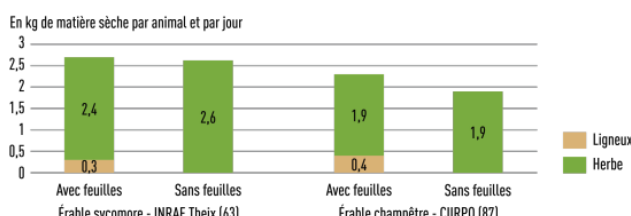
Les résultats principaux montrent un usage différencié de la ressource feuilles, lié à la productivité des prairies. En cas de production d'herbe suffisante, les brebis diminuent leur consommation des fourrages arborés (300 à 400 gr MS/j). Mais en cas de sécheresse, la consommation monte à 500 gr de MS/jour, en complément du foin.

1 • EN CAS DE SÉCHERESSE¹, LES BESOINS DES BREBIS SONT COUVERTS GRÂCE À LA FEUILLE



¹Rendement à l'entrée des animaux : 300 kg de matière sèche par ha à FEDATEST

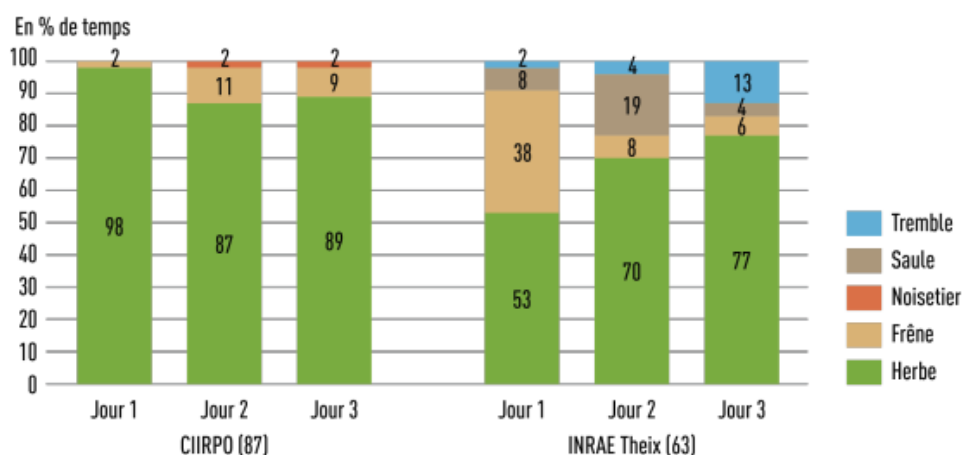
2 • AVEC DE L'HERBE VERTE À VOLONTÉ¹, L'AFFOURAGEMENT EN FEUILLES EST INUTILE



¹Rendement à l'entrée des animaux : 1,1 tonne de matière sèche par ha à l'INRAE de Theix ; 1,6 tonne de matière sèche par ha au CIRPO

Figure 10. Différence de comportement alimentaire selon le climat et la ressource en herbe disponible.

Malgré le faible échantillonnage d'essences, il semble se dessiner une préférence sur certaines essences qui restent à confirmer ; sachant que toutes les essences ont été consommées. Le frêne apparaît ainsi l'essence préférée des brebis, devant le saule, le tremble ou le noisetier.



¹Activités des brebis observées 3 jours consécutifs 2 heures le matin et 2 heures l'après-midi aux heures les moins chaudes

Figure 11. Comportement et préférences alimentaires des brebis agroforestières

Faut-il couper tous les jours ou tous les 3 jours ?

Une distribution tous les 3 jours semble aussi pertinente que tous les jours, car peu de différences de comportement ont été observées entre les lots. Les brebis consomment les feuilles du 1er au 3eme jour.

En 2022 en période de canicule, les brebis continuent à manger les feuilles, même très déshydratées. A noter qu'en 3 jours, les branches perdent 30 % de leur volume d'eau.

3.2 Valeurs alimentaires des feuilles et jeunes tiges

3.2.1 Evaluation de l'ingestion

3.2.1.1 Ferlus - Lusignan

Pour évaluer l'ingestion, nous avons voulu utiliser la méthode des alcanes.

Cette méthode est déjà utilisée par des chercheurs/ses pour évaluer l'ingestion de bovins consommant des végétaux herbacés mais elle n'a pas encore été testée sur des ligneux. Le protocole a été mis au point en concertation avec Rémy Delagarde (UMR Pégase) qui l'utilise déjà pour le pâturage de prairies par des vaches laitières. Il a été mis en œuvre uniquement sur la parcelle d'arbres têtards.

En 2021 et 2022, nous avons prélevé des feuilles et branches d'arbre juste avant le pâturage, ainsi que de l'herbe et de l'enrubanné pendant l'expérimentation afin de pouvoir analyser toute l'alimentation des vaches. Nous avons prélevé les fèces de chaque vache matin et soir pendant 15 jours (2 jours avant l'expérimentation, les 10 jours d'expérimentations et 3 jours après l'expérimentation). En laboratoire, aliments et fèces ont été analysés pour en connaître la teneur en alcanes : nous nous attendons à voir apparaître les alcanes des arbres dans les fèces dans les jours qui suivent le début du pâturage d'arbre.

Résultats

Les résultats montrent que le profil de teneurs en alcanes des feuilles d'arbre est assez similaire à celui caractérisant les fourrages herbacés, et seules les branches d'orme s'en différencient. Dans les fèces, nous n'avons pas pu observer d'évolution remarquable des profils d'alcanes, ce résultat pouvant être dû i) soit à une consommation de feuilles d'arbre qui n'est pas visible car leur profil d'alcanes est trop proche de celui des herbacées, ii) soit à une consommation trop faible des feuilles d'arbre pour être visible dans les fèces.

3.2.1.2 INRAE / THEIX

Sur deux années consécutives (2022 et 2023), six essences d'arbres ont été testées pour leur ingestion à l'auge et leur digestibilité in vivo sur ovins (tâches 2b.1 et 2b.2 issues du même protocole).

Protocole

Sur les deux ans, 18 moutons Texel castrés adultes (3 individus par essence) ont reçu pendant 17 jours l'une des 6 essences suivantes : peuplier noir, érable sycomore, frêne, saule marsault en 2022 et noisetier et tilleul en 2023. Les fractions consommables (feuilles et jeunes branches) étaient distribuées à l'auge, ad libitum (considérant 15% de refus). Les branches étaient récoltées 3 fois par semaine et stockées en chambre froide entre 6 et 8°C avant utilisation.

Les mesures ont eu lieu du 03/09/22 au 19/09/22 pour le peuplier et l'érable, du 18/09/22 au 04/10/22 pour le frêne et le saule, du 26/08/23 au 11/09/23 pour le tilleul et du 09/09/23 au 25/09/23 pour le noisetier. La digestibilité a été mesurée sur les 6 derniers jours de chaque période.

Résultats

Les quantités ingérées à l'auge des 6 essences sont représentées sur la figure XX. Un test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparer les moyennes d'ingestion des animaux (moyenne sur les 6 jours de mesure) selon l'essence d'arbre distribuée. Les résultats indiquent des différences significatives d'ingestion ($p < 0.001$). L'essence la mieux consommée est le tilleul et la moins consommée est le saule marsault. Le frêne est globalement bien consommé mais on observe une forte variabilité d'ingestion entre animaux, plus forte que pour les autres essences. De façon intermédiaire, on trouve l'érable et le peuplier, puis le noisetier.

Le saule marsault a été particulièrement peu consommé, bien en-deçà des quantités nécessaires pour couvrir les besoins d'entretien des animaux. Sur la base de cet essai, et avec la limite du nombre restreint d'animaux testés, cette essence n'est pas recommandée pour une utilisation en pur. Une analyse de la teneur en composés secondaires des feuilles de cette espèce devrait permettre d'apporter des explications à ce résultat.

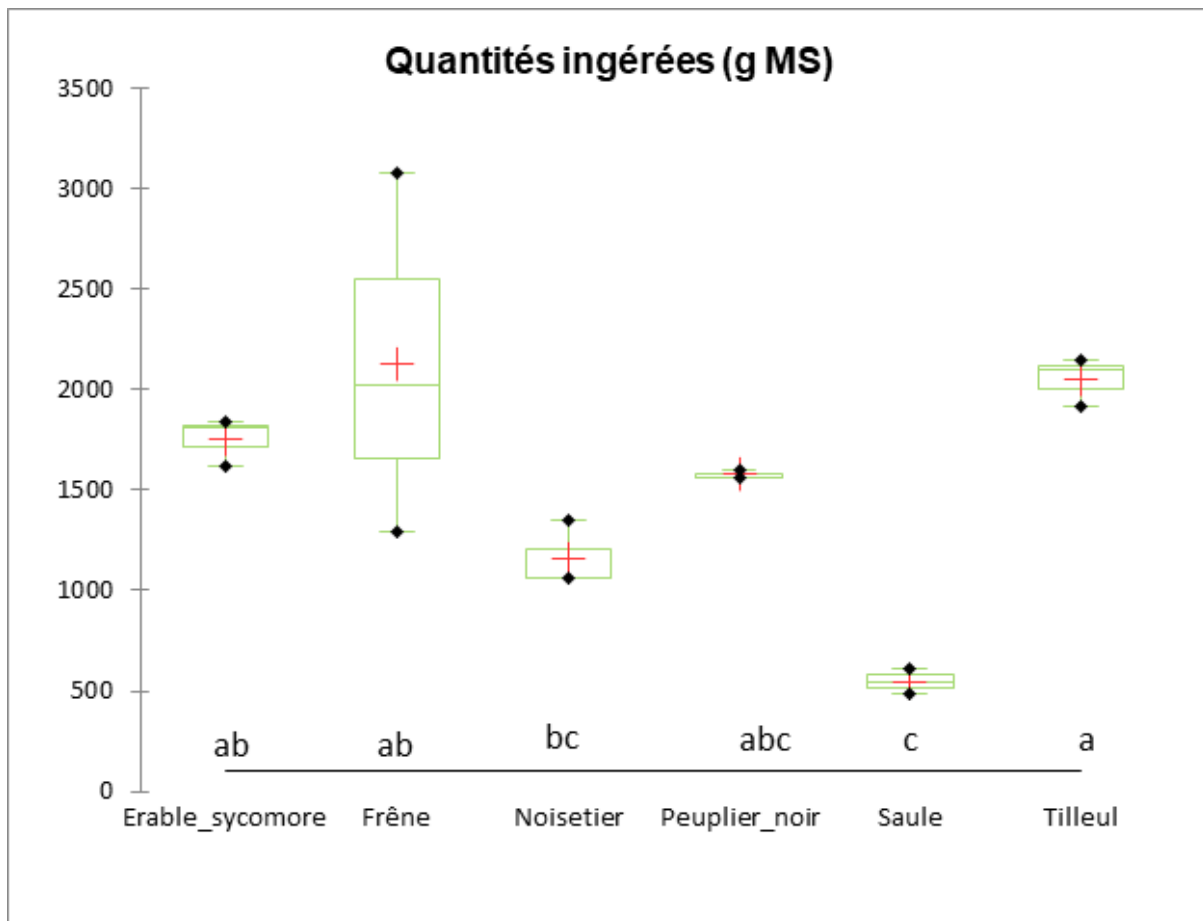


Figure 12 : Box plots représentant les quantités ingérées des feuilles et jeunes rameaux de 6 essences, mesurées sur les 6 derniers jours de la période de digestibilité (n=3 moutons par essence).

Concernant la digestibilité de la matière sèche calculée in vivo, seuls le peuplier, le frêne, l'érable et le tilleul ont pu être considérés. L'analyse n'a pas permis de mettre en évidence des différences de digestibilité entre ces essences ($p=0.21$). On retrouve une très forte hétérogénéité dans les mesures de digestibilité entre animaux pour le frêne.

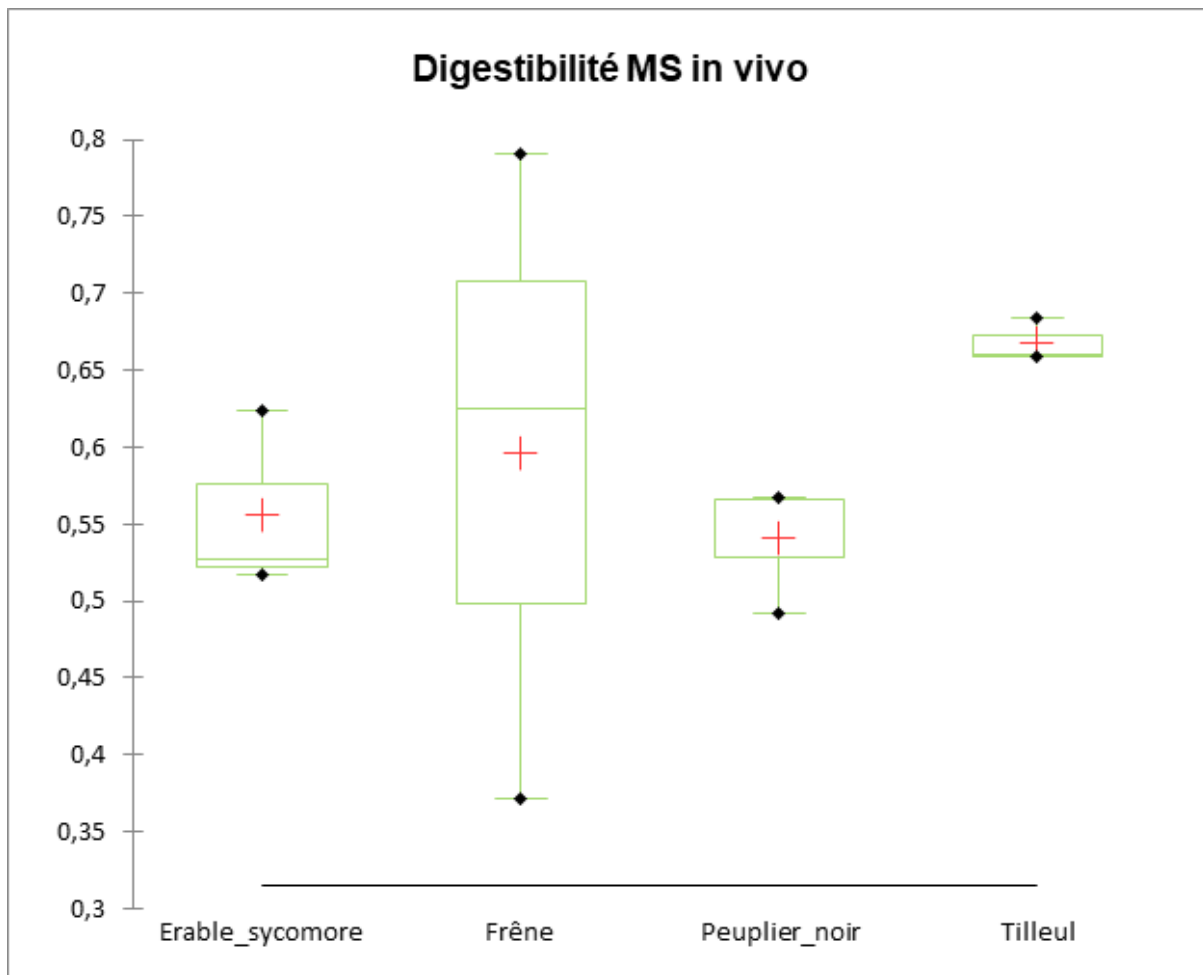


Figure 13. Digestibilité in vivo de 4 essences fourragères testées à l'INRAE de Theix.

3.2.2 Valeurs nutritives des feuilles et jeunes tiges - Lusignan

Dans cette étude menée à Lusignan par l'équipe de l'INRAE Ferlu, nous avons évalué la composition biochimique et la digestibilité des feuilles et des tiges de quatre espèces d'arbres agroforestiers afin de mieux caractériser leur intérêt fourrager (Kadiri *et al*, 2024).

3.2.2.1 Protocole

Les arbres ont été prélevés en juillet 2021 et 2022 sur une parcelle agroforestière de l'expérimentation système OasYs d'INRAE à Lusignan (Novak *et al.*, 2020a). En 2014, 168 arbres fourragers avaient été plantés sur 2 ha, comprenant des aulnes de Corse (*Alnus cordata*), des frênes communs (*Fraxinus excelsior*), des mûriers blancs (*Morus alba*) et des ormes Lutèce (*Ulmus 'Nanguen'*). Les arbres ont été coupés en têtard en 2019 et taillés tous les ans depuis. Les arbres sélectionnés (6 arbres, 7 pour le frêne) ont été prélevés en moyenne de 800 g de feuilles (limbes + pétioles) puis de 390 g de branches sans feuilles (= tiges) de l'année. Chaque organe a été sous-échantillonné après séchage à 60°C pendant 72h puis broyé à 1 mm. Sur cette poudre ont été mesurés les teneurs en matière azotée totale Dumas (MAT), les NDF, ADF, ADL (Van Soest), cendres, digestibilité enzymatique in vitro Aufrère (DIGz) et enfin en calcium (Ca).

3.2.2.2 Résultats

Les analyses (tableau 1) mettent en avant une différence significative entre les tiges et les feuilles avec des valeurs globalement plus élevées pour les tiges dans le cas de la matière sèche, NDF, ADF et ADL et à l'inverse, plus faibles dans le cas de la MAT, la DIGz, les cendres et le Ca. Nous constatons également un effet significatif de l'espèce sauf pour le Ca. Enfin, une interaction entre espèce et organe a été trouvée pour toutes les variables. La MAT la plus élevée a été trouvée chez l'aulne de Corse qui est une espèce fixatrice d'azote atmosphérique, mais sa teneur en ADL est jusqu'à 2 fois plus élevée que celle des autres espèces. L'orme a la moins bonne valeur MAT dans les feuilles, suivi par le frêne commun. Tous les deux ont des tiges plus pauvres en MAT que celles des deux autres espèces. Sur les tiges et les feuilles, les meilleures DIGz ont été observées pour le mûrier blanc, puis le frêne commun, suivi de l'aulne de Corse puis de l'orme Lutèce. Les feuilles de mûrier blanc ont également la plus faible teneur en fibres et la plus forte teneur en Ca, celle-ci étant 12 fois supérieure à celle du maïs et 1,7 fois supérieure à celle de légumineuses fourragères au niveau des feuilles (INRA, 2018). Les tiges de frêne contiennent peu d'ADL et beaucoup de Ca.

		MAT (g/kg MS)	Digestibilité enzymatique (%)	MS (g/kg)	NDF (g/kg MS)	ADF (g/kg MS)	ADL (g/kg MS)	Cendres (g/kg MS)	Ca (g/kg MS)
Aulne de Corse	Tiges	66	32,6	399	696	528	219	35	8,3
	Feuilles	154	68,9	406	434	318	206	57	14,8
Frêne commun	Tiges	36	41,6	450	672	469	86	33	9,7
	Feuilles	115	77,1	356	324	207	78	91	17,2
Mûrier blanc	Tiges	51	42,1	388	694	496	104	43	6,7
	Feuilles	143	89,1	360	269	96	19	108	24,3
Orme Lutèce	Tiges	37	25,4	443	751	554	156	34	8,2
	Feuilles	104	64,5	420	310	136	53	100	18,2
P (espèce)		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	ns
P (organe)		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
P (espèce x organe)		< 0,01	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	< 0,05

Tableau 4. Composition chimique et digestibilité enzymatique des feuilles et tiges de 4 espèces d'arbres.

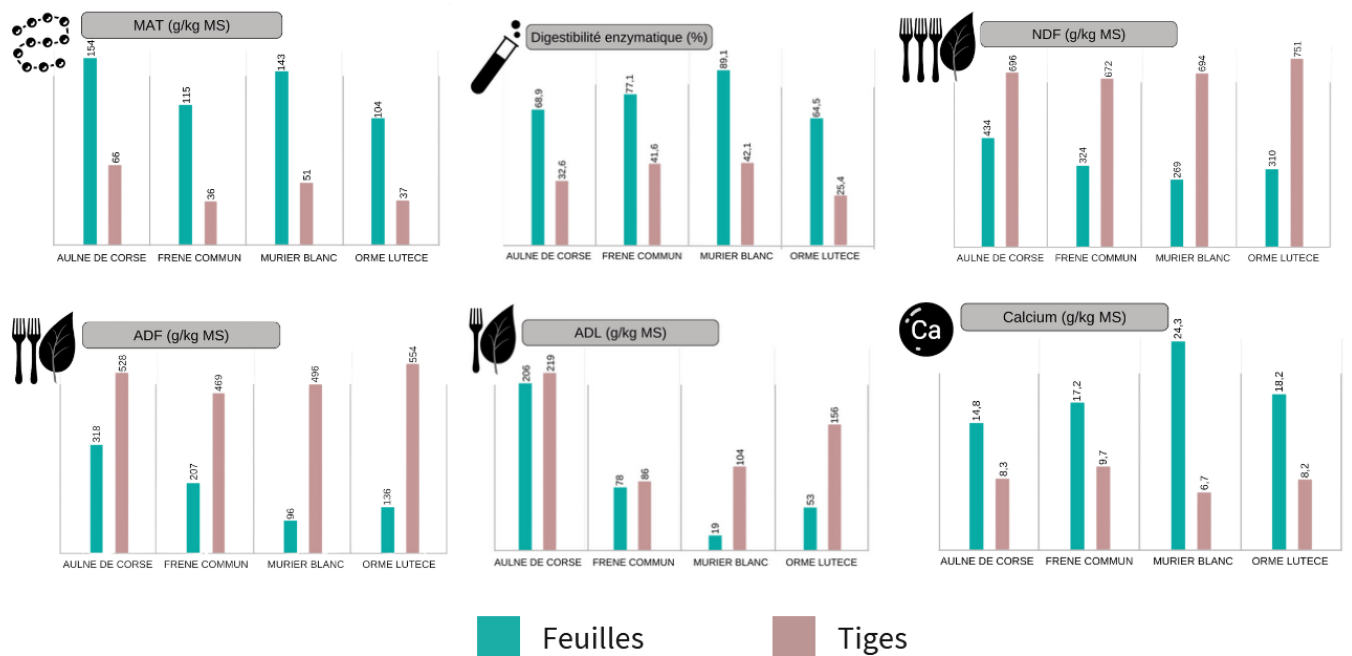


Figure 14. Valeur nutritive des feuilles et tiges des 4 essences fourragères principales du site de Lusignan.

3.2.2.3 Discussion/Conclusion

Ces résultats sont proches de ce que l'on peut retrouver dans la littérature pour les feuilles d'arbres (Novak et al., 2020b). Il existe à notre connaissance très peu d'études indiquant la valeur nutritive des tiges d'arbres et il s'agit souvent de tiges de faible diamètre (Parissi et al., 2018). D'autres paramètres sont à prendre en compte pour évaluer la valeur alimentaire des arbres. En effet, les valeurs de MAT et de DIGz de l'orme sont les moins bonnes des quatre espèces, alors que c'est celle qui a été la plus consommée par les vaches laitières présentes sur la parcelle d'étude en 2021 et 2022 (Mesbahi et al., 2022). Par ailleurs, la totalité des tiges prélevées dans cette étude ne serait sans doute pas consommée par des bovins.

3.3 Impacts sur les performances zootechniques

Cette étude a été menée sur le site du Pradel.

3.3.1 Protocole "du fourrage au fromage" :

La ferme expérimentale du Pradel a testé l'ingestion de frênes sur un lot de chèvres laitières comparé à un lot témoin nourri à du foin de luzerne. Cette expérimentation avait pour objectif d'étudier le comportement alimentaire des chèvres, la production et la qualité du lait, la transformation fromagère en Picodon AOP ainsi que la dégustation du fromage.

Le protocole s'est déroulé du 11 au 22 septembre 2023, en bâtiment car la ferme ne disposait pas de ressources suffisantes en frêne pâturable. Le frêne a ainsi été distribué à l'auge. 2 lots homogènes de 12 chèvres ont été constitués sur des critères de production laitière et des taux butyreux et protéiques. Le lot "frêne" a été nourri avec des rameaux le matin et le midi puis a

reçu du foin de luzerne de première coupe le soir. Le lot témoin a reçu ce même foin le matin et le soir ce qui est la pratique usuelle au Pradel. Les deux lots ont reçu les mêmes quantités de concentrés : 300 g de chèvre laitière (26% de Matières Azotées Totales (MAT)) et 500 g de concentré énergétique (11 % MAT).

Les mesures suivantes ont été réalisées :

- La valeur alimentaire du frêne et les fractions consommées par les chèvres
- 6 contrôles laitiers dont 3 pendant la phase expérimentale pour définir la production laitière et la qualité du lait de chaque chèvre
- La transformation du lait en Picodon AOP des deux laits séparés pour définir le rendement fromager et permettre la dégustation de fromages différenciés

3.3.2 Résultats

3.3.2.1 ingestion

Les chèvres ont essentiellement ingéré les feuilles et non le bois.

Fourrage	Foin de luzerne 1 ^{ère} Coupe	Feuille de Frêne (sept 23)	Feuille de Mûrier (juil. 23)
MAT (%)	13,9	13,5	16,2
Digestibilité (%)	48,5	58,5	81,9
Matière grasse (g/kg de MS)	17	36	30

Tableau 5. Valeur alimentaire des fourrages de l'essai

Les valeurs sont comparables sur la MAT mais supérieures sur la digestibilité et la matière grasse pour le frêne. Les feuilles plus jeunes - non utilisées pour l'essai et datant du mois de juillet - ont des valeurs bien meilleures.

Ingestion par chèvre en kg MS	Foin de luzerne 1 ^{ère} Coupe	Feuille de Frêne	Total MS
Lot Témoin	2,25	0	2,25
Lot Frêne	1	1,4	2,4

Tableau 6. Ingestion des fourrages testés par les chèvres

Le lot "frêne" a ingéré plus 7 % plus de matière sèche que le lot "témoin". Ceci peut s'expliquer en partie par le fait que le frêne était distribué plus souvent dans la journée que la luzerne du lot témoin stimulant l'appétit des chèvres. L'objectif de 50 % d'ingestion de frêne a été dépassé pour atteindre 60 % ce qui signifie que cette plante aura un impact perceptible sur la qualité du lait et des fromages d'après les experts.

3.3.2.2 Production laitière

La production de lait a légèrement augmenté pour le lot "frêne" (+ 0,35 kg/ch) ce qui s'explique par une meilleure qualité nutritionnelle du frêne par rapport à la luzerne mais également par une ingestion légèrement supérieure. Le taux protéique est resté stable à 35 g/kg en revanche le taux butyreux du lot frêne est légèrement inférieur (-1,2 g/kg) ce qui peut s'expliquer par l'effet dilution de la meilleure production laitière.

3.3.2.3 Transformation fromagère

2 transformations fromagères des laits des 2 lots ont été réalisées les 20 et 21 septembre. Les écarts de composition entre les deux laits ont été plus marqués avec les laits de mélange qu'avec la moyenne pondérée des contrôles laitiers individuels avec 3 à 4 points et 1 point en moins pour le lot frêne pour respectivement le taux butyreux et le taux protéique. Logiquement le rendement fromager au démoulage est inférieur pour le lot frêne avec 1 kg en moins de fromage pour 100 kg de lait transformé. Cet écart s'est maintenu au cours de l'affinage. Les lots de fromages ont été dégustés 15 jours après fabrication lors d'un test triangulaire avec des consommateurs lambda. Les fromages n'ont pas montré de différences organoleptiques entre les deux lots.

3.3.3 Conclusion / discussion

Cet essai a permis de montrer que le frêne est apprécié des chèvres et que son ingestion permettait une production de lait et de fromage de qualité sans détériorer le goût. Un nouveau dispositif expérimental avec la constitution de sous-lot de chèvre permettrait de conclure d'un point de vue statistique, néanmoins cet essai confirme le ressenti des éleveurs sur l'intérêt de cette essence.

D'autres essais ont été conduits sur les arbres au Pradel. En particulier, la ferme détient 2 ha de mûriers blancs qui ont été pâturés plusieurs étés consécutifs. Il apparaît que leur ingestion est très intéressante notamment sur l'amélioration du taux butyreux par rapport à du foin de luzerne. De même, aucune différence significative n'a été décelée sur les analyses sensorielles. Ces essais seront diffusés prochainement dans le cadre d'APACHE 2.

3.4 Évaluation de différents scénarios d'intégration des ligneux dans la ration de ruminants

3.4.1 Site de l'INRAE / THEIX

3.4.1.1 Protocoles

L'INRAE UE Herbipôle a procédé à la réalisation de 2 essais zootechniques qui avaient pour objectif de trouver des stratégies de conduite alimentaire permettant de réduire l'utilisation de fourrages conservés ou de concentré, l'été en période de sécheresse. Pour cela, l'utilisation des feuilles et les jeunes branches de différentes essences (Frêne en 2022 avec 2 niveaux de complémentation et Noisetier et Erable en 2023) comme substitution au concentré de

croissance a été testée. L'étude a été réalisée sur des agneaux élevés sous la mère durant la phase d'allaitement et sevrés au moment de la mise en place du protocole. La complémentation en feuille a donc été réalisée durant la phase d'engraissement. Durant cette période, les agneaux ont de forts besoins alimentaires (entretien et production = croissance), apportés d'une part grâce une ressource herbacée de qualité (foin ou pâturage) et une complémentation (concentré ou feuilles dans notre étude) d'autre part.

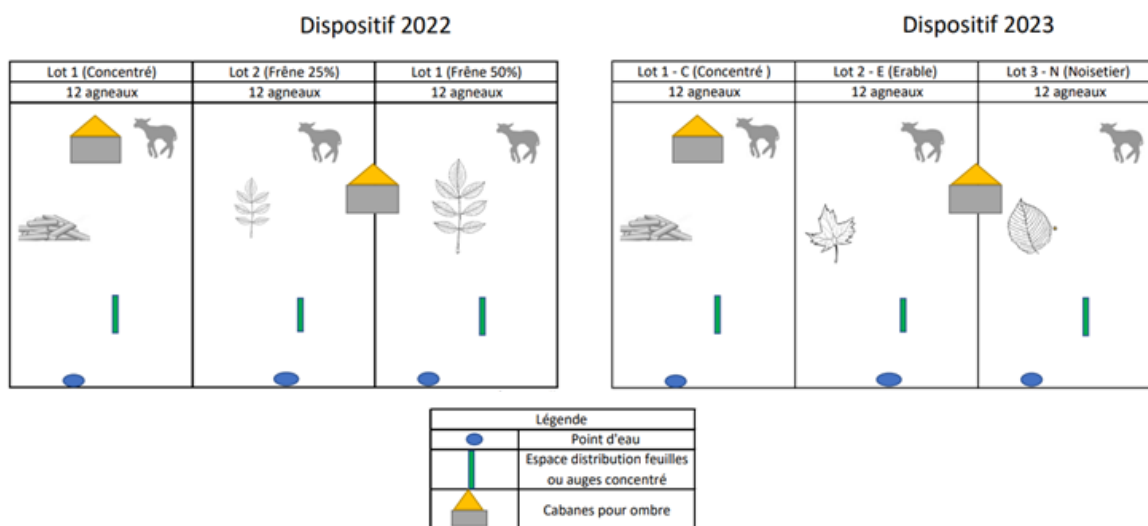


Figure 15 : dispositifs expérimentaux pour les essais zootechniques mis en place sur le site INRAE Herbiopôle de Theix entre 2022 et 2023.

Ces essais ont nécessité l'utilisation de 72 agneaux sur les 2 années. Pour chaque année d'étude 3 lots de 12 agneaux mâles seront utilisés et allotés selon leur poids de naissance et leur poids au sevrage. Les 2 expérimentations se sont déroulées du 20 juin au 1^{er} août en 2022 et du 8 juin au 17 juillet pour 2023.

Conduite : durant l'expérimentation tous les agneaux sont conduits au pâturage sur une prairie permanente et ont reçu une complémentation par l'apport quotidien de concentré distribué pour les lots témoins (concentré) et une complémentation par l'apport de rameaux (feuilles + jeunes branches) 3 fois par semaine pour les lots Frêne 25%, Frêne 50%, Noisetier et Erable.

Les quantités distribuées (concentré et feuilles) ont été calculées sur la base d'une complémentation à hauteur de 50% (ou 25% pour le lot Frêne 25% en 2022) des besoins d'entretien et de croissance sur un objectif de croissance de 250 g par jour par agneau.

L'intérêt de ces pratiques en termes de performances des agneaux et d'économie de concentré a été évalué grâce aux paramètres suivants :

- Quantités ingérées de concentré et de feuilles à l'échelle du lot
- Croissances des agneaux par des pesées hebdomadaires
- Quantités d'herbe disponibles par de mesures herbomètre (uniquement en 2023)
- Valeurs alimentaires par des analyses chimiques des échantillons prélevés durant l'essai (concentré et rameaux)



Photo 28. Ingestion de feuilles de noisetier par des agneaux. Essai INRAE Theix RAME 2023



Photo 29. Ingestion de feuilles d'érable par des agneaux. Essai INRAE Theix RAME 2023

3.4.1.2 Résultats pour l'année 2022

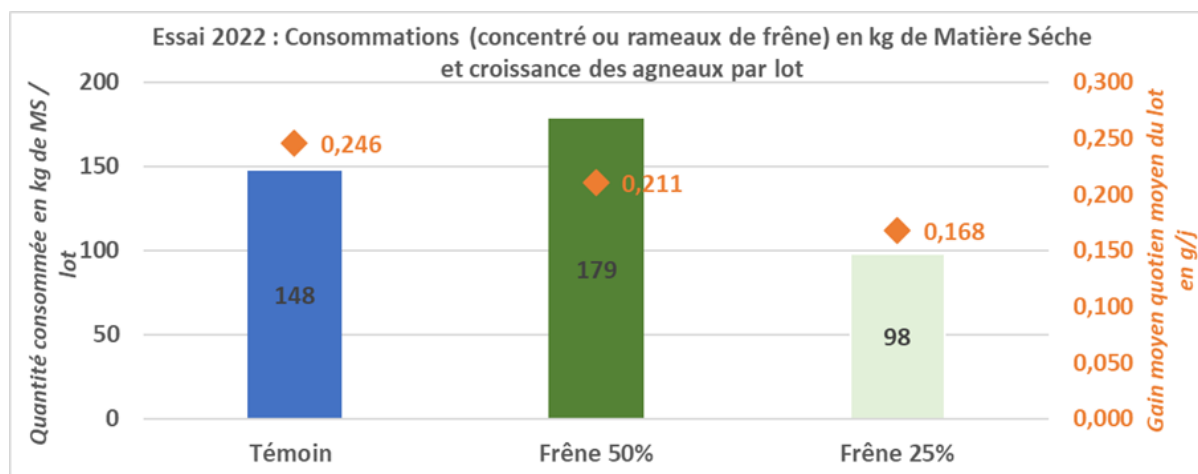


Figure 16 : Résultats de l'essai zootechnique mené par l'UE Herbipole

Les résultats montrent une croissance équivalente entre le lot Témoin et le lot Frêne 50% ($P > 0,18$) mais plus faibles pour le lot Frêne 25%. La complémentation avec des rameaux de Frêne permet de maintenir des croissances d'agneaux équivalentes à celle avec du concentré lorsque l'ingestion de feuille est équivalente à la couverture de 50% des besoins des agneaux (environ 2,5 à 3 kg de rameaux par agneau et par jour) et il permet d'économiser 0,5 kg de concentré par agneau par jour. Il faut cependant privilégier un sevrage tardif car les agneaux les plus lourds ont les croissances les plus élevées avec le Frêne. Les plus légers ont une capacité d'ingestion limitée qui limite l'ingestion de cette ressource. Cette ressource locale est donc une bonne alternative aux aliments du commerce pour compléter les agneaux au pâturage.

3.4.1.3 Résultats pour l'année 2023

L'été 2023 a été caractérisé par une pousse de l'herbe importante au moment de l'essai, de plus lors de la mise à l'herbe début juin, les agneaux ont été rapidement parasités. Un traitement anthelmintique a bien été réalisé sur les 3 lots mais la molécule utilisée s'est avérée inefficace (résultats révélés par des tests de réduction d'excrétion en milieu d'essai). Les croissances ont donc été impactées avec un GMQ moyen de 183 g pour le lot Témoin avec apport de concentré suivant les mêmes règles qu'en 2022 et respectivement 132 et 130 g pour les lots Erable et Noisetier.

De plus la présence d'herbe en quantité plus abondante n'a pas ou peu incité les agneaux à consommer les feuilles, on observe d'ailleurs des consommations bien en deçà de celles de 2022 avec le Frêne : avec 20 kg de MS pour le lot Erable et 21 kg de MS pour le lot Noisetier. Ces données ne corroborent pas vraiment avec les mesures d'ingestion des essais de digestibilité *in vivo*. Aux vues des éléments extérieurs perturbateurs de l'essai, il est difficile de conclure de façon définitive sur cette année.

3.4.1.4 Conclusions

La complémentation à partir de ressources ligneuses est possible et particulièrement adaptée en conditions de ressources limitées, notamment en période de sécheresse. Pour ce type de pratique, il est préférable de privilégier des animaux ayant de faibles besoins alimentaires et une bonne capacité d'ingestion.

Dans le cas d'une complémentation destinée à des agneaux à l'engraissement, il est recommandé d'opter pour un sevrage tardif, avec des poids plus élevés au sevrage.

3.4.2 Site de la Chambre d'Agriculture de l'Ariège

	Lot 1 conso mûrier en plus des rations classique	Lot 2 conso classique sans mûrier	Commentaire
Bovin viande	1 pesée après chaque passage dans les mûriers (4/ans)	Pesée au même moment que le lot mûrier	Commencer les pesées en juin, les deux lots doivent avoir la même alimentation jusqu'au mois de juin
Ovin viande	1 pesée après chaque passage dans les mûriers (2/ans)	Pesée au même moment que le lot mûrier	Les brebis estives, les pesées se feront donc à l'automne
Caprin laine	1 Analyse au moment du traitement de la laine (transformation filature)	Analyse au même moment que le lot mûrier	L'analyse se fait après la tonte, il faudra donc séparer les deux de façon distincte pour que le laboratoire face la comparaison des deux lots

Tableau 7. Modalités d'affouragement selon les types de cheptel étudiés.



BV salers : modalité haie pâturable 10 000 tiges/ha



Caprin Laine : modalité ilot fourrager 8 000 tiges/ha



Ovin viande : modalité 450 tiges/ha trogne à 150 cm



BV : modalité 25 000 tiges/ha



Photo 30. Les modalités fourragères arborées en Ariège

Malheureusement la partie zootechnie n'a pas pu être réalisée faute de technicien élevage sur la durée du projet (turn over en Chambre d'Agriculture très relevé).

Nous avons donc principalement étudié le comportement du cheptel mais aussi la quantité de biomasse produite selon les différentes modalités de plantation.

3.4.3 Retour d'expérience du projet Climagrof 2

Climagrof 2 a permis de proposer des scénarios alimentaires via l'affouragement à base de feuilles.

Il en ressort les stratégies suivantes :

- En présence d'herbe verte, il est inutile d'affourager car le travail est fastidieux et les ovins viande consomment les feuilles sans enthousiasme.
- En période de sécheresse estivale, l'affouragement est très pertinent car les besoins des brebis vides et des agnelles sont couverts par la feuille. Compter 5 kg de branches coupées par brebis et par jour en complément du foin.

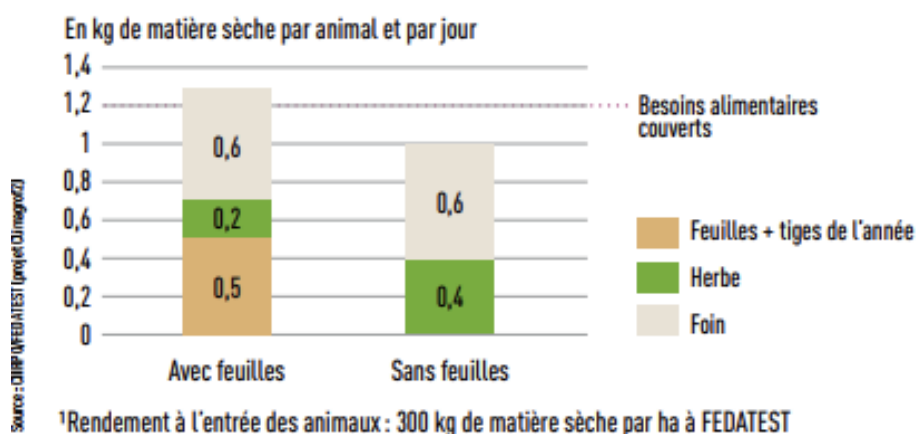


Figure 17. Niveau de couverture des besoins des brebis grâce aux feuilles d'arbres en période de sécheresse

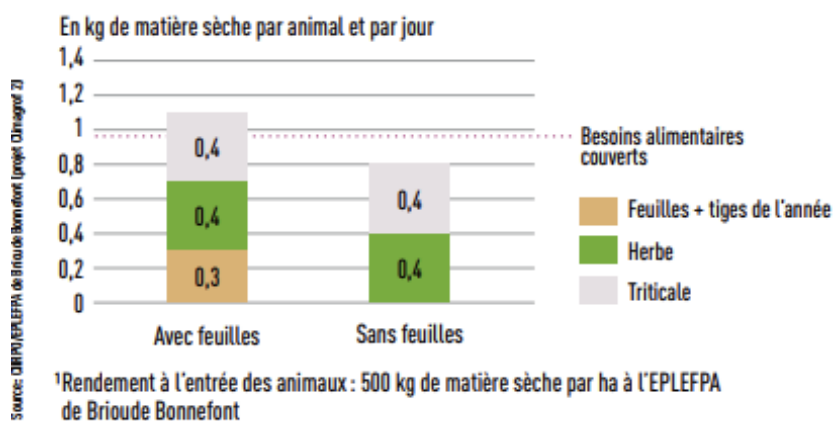


Figure 18. Niveau de couverture des besoins des agnelles grâce aux feuilles d'arbres en période de sécheresse

3.4.4 Approche globale par simulation

Responsable sous-action : Agroof. Cette tâche fusionne l'action 1c et 2d prévues initialement dans le projet.

Pour chaque parcelle où nous avons mesuré les rendements prairie et les rendements feuilles d'arbres, nous avons simulé les chronologies de rendement herbe et feuilles en se basant sur les résultats obtenus sur les parcelles en Lozère et en Ariège. Nous les avons insérés dans un modèle créé sur l'inspiration de LER-SAFE afin d'estimer l'évolution de la production herbacée, compte tenu de la densité d'arbres présents.

3.4.4.1 Historique des modèles

Comment fonctionne le modèle, que nous avons appelé Arbustra (ancien modèle technico-économique, développé en 1995 sur QuattroPro dont le nom a été abandonné après son évolution sur Excel où il a pris le nom de FarmSafe). Ler-Safe a été réalisé conjointement par l'INRA UMR SYSTEM et AGROOF lors du projet européen SAFE (2001-2005) pour permettre de générer des chronologies de rendement de la culture intercalaire (ou prairie) en fonction du degré d'interaction entre l'arbre et la culture, représenté par le critère du Land Equivalent Ratio (LER).

Le calcul du LER est égal à la somme des ratios Productivité Arbres Agroforestiers / Arbres forestiers et Production Culture Intercalaire / Production Culture sans Arbre. Ces ratios sont appelés Rendement Relatif (RR) ou également Surface Relative (SR).

Lorsque seuls sont pris en compte une SR cultures et une SR arbres pour caractériser les performances relatives des compartiments d'un système agroforestier, ou plus généralement lorsque seulement 2 types de production composent un système d'association de cultures, le Coefficient de Rendement Equivalent ou Surface Relative Equivalente (CRE ou SRE – en anglais Land Equivalent Ratio, LER) se définit comme la somme de ces 2 SR (Vandermeer, 1989) :

$$SRE = SR_{\text{culture 1}} + SR_{\text{culture 2}} \quad \text{soit} \quad SRE = \frac{CA1}{CP1} + \frac{CA2}{CP2}$$

où : CA1 et CA2 sont les rendements des cultures 1 et 2 en association,
CP1 et CP2 les rendements des cultures 1 et 2 en culture pure.

Dans LER-SAFE, le rapport « Arbre » était fourni à dire d'experts ou de mesures sur le terrain. On génère alors, pour un LER donné, l'ensemble des productions annuelles de la culture pour parvenir au résultat de l'équation.

Dans le projet PARASOL, nous avons utilisé LER-Safe pour nos simulations. Mais nous nous étions heurtés à plusieurs limites récurrentes du modèle :

- Le modèle permet de simuler des rotations jusqu'à 6 cultures sur 6 ans. Mais il calcule l'impact de la compétition des arbres de la même manière, quel que soit le type de culture. Or certaines cultures sont plus sensibles que d'autres : les plantes en C4 seront plus sensibles à la baisse de l'ensoleillement si l'on compare à une céréale classique.
- LER-Safe ne peut simuler qu'une seule espèce d'arbre par parcelle. Or certaines peuvent faire plus d'ombre que d'autres ou pourraient apporter des services à valoriser (cas possible des légumineuses en système bio).

- Le modèle n'intégrait pas les différentes qualités de bois récolté (uniquement bois d'œuvre et biomasse complémentaire), et ne pouvait produire des résultats sur les fruits récoltables pour les arbres double-fins (bois + fruits) ou les arbres fourragers (rameaux, bois déchiqueté).
- Il manquait également la possibilité de réaliser des trognes, soit pour gérer l'ensoleillement, soit pour produire une nouvelle ressource (bois plaquettes mais surtout du fourrage). Sachant qu'à chaque coupe, le rendement de la culture intercalaire augmente à nouveau grâce à l'apport de lumière. La seule option de LER-Safe était d'intégrer 1 sous-produit pour la culture (paille généralement), et on pouvait intégrer des sous-produits forestiers (bois de feu ou fruits), mais ces derniers n'intervenaient pas dans le calcul final de la SRA.

Nous avons développé Arbustra pour répondre à ces limites.

3.4.4.2 Présentation d'Arbustra

Arbustra fonctionne sur la même base que LER-Safe : l'utilisateur fixe un LER donné, puis fournit les données sylvicoles pour la partie arbre qui nous permet de calculer la SRF (Surface Relative Forestière). Le modèle calcule ensuite le niveau de SRA (Surface Relative Agricole).

Les apports d'Arbustra :

- Les cultures peuvent être individuellement caractérisées pour leur sensibilité à la compétition, avec un critère engendrant un complément de SRA (ou une diminution). Si l'utilisateur réalise une rotation de blé/maïs pour une SRA donnée, on peut affecter un critère différent à chaque culture permettant de faire baisser plus rapidement le rendement du maïs que celui du blé, le tout répondant à la SRA objectif calculée.
- Le module SRF distingue 4 catégories de bois selon les normes forestières (qualité A, B, C et D). La catégorie D comprend les branches et les rameaux. L'utilisateur peut faire varier leur rapport selon le type d'essence. En volume pour les branches et les rameaux, et en poids (Tonnes de Matière Sèche pour les rameaux, afin de comparer avec une production fourragère classique).
- Lorsque l'utilisateur étête les arbres, cela permet de rehausser le rendement de la culture intercalaire. Pour cela Arbustra calcule d'abord la nouvelle croissance annuelle des branches, sachant qu'avec le temps, cette repousse est plus rapide et importante. Un critère permet de définir au bout de quel nombre d'années, la repousse a rejoint le niveau initial de l'arbre sans intervention. Cette production en dents de scie permet de recalibrer la SRA annuelle automatiquement. Ce gain de production de la culture ou de la prairie est intégré alors dans une SRA corrigée ainsi qu'un LER corrigé. Ainsi, si l'utilisateur fixe un LER de base de 1,3, en coupant régulièrement les branches, il peut augmenter ce résultat grâce au surplus du rendement complémentaire en arrivant par exemple à 1.32...
- Le LER est calculé sur l'ensemble de la biomasse aérienne produite par les productions associées.

Pour les simulations RAME, nous avons repris les données de terrain mesurées à mi-parcours (arbres de 25 à 35 ans environ pour une coupe finale prévue à 50 ans). Nous avons récupéré les données de croissance des arbres, de production fourragère et de branche, ainsi que les rendements prairies (provenant du projet PARASOL précédent). On a pu ainsi contraindre le niveau de LER pour arriver à représenter fidèlement la situation des parcelles étudiées.

Nous n'avons pu étudier que le cas des arbres têtards hauts, pour lesquels nous avons des données rendements pour la prairie, ce qui n'était pas le cas pour les aménagements de type têtards bas ou tables fourragères.

Le modèle est encore en mode bêta et n'est pas encore accessible en ligne.

3.4.4.3 Résultats des simulations

Nous avons retenu pour nos simulations deux aménagements inspirés de nos travaux de prélèvements et de suivis :

- Un aménagement avec frênes, avec deux modalités de densités (50 et 80 arbres/ha). Avec des fréquences de prélèvements tous les 6/7 ans.
- Un aménagement avec des mûriers, avec deux modalités de densités également (50 et 80 arbres/ha) mais avec des fréquences de prélèvements tous les deux ans.

Les valeurs de LER, ont été estimées afin que les productions mesurées sur le terrain correspondent aux valeurs de la simulation, que ce soit sur la partie de production de feuilles comme pour la production prairiale.

Le tableau suivant indique la valeur des différents paramètres clés de la simulation.

	FRENES		MURIERS	
Densité arb/ha	50	80	50	80
Ecartements entre les lignes (m)	24	14	24	14
Largeur cultivée	23	13	23	13
Pourcentage occupation	96%	93%	96%	93%
Date de première récolte feuille	8			
Fréquence de récolte feuilles	6		2	
LER	1.5	1.6	1.5	1.6
SRF	0.57	0.75	0.57	0.75
SRA	0.93	0.85	0.93	0.85

Tableau 8. Paramètres retenus pour la simulation des aménagements fourragers.

Dans les deux aménagements, le niveau est de SRA et de SRF sont identiques, une fois arrondis deux chiffres après la virgule. Le volume des feuilles récoltées, une fois ramené à l'année est en effet très proche dans les suivis des parcelles que nous avons étudiés.

Les courbes suivantes présentent l'évolution de l'accroissement du volume de production jusqu'à la fin de la simulation. Avec 50 arb/ha, on peut viser 50 m³ de bois d'œuvre de qualité A contre 65 m³ pour 80 arb/ha. La différence provient du fait qu'à faible densité, les arbres présentent des diamètres de tronc plus importantes car bénéficiant de plus d'espace et de lumière.

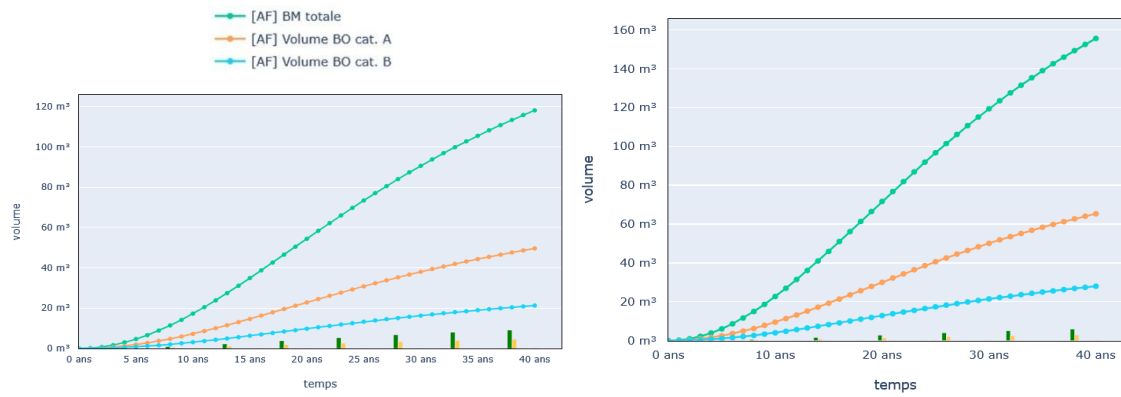
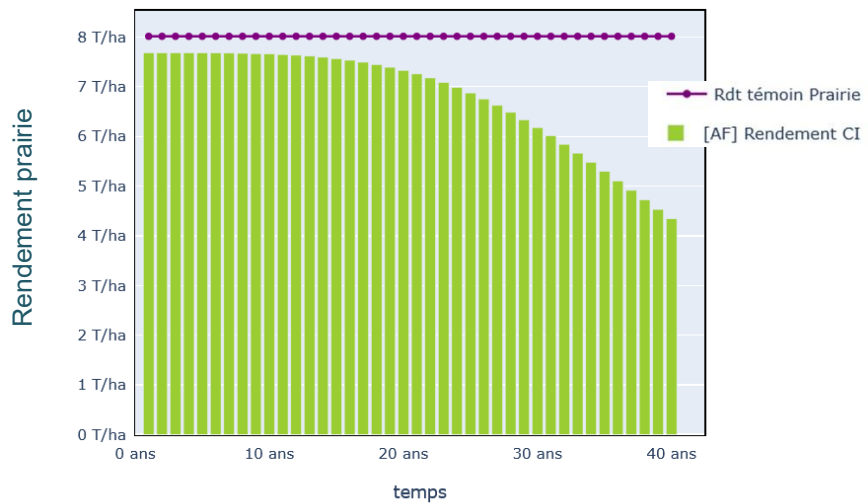


Figure 19. Evolution de la production de bois (bois d'œuvre qualité A et B, et total) pour le scénario 50 arb./ha à gauche et 80 à droite.

La production d'herbe en scénario témoin, sans étageage sur les arbres.

- Cas LER 1.6 – SRA 0.85 - Densité 80 arbres/ha



- Cas LER 1.5 – SRA 0.93 – Densité 50 arbres/ha

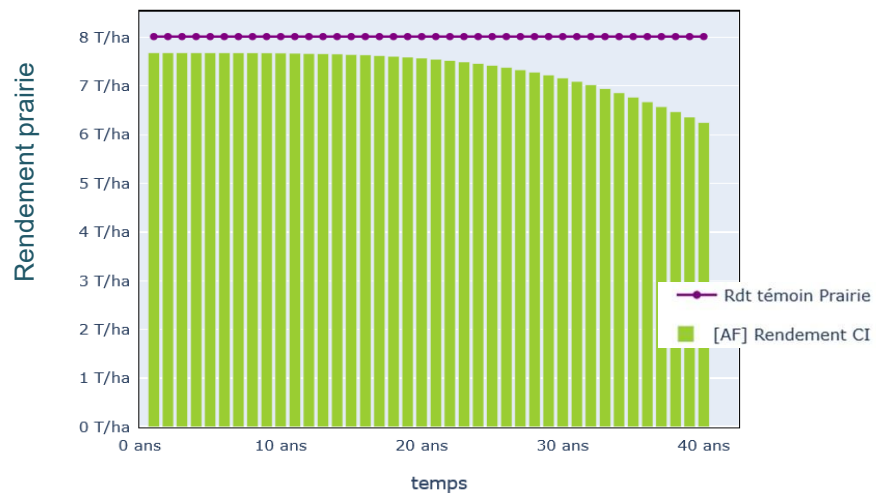


Figure 20. Comparaison de l'évolution de la production prairiale en densité de 80 arb./ha en haut et 50 arb./ha en bas.

Bien le LER soit plus élevé dans le premier cas, la baisse de rendement est plus forte. Cela s'explique simplement par le fait que le ratio arbre est plus élevé du fait de la densité plus importante.

En forte densité, le rendement prairie peut chuter de 40 % en fin de cycle. En fin de cycle, les houppiers des arbres sont très développés et peuvent dépasser les 10 m de largeur au sol. Bien que moins importante en faible densité, cette chute peut toutefois représenter environ 20% les dernières années. Certes, les arbres peuvent impacter la qualité de l'herbe et notamment son taux de protéines lors des périodes d'été ou de sécheresse (cf. rapport Parasol). Mais l'intervention sur les houppiers pour prélever du fourrage aura un impact positif sur cette baisse. A chaque intervention, grâce à l'apport de lumière généré par l'ouverture de la canopée, le rendement peut retrouver des niveaux proches d'une prairie non arborée lors de l'année qui suit la coupe. Puis, avec le développement des houppiers, la baisse de la luminosité provoquera de nouveau une baisse de rendement, comme nous avons pu le mesurer lors des projets Parasol et Rame. C'est l'objet des simulations suivantes, en distinguant le cas du frêne avec une fréquence de coupe tous les 8 ans, avec le cas du mûrier avec une fréquence de coupe bisannuelle.

La production fourragère avec FRENE

- Cas avec 80 arbres/ha.

Nous venons de voir qu'avec une densité de 80 arbres/ha, cela occasionne une baisse de rendement plus forte. Dans le cas du frêne, on peut intervenir de manière régulière sur les houppiers pour récolter et distribuer les rameaux aux animaux, comme nous avons pu le voir dans les exploitations en Lozère.

En intervenant sur les houppiers, on réduit très fortement la compétition pour la lumière la première année, ce qui permet de récupérer une grande partie du rendement initial (environ 85 % selon les résultats du projet Parasol) (courbe violette).

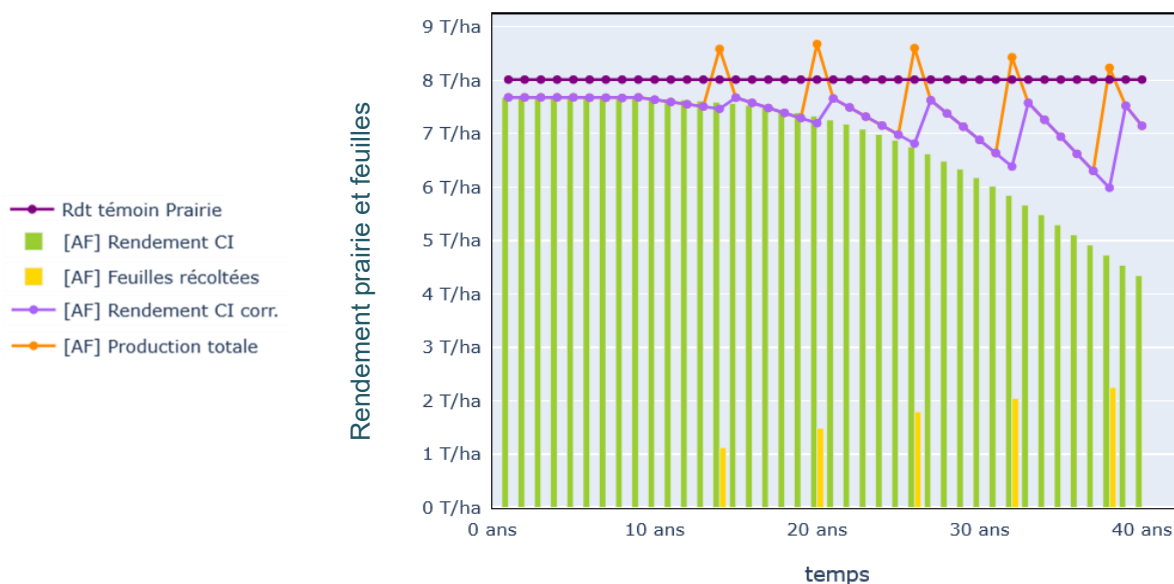


Figure 21. Evolution de la production fourragère (feuilles + prairie) d'un aménagement agroforestier de frênes à 80 arb/ha – fréquence de coupe tous les 6 ans.

Les années qui suivent la coupe, les houppiers se referment. Ils se referment plus rapidement avec l'âge des arbres. Mais sans retomber au niveau d'une prairie arborée mais sans intervention (en histogramme vert sur le graphique), car on ne laisse pas le temps à l'arbre de reprendre un houppier aussi développé. En jaune, l'histogramme représente la production de feuilles récoltées lors des coupes. En orange, nous avons la somme des productions fourragères (herbe et feuilles cumulé).

L'apport de fourrage herbacé ainsi récupéré augmente mécaniquement la SRA et le LER initiaux. Ainsi, la SRA passe de 0.85 initialement à 0.91. Et le LER de 1.6 à 1.66.

A ces chiffres, il convient d'ajouter la production de rameaux fourragers. Les années de coupe, la production est supérieure à la production de la prairie témoin sans arbre. En comptabilisant le poids des rameaux sur la totalité du cycle, cela représente 0.03 de SRA. On arrive alors à une « SRA » de 0.94. Ce niveau est proche du rendement prairie lors des toutes premières années où la SRA était équivalente au taux d'occupation de la prairie soit 0.96.



En ajoutant les feuilles à la SRA, on sort de la formule du LER car nous n'avons pas calculé de rapport relatif spécifique aux feuilles. Il faut donc considérer ce chiffre comme une simple contribution complémentaire à la production fourragère. Elle permet de comparer les scénarios sur la production de fourrages mais n'entre pas dans le calcul du LER final.

- Cas avec 50 arbres/ha

En plantant moins dense, on maintient le rendement prairie à un niveau plus haut, mais on produit moins de rameaux fourragers. Dans ce cas, la SRA passe de 0.93 initialement à 0.94 avec un LER corrigé de 1.51. Avec les feuilles récoltées, on ajoute 0.02, soit une SRA de 0.96. Le rendement est ainsi identique à la situation de départ.

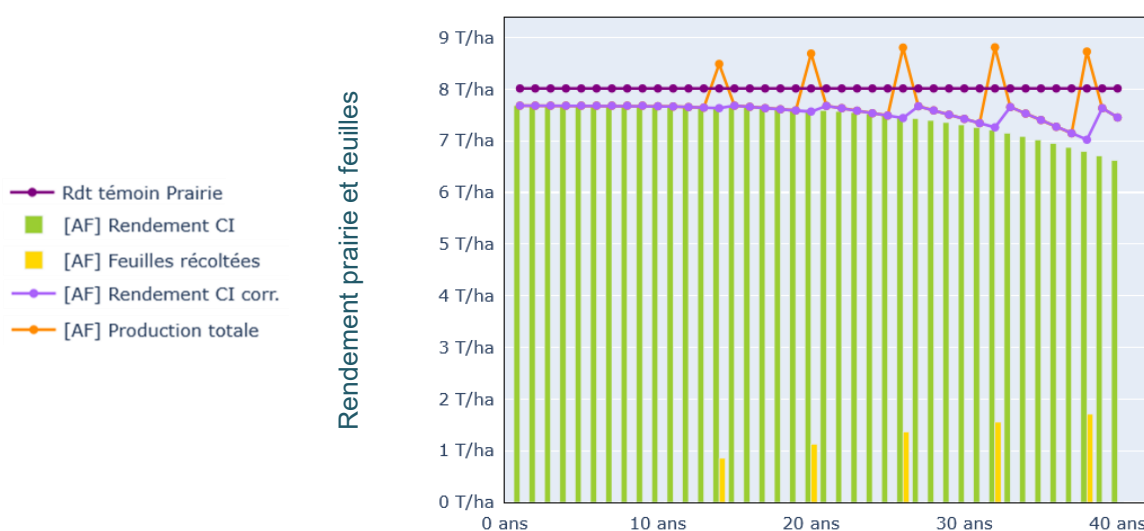


Figure 22. Evolution de la production fourragère (feuilles + prairie) d'un aménagement agroforestier de frênes à 50 arb/ha – fréquence de coupe tous les 6 ans.

La production fourragère avec MURIER

- Cas avec 80 arbres/ha

En étêtant tous les ans ou tous les deux ans, on produit une grande partie de rameaux, utilisés en plus forte proportion pour l'alimentation, que dans le cas précédent où l'on produit des branches dont le diamètre peut atteindre les 6 à 10 cm. Les arbres sont ainsi menés en forme de boule, avec un effet ombrage plus fort au pied de l'arbre mais assez peu important sur l'ensemble du cycle.

Ainsi la SRA passe de 0.85 à 0.94 en intégrant la production prairie récupérée. La quantité de rameaux contribue pour 0.05 et augmente ainsi la SRA à 0.99, ce qui signifie que la production est quasiment équivalente en termes de fourrage à la prairie témoin.

En phase de récolte des rameaux, le rendement fourrage peut atteindre entre 0.5 et 1 T/ha/an. Il s'agit d'une hypothèse moyenne dans notre simulation.

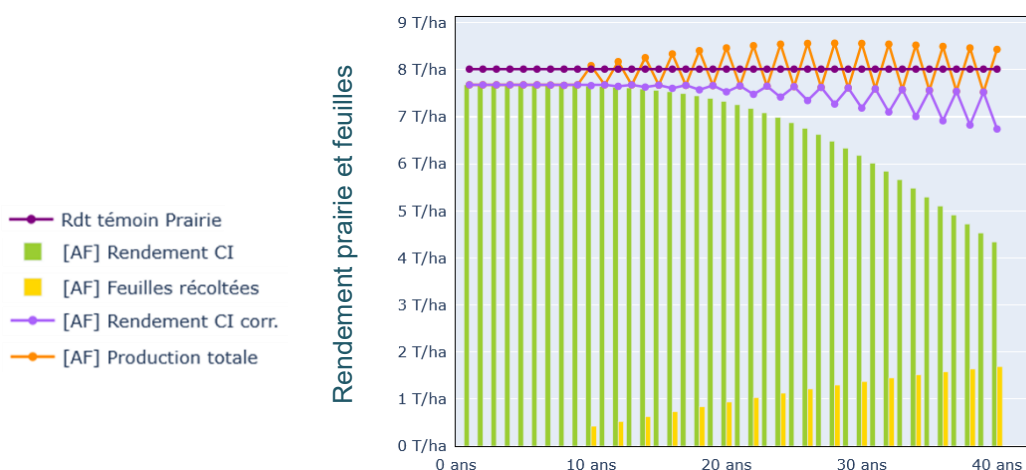


Figure 23. Evolution de la production fourragère (feuilles + prairie) d'un aménagement agroforestier de mûriers à 80 arb/ha – fréquence de coupe tous les 2 ans.

- Cas avec 50 arbre/ha

Comme dans le cas du frêne, en faible densité, la part rameaux perd en poids relatif (-0.01 de SRA). Le LER corrigé passe à 1.56 avec rameaux pour une SRA final de 0.99. Soit quasiment le rendement de base de la prairie sans arbre comme dans le cas précédent.

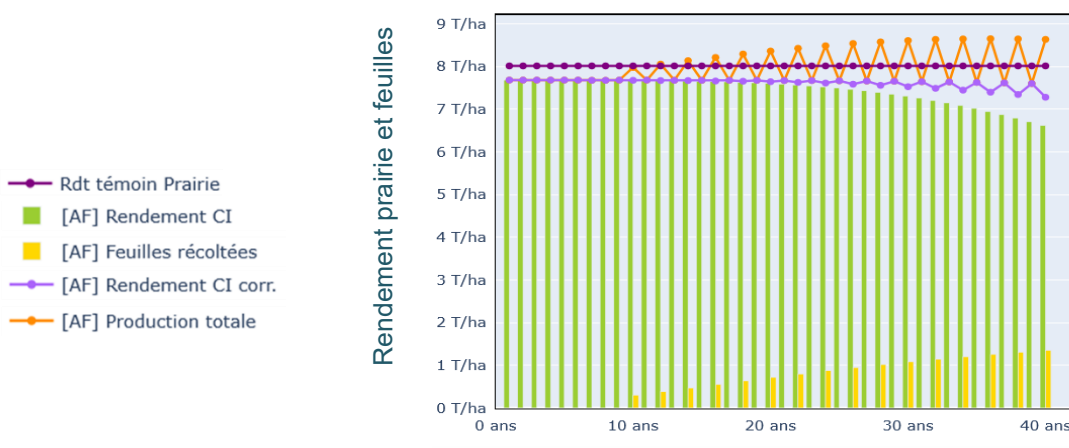


Figure 24. Evolution de la production fourragère (feuilles + prairie) d'un aménagement agroforestier de mûriers à 50 arb/ha – fréquence de coupe tous les 2 ans.

Tableau comparatif des résultats obtenus

	FRENES		MURIERS	
Densité arb/ha	50	80	50	80
Pourcentage occupation	96%	93%	96%	93%
Fréquence de récolte feuilles	6		2	
LER	1.5	1.6	1.5	1.6
SRF	0.57	0.75	0.57	0.75
SRA	0.93	0.85	0.93	0.85
SRA corrigée rdt	0.94	0.91	0.95	0.94
LER corrigé final (hors rameaux)	1.53	1.66	1.56	1.74
« SRA » corrigée rdt+rameaux	0.96	0.94	0.99	0.99

En première conclusion, on voit que les systèmes fourragers à base de mûriers avec fréquence d'intervention sur les houppiers plus courtes sont productifs. Sur le terrain, nous n'avons pas rencontré d'éleveurs pratiquant des cycles courts sur le frêne. Cela est souvent dû au faible nombre d'arbres présents, conservés pour les coups durs ou en compléments (quelques arbres par semaine sont étêtés par mois lors de l'été).

De même, nous n'avons pas simulé ici les cas de plantations à plus forte densité, comme sur le site du Pradel, car nous n'avons pas les données concernant la productivité de la prairie.

Une production de plaquettes à ajouter

En plus de la production de fourrage, les branches coupées fournissent une part non négligeable de bois pouvant être déchiqueté. En fin de cycle, l'éleveur récolte également du bois d'œuvre et du bois de seconde catégorie (bois d'industrie) :

Cas 50 arbres

- Récolte finale : 70 m3 de bois d'œuvre.
- Le bois des branches charpentières à la coupe finale : 21 m3.
- A chaque coupe de branches, l'éleveur récupère 32 m3 de bois déchiqueté. Soit 1 à 2 m3 par ha et par an en période de récolte.

Cas 80 arbres

- Récolte finale : 93 m3 de bois d'œuvre
- Le bois des branches charpentières à la coupe finale : 28 m3.
- A chaque coupe, 44 m3 de bois déchiqueté. Soit 1 à 3 m3 par ha et par an.

Le broyat correspond à une demi-tonne de paille en moyenne (un peu plus pour les fortes densités. 20 à 25 ha agroforestiers seraient nécessaires pour viser une autonomie en

remplacement de la paille pour un troupeau d'environ 300 brebis où l'on remplacerait un tiers de la paille par le broyat.

Pour les besoins de chauffage, on peut estimer un volume de 50 à 150 m³ par élevage, selon le type d'habitat et salle de traite, et l'isolation réalisée. Lorsqu'on cherche à remplacer la paille par des copeaux de bois, le seuil de rentabilité tourne autour de 90 € la tonne de paille. A partir de ce prix, la production locale de plaquettes est intéressante pour l'agriculteur. En effet, le coût de production de la plaquette représente environ 65 € la tonne (Réseau Haie France 2024). Ce qui est souvent inférieur au prix de la paille en été, en zone de montagne ou en Méditerranée où l'on observe des prix dépassant les 100 euros la tonne.

3.4.4.4 Discussions et perspectives

Dans nos scénarios, basés sur des chiffres des productions mesurés sur nos sites de suivi, la production d'une parcelle agroforestière, couplant prairie intercalaire et rameaux, est proche de la prairie sans arbre. Dans le cas du mûrier, la production était légèrement supérieure.

L'avantage de l'agroforesterie est de produire un stock fourrager sur pied, mobilisable de manière flexible au cours de l'année et d'une année sur l'autre. Le frêne peut être récolté avec des fréquences allant de 3 à 15 ans ! Le mûrier est encore plus flexible puisque dans les pratiques, on peut voir des fréquences annuelles ou pluriannuelles.

Les aléas climatiques ne sont pas simulés ici. En période de sécheresse, la ressource herbe est souvent absente et les prix du foin et la paille s'envolent. C'est dans ces périodes que la valorisation des arbres est opportune : non seulement elle offre une ressource disponible, mais elle permet de faire des économies à la fois en charge directe (achat de foin) mais indirectes (frais vétérinaires, maintien de la production de lait, meilleure immunité pour les jeunes animaux...).

A ces chiffres, il faut bien entendu ajouter la production de biomasse ligneuse, bois déchiqueté, bois de construction ou bois d'œuvre. Globalement, la production du la parcelle est donc plus importante, en témoignent les niveaux de LER dépassant les 1,5.

La problématique restante concerne la mécanisation de la récolte. Si les coûts d'investissements et de gestion des arbres lors des premières années, sont bien connus aujourd'hui, y compris en intégrant les risques liés aux aléas climatiques, les coûts d'exploitations restent encore à étudier. Sur le terrain, les pratiques sont souvent manuelles, traditionnelles, avec des coupes sur échelles ou sur remorque. Seuls les cas du Pradel et de la Chambre d'Agriculture de l'Ariège (parcelles expérimentales) ont commencé des essais de mécanisation. Au Pradel, la mécanisation consiste à rabattre les mûriers pour mieux les recéper par la suite. Sur le site de l'Ariège, des essais d'ensileuses sur table fourragère ont débuté. En Normandie, des agriculteurs ont également implanté des bandes lignocellulosique qui pourraient être apparentés à des bandes fourragères. La question du type de récolte se pose bien entendu : ensilage ? enrubannage ? distribution en direct ? Des premières initiatives ont lieu qui demandent à être approfondies (qualité et conservation de l'ensilage, type d'outils à mobiliser et amortissement, temps de manutention...). Ces questions doivent maintenant faire l'objet d'un futur projet pour boucler l'étude de la rentabilité de ces systèmes encourageants.

4 ACTION 3/ Conception d'aménagements et mise en place d'une dynamique d'expérimentations participatives

4.1 Ateliers de co-conception sites en Ariège

Responsable : Chambre d'Agriculture de l'Ariège.

4.1.1 Déroulé des ateliers avec les agriculteurs

Au cours de différentes journées techniques, formations ou interventions/articles, plusieurs agriculteurs ont pris contact avec la Chambre d'Agriculture de l'Ariège, afin d'être accompagné à la fois dans la réflexion d'une éventuelle plantation d'arbre fourrager mais aussi dans la création de l'itinéraire technique de pâturage.

Pour chacun de ces agriculteurs, une première rencontre a été faite chez chacun d'entre eux à la suite d'une formation collective. Au cours de cette rencontre in situ, les différentes réflexions faites en collectif ont été ajoutées au contexte de l'exploitation ainsi qu'aux besoins à la fois en alimentation mais aussi aux facilités d'utilisations par l'agriculteur.

Au cours des co-construction avec les agriculteurs, ces derniers ont mis en avant le besoin d'avoir des implantations qui concordent avec la vision à long terme de l'usage des parcelles mais aussi avec des facilités d'utilisation.

4.1.2 Site du GAEC AUTHIER

Le GAEC AUTHIER a été la base de travail via le projet AGROSYL.

4.1.2.1 Description du site

Description de l'exploitation : 2 ETP, vaches allaitantes, 60 mères suitées ne montent pas en estive, c'est ce lot qui bénéficie des Mûriers blanc en été.

Localisation : Est du département de l'Ariège

Commune : Mirepoix

Contexte pédoclimatique : Climat tempéré à tendance Méditerranéenne, les gels tardifs sont de moins en moins fréquents et les étés de plus en plus secs et longs. L'exploitation est localisée dans les coteaux secs de l'est du département, et la parcelle de Mûrier blanc est implantée sur des limons sableux en lit majeur de rivière. La parcelle servait avant la plantation de zone de chargement et déchargement, un sol très tassé donc.

4.1.2.2 Descriptif du projet planté

- Année de plantation des Mûrier blanc : Printemps 2017
- Itinéraire technique de plantation :
 - 5 000 plants pour 0.20 ha soit 25 000 plants/ha
 - Plantation en rang : lignes de plantation espacées de 1m, plants espacés de 5cm à 80 cm entre eux

- Planté entre deux lignes agroforestières (Pâturage tournant dynamique)
- Itinéraire technique d'utilisation :
 - Trognage à 50 cm en N+2 pour coupe d'uniformisation, puis pâturage en période sèche.
 - Intégration du paddock de Mûrier blanc dans l'itinéraire de pâturage tournant dynamique de la parcelle agroforestière.
 - Coupe d'uniformisation à l'automne à la faucheuse lorsque les feuilles sont tombées

4.1.2.3 Objectif de la plantation

L'objectif de cette plantation est d'intégrer la ressource Mûrier blanc dans l'itinéraire de pâturage tournant dynamique pratiqué par le GAEC AUTHIER.

Dans le cadre du projet RAME, il y a eu quelques variations notamment dans la conduite de la ressource. En effet, dans le fonctionnement estival, il y a eu deux saisons d'affilée où la ressource en herbe était suffisante, et les ligneux n'ont pas ou peu été pâturés.

C'est pourquoi il y a eu plusieurs modalités dans la conduite des Mûriers :

- Modalité non recépée : le choix a été fait de ne plus du tout recevoir les tiges de façon à comprendre à la Foix le comportement de l'essence et celui du cheptel sur cette modalité, mais aussi de comprendre la progression de la production de biomasse ainsi que l'impact sur la valeur alimentaire de ces actions.
- Modalité recépée puis laissée à pousser : il y a eu une coupe d'uniformisation puis nous avons laissé pousser pendant une saison de pâturage.
- Modalité recépage au ras : le choix a principalement été dicté par la volonté de pouvoir amender de façon homogène sur la parcelle. C'est pourquoi certains rangs ont été coupés au ras du sol pour permettre le passage des roues de l'épandeur à fumier. Avec l'objectif par ailleurs de comparer la croissance des rameaux, la valeur alimentaire et le comportement du cheptel sur ces tiges.

4.1.3 GAEC MOHAIR DE FREYCHE

4.1.3.1 Le site

Description de l'exploitation : 2 ETP, Chèvre angora pour production de laine, environ 247 têtes soit 37 UGB qui ne montent pas en estive.

Localisation : piémont Pyrénéen au centre du département de l'Ariège

Commune : La Bastide de Sérou.

Contexte pédoclimatique : Climat tempéré avec de bonnes précipitations. Cependant en période estivale les orages d'été sont de plus en plus aléatoires. Les gels tardifs sont de moins en moins fréquents et les étés de plus en plus secs et long. L'exploitation est localisée sur les hauteurs de la commune. Différentes haies ont été plantées avec l'objectif de donner des compléments alimentaires en vue de permettre d'améliorer la qualité de la laine.

La parcelle de Mûrier blanc est implantée sur des argiles de décarbonatation en bord de parcelle à l'arrière d'un bâtiment agricole.

4.1.3.2 Plan de plantation

- Année de plantation des Mûrier blanc : Mars 2021/ Février 2023
- Itinéraire technique de plantation :
 - 150 plants en 1 rangées le long d'une clôture
 - Plantation en rang : plants espacés de 1 m entre eux.
 - Ursus pour éviter que les Chèvres viennent directement pâturer
- Itinéraire technique d'utilisation :
 - Trognage à 1 m en N+3 pour coupe d'uniformisation, puis distribution manuelle par rameau au sol. Les chèvres viennent manger les feuilles sur les rameaux distribué.
 - Intégration des Mûrier blanc dans l'itinéraire de pâturage lorsque la prairie ne pourra plus fournir la ressource nécessaire afin de laisser une journée de plus le cheptel sur la parcelle
 - Coupe d'uniformisation à l'automne à la faucheuse lorsque les feuilles seront tombées

4.1.4 GAEC DE LA TUILERIE

4.1.4.1 Site

Description de l'exploitation : 2 ETP, vaches allaitantes (Salers) un atelier volaille, environ 100 UGB qui ne montent pas en estive.

Localisation : Est du département de l'Ariège

Commune : Lérans

Contexte pédoclimatique : Climat tempéré à tendance Méditerranéenne, les gels tardifs sont de moins en moins fréquents et les étés de plus en plus secs et long. L'exploitation est localisée dans les coteaux secs de l'est du département, et la parcelle de Mûrier blanc est implantée sur des argiles de décarbonatation en bord de parcelle.

4.1.4.2 Plan de plantation

- Année de plantation des Mûrier blanc : Mars 2021
- Itinéraire technique de plantation :
 - 1 000 plants en 4 rangées le long d'une haie
 - Plantation en rang : lignes de plantation espacées de 1m, plants espacés de 1 m entre eux.
 - Clôture électrifiée des rangs pour limiter la pression du chevreuil
- Itinéraire technique d'utilisation :
 - Trognage à 50 cm en N+3 pour coupe d'uniformisation, puis pâturage en période sèche.
 - Intégration des Mûrier blanc dans l'itinéraire de pâturage lorsque la prairie ne pourra plus fournir la ressource nécessaire afin de laisser une journée de plus le cheptel sur la parcelle
 - Coupe d'uniformisation à l'automne à la faucheuse lorsque les feuilles seront tombées

4.1.4.3 Objectif de la plantation

L'objectif sur cette plantation est multiple :

- Réduire le coût de l'implantation en réduisant la densité
- Maintenir le cheptel une journée de plus sur la zone de pâturage (troupeau en pâturage tournant)
- Gérer l'enherbement de la plantation par différent type de paillage avant d'arriver à faire pâturer le cheptel.

Sur ce dernier point le choix du paillage s'est fait par la disponibilité de la ressource en place :

- Fumier de vache
- Plaquette Forestière
- Paille sur 20cm d'épaisseur
- Paille sur 40cm d'épaisseur
- Fumier de volaille

4.1.5 GAEC DE LA REOULE

4.1.5.1 Descriptif du site

Description de l'exploitation : 3 ETP, Ovin viande (tarasconnaise), un atelier ovin lait est à venir, environ 400 brebis qui sont en estive de juin à octobre

Localisation : Nord du département de l'Ariège sur la vallée de la Lèze

Commune : Le Fossat

Contexte pédoclimatique : Climat tempéré, les gels tardifs sont de moins en moins fréquents et les été de plus en plus sec et long, la particularité de cette vallée réside dans le fait que les vents sont présents quotidiennement et ont un effet de dessiccation très prononcé.

L'exploitation est localisée sur les coteaux secs sur la partie exposée au sud de la vallée de la Lèze. La faible altitude, les vents et la faible pluviométrie de cette partie du département rend la production d'herbe impossible sur la période estivale. Les parcelles de Mûrier blanc sont localisées sur des argiles de décarbonatation en forte pente

4.1.5.2 Plan de plantation

- Année de plantation des Mûrier blanc : Février 2021
- Itinéraire technique de plantation :
 - 2 700 plants en plein
 - Plantation en rang : lignes de plantation espacées de 4.5m, plants espacés de 4.5 m entre eux.
 - Clôture électrifiée des rangs pour limiter la pression du chevreuil
- Itinéraire technique d'utilisation :
 - Trognage à 1.50 m en N+3 pour coupe d'uniformisation. Mais tous les 10 plants trognage à 2.50m pour un objectif d'ombrage et d'amélioration du sol

- Puis pâturage en automne à la descente d'estive. Aujourd'hui l'exploitation rencontre les problèmes à cette période de plus en plus sèche sur cette zone du département
- Coupe d'uniformisation à l'automne à la faucheuse lorsque les feuilles seront tombées

4.1.5.3 Les objectifs

L'objectif au GAEC de la REOULE est de structurer la parcelle mais aussi d'apporter de l'ombre sur un coteaux exposé au Sud. La particularité de cette parcelle réside dans le fait que les arbres auront un objectif parasol mais aussi de fourrage en tant que complément alimentaire à la descente de l'estive dans le courant du mois de septembre.

Ce sont les conditions les plus difficiles du département, à savoir :

- Sol superficiel
- Présence de calcaire actif
- Moins de 500mm de précipitation
- 300 jours de vents par an
- Plus de 20% de pente par endroit
- Coteaux exposés au Sud
- Présence de petits escargots blancs en très grand nombre.

4.1.6 Les conclusions des ateliers en Ariège

▲ **Les pratiques étudiées en Ariège : propositions/demandes des éleveurs**

- Analyse chimique des matières alimentaires
- Analyse de croissance sur les plantations « nouvelles modalités »
 - Mesure de biomasse avant/après pâturage
 - Observation conduite du cheptel
- Effet sur le cheptel :
 - Objectifs : connaître les effets du mûrier sur les aspects souhaités de l'élevage (Bovin/ovin viande, caprin/laine)



4.2 Ateliers de co-conception animés par AGROOF

4.2.1 Projet co-conception Métairie Neuve

Localisation : Plélan-Le-Grand (Ille et Vilaine)

Période : Première formation en 2023 avec les éleveurs du groupement. Eté 2024 : première phase de la co-conception en collectif. Automne 2024 : conception finale sur l'exploitation après travail à distance avec Agroof. Premières plantations en 2025.

Le projet d'agroforesterie comportait un volet intraparcellaire sur 12.72 ha au total (504 arbres) et des haies pour un linéaire de 2230 mètres.



Figure 25. Plan de situation des parcelles de l'exploitation La Métairie Neuve

Le GAEC De La Métairie Neuve élève des vaches laitières en agriculture biologique dans un système herbager. La ferme comprend 4 associés, les enfants du précédent propriétaire. Le projet personnel est de donner un virage agroécologique majeur à leur exploitation familiale en soutenant une conversion totale en bio et une large partie en agroforesterie. Ils souhaitent intégrer des arbres à leur parcellaire au sein des prairies pâturées. L'ensemble du projet de plantation s'intègre dans le programme de recherche RAME sur l'arbre fourrager porté par la SCOP Agroof et a été réalisé à la suite d'un atelier de co-conception participative en lien avec le technicien bocage du secteur.

Objectifs	Priorités	Commentaires
BIEN-ÊTRE ANIMAL	Elevée	Protéger les bovins vis-à-vis de : <ul style="list-style-type: none"> • Soleil estival de l'après-midi • Vents (Est et Ouest) et pluies de printemps, automne et hiver
QUALITÉ PRAIRIES	Elevée	Augmenter le temps de pâturage
BOIS D'OEUVRE	Moyenne	Capitalisation pour la retraite
FOURRAGE LIGNEUX	Moyenne	Limiter les besoins en stocks fourrager pour la période estivale
FRUITS	Faible à Moyenne	Sécuriser la ferme en cas de baisse de consommation de produit d'élevage

Tableau 9. Les motivations des porteurs de projet de la Métairie Neuve.

Les objectifs recherchés sont avant tout l'adaptation au changement climatique, pour limiter le stress thermique des animaux et augmenter le temps de pâturage grâce au microclimat généré par les arbres. Grâce au partenariat avec RAME, les éleveurs se sont ouverts à différentes modalités expérimentales à mettre en place (modalité d'essences fourragères, de protection, d'aménagements...).



Photo 31. Première phase de co-conception du projet La Métairie Neuve les 11 et 12 juillet 2024

Chaque parcelle a fait l'objet d'une conception spécifique.

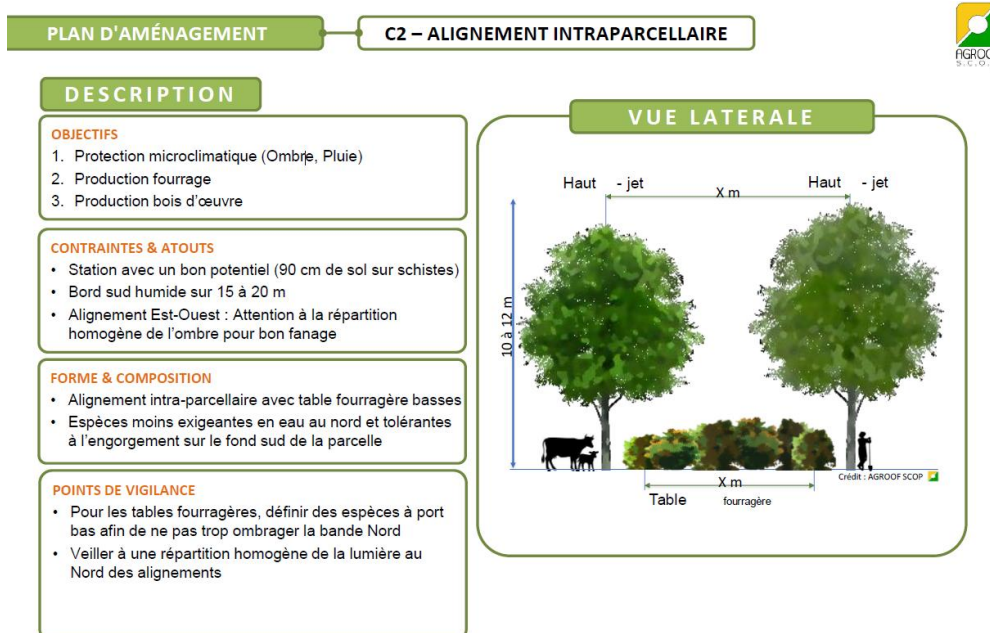


Figure 26. Exemple d'aménagement proposé pour une parcelle (C2) du projet La Métairie Neuve



Figure 27. Exemple du dispositif pour la parcelle C2.

Certains aménagements ont fait l'objet de modalités, comme ici des protections au fil électrique permettant une protection et un pâturage occasionnel de l'alignement.

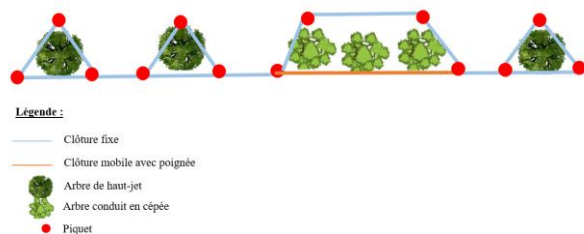


Figure 28. Adaptation des clôtures pour faciliter le pâturage des alignements fourragers.



Photo 32. Vue d'une parcelle plantée début 2025 et évaluée par Agroop sur place les 9 et 10 octobre 2025.

4.2.2 Projet Co-conception Camille Davoult

Localisation : Lozère

Réalisation : 05/10/2023

Ce travail de co-conception a été rendu possible par une collaboration avec le projet APACHE financé par la Région AURA.

14 personnes ont participé à l'atelier de co-conception en Lozère sur l'exploitation de Camille Davoult : 7 techniciens des Chambres d'Agriculture de la région (6 départements représentés), l'Idede, le CRPF, Collectivité locales et 3 éleveurs.

Camille Davoult est installée depuis 2016 sur une exploitation agricole en Lozère avec un élevage de 100 chèvres et sur 100 ha autour de la ferme. Ces 100 ha sont composés de 15ha en prairies permanentes et prairies temporaires et le reste est de la châtaigneraie (parcours et cultivée pour produire de la châtaigne). Les parcours de châtaigniers ne procurent plus beaucoup de ressources en termes de fourrage. Les parcelles sont assez nombreuses et éloignées les unes des autres.

La production sur l'élevage est le lait qui est transformé à la coopérative en Pélardon. Le cahier des charges de l'AOC Pélardon implique de pouvoir faire pâturer et d'être autonome à 50% avec une alimentation issue de la zone. Comme l'autonomie fourragère sous les châtaigniers est compliquée, l'idée serait d'exploiter une partie des châtaigniers pour affourager les chèvres avec des rejets de châtaigniers.

Sur l'exploitation une dizaine de trognons de muriers sont présentes pour l'affouragement des chèvres avec une coupe tous les 2 ans.

L'objectif principal est d'apporter des ressources fourragères complémentaires. Avec deux axes de travail : la plantation d'arbres fourragers en pâture et la gestion sylvopastorale des châtaigneraies à rénover et à protéger afin de la renouveler mais aussi d'offrir là aussi une ressource fourragère feuilles et fruits complémentaire. Dans ce second cas, une des difficultés est la question de la propriété. Camille Davoult est en effet fermière de ces parcelles et la coupe des arbres pour réduire la densité et relancer le pâturage n'est pas un sujet simple à négocier avec les propriétaires.



Photo 33. Vue des parcelles de prairie à aménager en agroforesterie.



Photo 34. Réflexion en sous-groupe sur les aménagements proposés aux éleveurs.

Lors des échanges, il a été tenu compte des contraintes des éleveurs, notamment la charge en temps de travail et le manque de temps pour gérer trop finement les arbres. Ainsi, différents aménagements ont été imaginés avec un minimum d'intervention (haies à recéper avec barre de coupe, et alignement de mûriers de taille basse).

4.2.3 Projet Co-conception GAEC La Chabra Negra

Localisation : Poitou Charentes

Date de réalisation : 14/12/2023

Ce travail de co-conception animé par AGROOF a été rendu possible par une collaboration avec le projet APACHE financé par la Région AURA.

Lors de cet atelier, 11 participants ont participé pour élaborer plusieurs pistes d'aménagement : 7 éleveurs et 4 techniciens (AGROOF et ARDEPAL) et chercheurs (INRAE).

Après une présentation de l'exploitation caprine par les éleveurs et un tour des parcelles, les participants se sont scindés en deux sous-groupes pour réfléchir à des aménagements répondant aux objectifs et contraintes de l'exploitation.

L'atelier principal de l'exploitation est l'élevage laitier de chèvre et la production de fromages à la ferme. Le troupeau est composé de 70 à 80 chèvres Alpines et quelques Massif central, des céréales sont aussi cultivées sur certaines parcelles. 4,5 ETP sont présents sur l'exploitation. Sur le parcellaire de l'exploitation, les sols sont globalement superficiels : 25-30cm de sol agricole avant le tuf. Les sols sont sablo-limono et acide. Les parcelles autour de la chèvrerie sont déjà très arborées avec même une parcelle avec de la densité forestière. Il y a quelques problèmes de parasitismes dans les prairies ce qui fait que pour sortir les chèvres elles sont emmenées dans la forêt mais elles ont beaucoup abîmé les arbres.

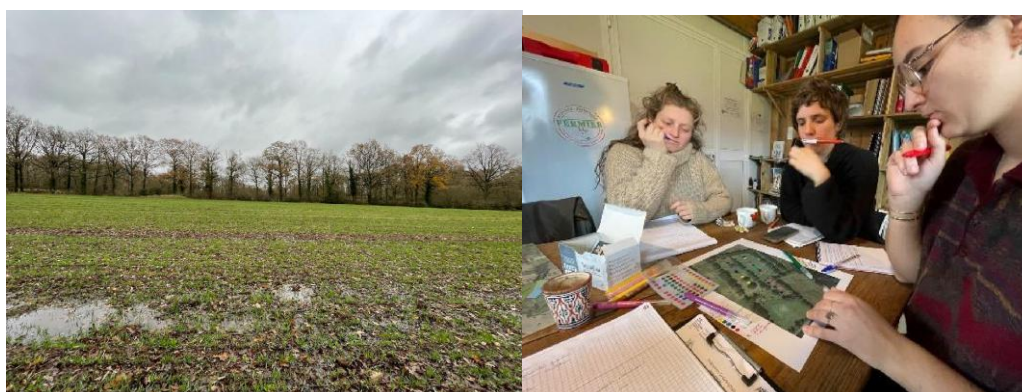


Photo 3. Vue d'ensemble de la parcelle et d'une session en sous-groupe en salle.

La parcelle qui a été abordée « les paturos » est une parcelle bordée de chênes matures, à vocation de pâturage et une coupe de foin a été faite en mai 2023. Sur la parcelle beaucoup de zone hydromorphe (source en bas de parcelle).



Figure 3. Exemples d'aménagements présentés par les sous-groupes de la journée.

Dans les aménagements proposés, il a été tenu des pratiques et observations des éleveurs participants, du contexte pédologique hétérogène avec des zones sensibles à l'engorgement, et la volonté de produire une part fourragère intéressante pour les chèvres. Les discussions ont ainsi porté sur le choix des essences et des modes d'aménagement, de la manière de conduire les arbres et de les protéger les premières années.

5 ACTION 4/ Communication

5.1 Journées d'échanges entre éleveurs, chercheurs et techniciens

Ferlus - Lusignan

Yasmine Kadiri a participé au salon Tech&Bio à Tours le 14 mai 2024 pour présenter l'expérimentation système OasYs et les premiers résultats de RAME obtenus dans le cadre du Post-Doctorat de Geoffrey Mesbahi.

5.2 Site Internet et mise en place d'une base de données participative sur les arbres fourragers

Agroof a créé une page web sur le projet de recherche RAME, au sein du répertoire recherche de son propre site. En parallèle, un site web dédié reprend l'ensemble des résultats.

- La page web du projet sur le site d'AGROOF :
<https://agroof.net/recherche/fichesRD/rame.html>
- Le site web officiel du projet RAME :
<https://rame.projet-agroforesterie.net/>

Sur le site officiel, le rapport final, mais aussi les fiches de production par arbres et système sont téléchargeables.

En parallèle, les partenaires ont réalisé une base de données sur les résultats de suivi. Les analyses de valeur nutritive réalisées dans le cadre du projet RAME sur plusieurs essences ont été synthétisées dans un fichier et déposées sur un entrepôt de données en ligne librement accessible :

<https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/FLign>.

5.3 Articles techniques et scientifiques

- Geoffrey Mesbahi a participé au congrès international EGF en 2022 pour présenter ses résultats sur l'expérimentation Patura 3D "Rethinking grasslands in 3D : feeding preferences of dairy cows between temperate fodder trees". (Mesbahi, G., Jawahir, A., Berthet, M., Ginane, C., Delagarde, R., Chargelègue, F., Novak, S. 2022. Rethinking grasslands in 3D: feeding preferences of dairy cows between temperate fodder trees. Grassland Science in Europe, 27, 436-438. <https://hal.inrae.fr/hal-03744539>)

- Geoffrey Mesbahi a participé au congrès des 3R en 2022 pour présenter un poster sur le “Comportement alimentaire de vaches laitières pâturant des arbres fourragers” (Mesbahi, G., Berthet, M., Jawahir, A., Ginane, C., Delagarde, R., Chargelègue, F., Novak, S. 2022. Comportement alimentaire de vaches laitières pâturant des arbres fourragers. 26èmes Rencontres Recherches Ruminants, Paris. http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/texte_9_affiche_nouveaux_aliments_nouveaux_fourrages_g-mesbahi.pdf. <https://hal.inrae.fr/hal-03972606v2/document>)
- Yasmine Kadiri a participé au congrès des 3R en 2024 pour présenter un poster sur la “Composition chimique et la digestibilité enzymatique des tiges et des feuilles de 4 espèces d’arbre”. (Kadiri, Y., Mesbahi, G., Delagarde, R., Barotin, C., Novak, S., 2024. Composition chimique et digestibilité enzymatique des tiges et des feuilles de 4 espèces d’arbre. 27èmes Rencontres Recherches Ruminants. INRAE/ IDELE, Paris. <https://hal.inrae.fr/hal-04830756>)
- Fabien Liagre et Camille Béral ont présenté le projet RAME lors du congrès d’agroforesterie de Brno. C. Béral, F. Liagre, S. Novak, C. Boyer, N. Guichet, 2024, Designing credible forage agroforestry schemes for ruminant breeders. Oral presentation EURAF2024.

5.4 Réseaux Sociaux

Chambre d’Agriculture de l’Ariège :

<https://www.facebook.com/BoisPaysan/reels/> (les 8 premiers Reels traitent des sites du projet RAME en ariège)

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1156875192048171&set=pb.100031771041782.-2207520000&type=3>

<https://www.facebook.com/BoisPaysan/posts/pfbid0Spq7onYLzuvxCSLnMZZpgREPktJscf64gCXEdXBoxNGSUSg4u9vCytQ9F21KvP6jl>

<https://www.facebook.com/BoisPaysan/posts/pfbid02Y5dmkD7AePGpmEPYknYdUma3PuV5jrdEq6SNyRkuxSBD2RybkyyCdbKyEsoNz7wul>

<https://www.facebook.com/BoisPaysan/posts/pfbid0ciqbq1RnWYDqLq1JGZVQWZBymepGNB8ZFCDFuLCt1AEdquDDFibd9CaUp994QJLeI>

<https://www.facebook.com/BoisPaysan/posts/pfbid0nf2k53mckRdvdSvZzv4RrfPQ5JCwnh7Hq2mpnuHDBf9kFa3yBojKKKLHGS51Nv8pl>

<https://www.facebook.com/BoisPaysan/posts/pfbid0hR6hj2Lq6W76Xp377VG3kdSK49wUHbYPXda7cbGW4JN4ZYMWGfPtvt1jm877uDKUI>

5.5 Article presse agricole

https://drive.google.com/drive/u/0/folders/116nKrJ_vZzX21w7kW-mZrmstaVao1R2f

https://drive.google.com/drive/u/0/folders/116nKrJ_vZzX21w7kW-mZrmstaVao1R2f

https://drive.google.com/drive/u/0/folders/116nKrJ_vZzX21w7kW-mZrmstaVao1R2f

5.6 Conférences publiques

Ferlus - Lusignan

- Geoffrey Mesbahi a présenté les résultats obtenus dans le cadre de son Post-Doctorat dans une conférence pour le Parc Naturel Régional des Vosges du Nord (Mesbahi G., Novak S. (2021) L'arbre une ressource fourragère. Les prairies permanentes notre avenir en herbe, Meisenthal, France <https://www.youtube.com/watch?v=c-rPCZy251I>)

Mission Haies AURA a participé à la publication de différents documents du projet Climagrof2 (en cofinancement avec le projet RAME):

Livrables

https://idele.fr/ciirpo/publications/detail-article?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showDossier&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=1948&cHash=b87ae6dfe3f8ef71f066b093a77f95b0

Fiches techniques et diaporama :

[CLIMAGROF 2 Mission haies AuRA - Google Drive](#)

Vidéos :

Des feuilles au menu des brebis

https://idele.fr/ciirpo/publications/detail-article?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=19143&cHash=88c85d3ebf5b9cdbe07735eb69356e52

Une haie fourragère pour les brebis

https://idele.fr/ciirpo/publications/detail-article?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=24346&cHash=c925a74ae84309038c862bc37c9b7dc9

Affourager des brebis avec des feuilles en période sèche

https://idele.fr/ciirpo/publications/detail-article?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=21768&cHash=7df6ffc77978df89e5f66e72a8e556d6

PODCASTS :

https://idele.fr/ciirpo/publications/detail-article?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=23724&cHash=1ee302ec4ee213805e35f8bd745911f3

6 Références bibliographiques

6.1 Références dossier candidature

Alonso-Díaz, M. A., Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C. A., Hoste, H., Aguilar-Caballero, A. J., and Capetillo-Leal, C. M. (2008). "Is goats' preference of forage trees affected by their tannin or fiber content when offered in cafeteria experiments?" *Anim. Feed Sci. Technol.*, 141(1–2), 36-48.

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., Thierry M., Rocher A., 2018. Agroforesterie en système d'élevage ovin : étude de son potentiel dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. Rapport final du projet de recherche PARASOL dans le cadre de l'AAP REACTIF ADEME. 158p. Colin et al., 2018.

Colin J., Vanlerberghe P., Balaguer F., 2018. Farming with pollards. Report for the Agforward Project. Leaflet 2 p.

Emile, J. C., Barre, P., Delagarde, R., Niderkorn, V., and Novak, S. (2017). "Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers ?" *Fourrages*, 230, 155-160.

Hermansen JE, Kongsted AG, Bestman M, Bondesan V, Gonzalez P, Luske B, Mcadam J, Mosquera-Losada MR, Novak S, Pottier E, Smith J, Van Eekeren N, Vonk M, Burgess PJ (2015). "Agroforestry Innovations to be evaluated for Livestock Farmers". Milestone 21 for EU FP7 Research Project: AGFORWARD 613520. 10 pp. <https://www.agforward.eu/index.php/fr/agroforestry-innovations-to-be-evaluated-for-livestock-farmers.html>

Legendre, A. (2018). "Fourrages complémentaires, méteils, dérobées... de quoi parle-t-on ?" *Fourrages*, 233, 1-5.

Luske, B., and van Eekeren, N. (2018). "Nutritional potential of fodder trees on clay and sandy soils." *Agroforestry Systems*, 92(4), 975–986.

- Mebirouk-Boudechiche, L., Cherif, M., Abidi, S., and Bouzouraa, I. (2015). "Composition chimique et facteurs antinutritionnels de quelques feuilles de ligneux fourragers des zones humides du nord-est de l'Algérie." *Fourrages*, 224, 321-328.
- Meuret, M. (1986). "Digestibility of holm-oak (*Quercus ilex*) fresh foliage by goats: first results." *Proceedings, 2nd Mt., FAO Subnetwork on Goat Nutrition, Nancy, France* p.14.
- Mosquera-Losada, M. R., Fernandez-Nunez, S., and Rigueiro-Rodriguez, A. (2004). "Shrub and tree potential as animal food in Galicia, NW Spain." *Towards the Sustainable Use of Europe's Forests - Forest Ecosystem and Landscape Research: Scientific Challenges and Opportunities*, F. Andersson, Y. Birot, and R. Paivinen, eds., 285-293.
- Papanastasis, V. P., Yiakoulaki, M. D., Decandia, M., and Dini-Papanastasi, O. (2008). "Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe." *Anim. Feed Sci. Technol.*, 140(1-2), 1-17.
- Penn, J.-Y. (2018). "Sécuriser son système d'élevage avec des fourrages complémentaires : témoignage d'un éleveur laitier bio pratiquant l'agroforesterie fourragère." *Journées AFPP - Fourrages complémentaires et sécurisation du système d'élevage, AFPP, ed. Paris*, 132-133.
- Sigaut, F. (1987). "L'arbre fourrager en Europe : rôle et évolution des techniques." *La forêt et l'élevage en région méditerranéenne française, AFPP, ed.*, 45-53.
- Smith, J., Kuoppala, K., Yáñez-Ruiz, D., Leach, K., and Rinne, M. (2014). "Nutritional and fermentation quality of ensiled willow from an integrated feed and bioenergy agroforestry system in UK." *Maataloustieteen Päivät 2014*, M. Hakojärvi, and N. Schulman, eds., SUOMEN MAATALOUSTIETEELLISEN SEURAN TIEDOTE Helsinki, 1-9.
- Vu, C. C., Verstegen, M. W. A., Hendriks, W. H., and Pham, K. C. (2011). "The Nutritive Value of Mulberry Leaves (*Morus alba*) and Partial Replacement of Cotton Seed in Rations on the Performance of Growing Vietnamese Cattle." *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, 24(9), 1233-1242.

6.2 Références action 1 - Enquêtes

- ASSOCIATION FRANCAISE D'AGROFORESTERIE, 2020. Du peuplier pour les génisses. Témoignage Adrien Messéan. [en ligne]. [Consulté le 2 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=ZARpo1VrQnc&ab_channel=AgroforesterieAssociationFran%C3%A7aise
- BAILLY DE MERLIEUX, Charles-François, 1835. *Maison Rustique du XIXème siècle : Encyclopédie d'agriculture pratique*. Au bureau, Quai aux Fleurs, N°15. Paris.
- BAKHOUM, Amy, SARR, Oumar, NGOM, Daouda, DIATTA, Sékouna et ICKOWICZ, Alexandre, 2020. Usages des fourrages ligneux et pratiques pastorales dans la communauté rurale de Téssékéré, Ferlo, Nord Sénégal. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 23 septembre 2020. Vol. 73, n° 3, pp. 191-198. DOI 10.19182/remvt.31890.
- BENOIT, Marc, SABATIER, Rodolphe, LASSEUR, Jacques, CREIGHTON, Philip et DUMONT, Bertrand, 2019. Optimising economic and environmental performances of sheep-meat farms does not fully fit with the meat industry demands. *Agronomy for Sustainable Development*. août 2019. Vol. 39, n° 4, pp. 40. DOI 10.1007/s13593-019-0588-9.

BERAL, C et LIAGRE, F, 2020. Une exploitation pionnière en agroforesterie dans le sud de la France. . 2020. pp. 4.

BERAL, C et MOREAU, J-C, 2020. La présence d'arbres intraparcellaires affecte-elle la productivité des prairies permanentes en climat tempéré ? . 2020. pp. 11.

BÉRAL, Camille, GIRARDIN, Nicolas, GRANDGIRARD, David, BIZERAY-FILOCHE, Dorothee, GINANE, Cécile, BERNARD, Mickaël, ANDUEZA, Donato, DEISS, Véronique, EMILE, Jean-Claude, NOVAK, Sandra, POTTIER, Eric, MOREAU, Jean-Christophe, FRADIN, Julien, LIAGRE, Fabien et TRÉVISIOL, Audrey, 2018. Agroforesterie en système d'élevage ovin : étude de son potentiel dans le cadre de l'adaptation au changement climatique [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.parasol.projet-agroforesterie.net/>

BOESSINGER, Marc, EMMENEGGER, Jacques et CHASSOT, André, 2010. Ingestion de fourrage et évolution du poids de vaches allaitantes suitées. . 2010. pp. 6.

BROOM, D. M., GALINDO, F. A. et MURGUEITIO, E., 2013. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 22 novembre 2013. Vol. 280, n° 1771, pp. 20132025. DOI 10.1098/rspb.2013.2025.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE L'ARIÈGE, 2021. Fiche technique AGROSYL - Expé muriers fourrager. [en ligne]. 2021. Disponible à l'adresse : https://ariege.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/063_Inst-Ariege/Documents/Projets_collectifs/Agrosyl/3.EXPE_MURIERS_fiche_TK_FS-EG.pdf

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE L'ARIÈGE, 2022. Agrosyl : après cinq ans de projet quels sont les résultats ? [en ligne]. 17 juin 2022. [Consulté le 22 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://ariege.chambre-agriculture.fr/actualites/toutes-nos-actualites/detail-de-lactualite/actualites/agrosyl-apres-cinq-ans-de-projet-quels-sont-les-resultats/>

CHAMBRE D'AGRICULTURE OCCITANIE, 2022. Elevage. [en ligne]. 7 juin 2022. [Consulté le 26 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://occitanie.chambre-agriculture.fr/productions-techniques/elevage/>

CHRIKI, Sghaier, ELLIES-OURY, Marie-Pierre et HOCQUETTE, Jean-François, 2020. L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable. Paris : Éditions France agricole. ISBN 978-2-85557-729-6.

DELAGARDE, Rémy, CAILLAT, Hugues et CHARPENTIER, Alexia, 2021. Capacité des chèvres laitières à pâturer des prairies temporaires multiespèces. INRAE Productions Animales. 17 juin 2021. Vol. 34, n° 1, pp. 15-28. DOI 10.20870/productions-animales.2021.34.1.4694.

DIONE, Abdou, SARR, Oumar, NGOM, Saliou, DIALLO, Aly et GUISSÉ, Aliou, 2020. Perceptions pastorales des ligneux fourragers par les agropasteurs et les transhumants au centre du Sénégal. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 19 juin 2020. Vol. 14, n° 3, pp. 772-787. DOI 10.4314/ijbcs.v14i3.11.

DRAAF OCCITANIE, 2021. Structure des exploitations agricoles d'ovins en Occitanie - Agreste Études n°2 - Mars 2021. [en ligne]. 25 mars 2021. [Consulté le 5 août 2022]. Disponible à l'adresse : <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/structure-des-exploitations-agricoles-d-ovins-en-occitanie-agreste-etudes-no2-a5843.html>

DUPRAZ, Christian et LIAGRE, Fabien, 2019. Agroforesterie: des arbres et des cultures. ISBN 978-2-85557-678-7.

DURAND-TULLOU, A., 1972. Rôle des végétaux dans la vie de l'homme au temps de la civilisation traditionnelle. (Etude ethnobotanique sur le Causse de Blandas, Gard). Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée. 1972. Vol. 19, n° 6, pp. 222-248. DOI 10.3406/jatba.1972.3114.

EICHHORN, M. P., PARIS, P., HERZOG, F., INCOLL, L. D., LIAGRE, F., MANTZANAS, K., MAYUS, M., MORENO, G., PAPANASTASIS, V. P., PILBEAM, D. J., PISANELLI, A. et DUPRAZ, C., 2006. Silvoarable Systems in Europe – Past, Present and Future Prospects. Agroforestry Systems. avril 2006. Vol. 67, n° 1, pp. 29-50. DOI 10.1007/s10457-005-1111-7.

EMILE, Jean Claude, BARRE, Philippe, BOURGOIN, Fabien, PERCEAU, Romain, MAHIEU, Stéphanie et NOVAK, Sandra, 2018. Effect of season and species on the nutritive value of leaves of high stem trees. Grassland Science in Europe. juin 2018. Vol. 23, pp. 4. hal-02738154

EPHYTIA INRA, 2022. Forêts - Chalarose du frêne. [en ligne]. 2022. [Consulté le 31 août 2022]. Disponible à l'adresse : <https://ephytia.inra.fr/fr/C/20407/Forets-Chalarose-du-frene>

FRANC, André, 1957. Chargement manuel de branches de frêne (fraise), paire de bovidés (parelh) et char (carri) avec garde-boue, à Brenac, 1957,. Occitan Aveyron [en ligne]. 1957. [Consulté le 2 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.occitan-aveyron.fr/fr/diffusio/source/graissac/chargement-manuel-branches-frene-fraise-paire-bovides-parelh-char-carri-avec-garde-boue-brenac-1957_SRC12406

GENIN, Didier, 2016. Meadow up a tree: Feeding flocks with a native ash tree in the Moroccan mountains. Policy and Practice. 2016. pp. 12.

GONZÁLEZ-GARCÍA, E. et MARTÍN MARTÍN, G., 2017. Biomass yield and nutrient content of a tropical mulberry forage bank: effects of season, harvest frequency and fertilization rate. Grass and Forage Science. juin 2017. Vol. 72, n° 2, pp. 248-260. DOI 10.1111/gfs.12227.

GOUST, Jérôme, 2017. Arbres fourragers: de l'élevage paysan au respect de l'environnement. Escalquens : Terran. ISBN 978-2-35981-071-4. 631.58

HAAS, Jean Nicolas, KARG, Sabine et RASMUSSEN, Peter, 1998. Beech Leaves and Twigs used as Winter Fodder: Examples from Historic and Prehistoric Times. Environmental Archaeology. juin 1998. Vol. 1, n° 1, pp. 81-86. DOI 10.1179/env.1996.1.1.81.

HAUGHEY, Eamon, SUTER, Matthias, HOFER, Daniel, HOEKSTRA, Nyncke J., MCELWAIN, Jennifer C., LÜSCHER, Andreas et FINN, John A., 2018. Higher species richness enhances yield stability in intensively managed grasslands with experimental disturbance. Scientific Reports. décembre 2018. Vol. 8, n° 1, pp. 15047. DOI 10.1038/s41598-018-33262-9.

60

HERCULE, J., CHATELLIER, V., PIET, L., DUMONT, B., BENOIT, M., DELABY, L., DONNARS, C., SAVINI, I. et DUPRAZ, P., 2018. Une typologie pour représenter la diversité des territoires d'élevage en Europe. INRA Productions Animales. 25 juin 2018. Vol. 30, n° 4, pp. 285-302. DOI 10.20870/productions-animales.2017.30.4.2260.

IDELE, 2010. Repères techniques et économiques de la production bovin viande [en ligne]. 2010. [Consulté le 5 août 2022]. Disponible à l'adresse : <https://occitanie.chambre->

agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/reperes_eco_B
V_Mip-Rouss_2010.pdf

IDELE, 2022. Le mûrier blanc : une ressource à pâturer. Institut de l'Élevage [en ligne]. 6 janvier 2022.
[Consulté le 25 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/le-murier-blanc>

INSEE, 2016. Toulouse et l'espace littoral, moteurs du dynamisme démographique de la région - Insee
Analyses Occitanie - 2. [en ligne]. 2016. [Consulté le 2 septembre 2022]. Disponible à l'adresse :
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/1908374>

LEGENDRE, Agathe, 2018. Fourrages complémentaires, méteils, dérobées... de quoi parle-t-on?
Journées AFPP. 21 mars 2018. pp. 6.

LIAGRE, F, MARIN, A et ORI, D, 2020. Exemples d'aménagements ligneux pour une production
fourragère. . 2020. pp. 9.

LUSKE, B., ALTINALMAZIS KONDYLIS, A., ROELEN, S. et EEKEREN, N. van, 2017. Online fodder
tree database for Europe [en ligne]. 2017. Louis Bolk Institute and Stichting Duinboeren, the
Netherlands. Disponible à l'adresse : <https://www.voederbomen.nl/nutritionalvalues/>

LUSKE, Boki, ALTINALMAZIS KONDYLIS, Andreas et ROELEN, Suzanne, 2017. Fodder trees for
micronutrient supply in grass- based dairy systems. novembre 2017. Agforward.

MANSION, Dominique, 2010. Les trognes: l'arbre paysan aux mille usages. Rennes : Ed. Ouest-
France. ISBN 978-2-7373-4884-6.

MCGOWAN, A A, 1992. Trees and shrubs as sources of fodder in Australia. . 1992. pp. 23.

MEISSER, Marco, DELÉGLISE, Claire, MOSIMANN, Eric, SIGNARBIEUX, Constant, MILLS, Robert,
SCHLEGEL, Patrick et BUTTLER, Alexandre, 2013. Effets d'une sécheresse estivale sévère sur
une prairie permanente de montagne du Jura. . 2013. pp. 9.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2016. Plan de
développement de l'agroforesterie. mai 2016.

MONIER, S et HEKIMIAN, S, 2020. Dans le Frêne émonde du massif central, rien ne se perd, de la
feuille à la plaquette. . 2020. pp. 7.

MOOG, F.A., 1992. Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. [en ligne].
1992. [Consulté le 26 avril 2022]. Disponible à l'adresse :
<https://www.fao.org/3/T0632E/T0632E14.htm#ch14>

NOVAK, S, BARRE, P, DELAGARDE, R., MAHIEU, S, NIDERKORN, V et EMILE, J-C, 2020.
Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux
tempérés en été. [en ligne]. 2020. [Consulté le 17 février 2022]. DOI
10.15454/1.5572219564109097E12. Disponible à l'adresse : <https://www.inrae.fr/centres/nouvelle-aquitaine-poitiers>

NOVAK, Sandra, CHARGELÈGUE, Franck, CHARGELÈGUE, Jérôme, AUDEBERT, Guillaume,
LIAGRE, Fabien et FICHET, Samuel, 2018. Premiers retours d'expérience sur les dispositifs
agroforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs. [en ligne]. 2018. [Consulté le 17
février 2022]. DOI 10.15454/1.5572219564109097E12. Disponible à l'adresse :
<https://www.inrae.fr/centres/nouvelle-aquitaine-poitiers>

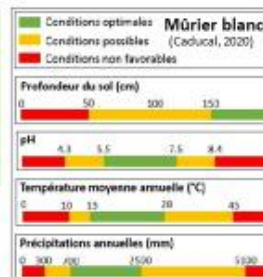
7 Annexes

7.1 Exemple de fiche réalisée

Tables fourragères de mûriers blancs

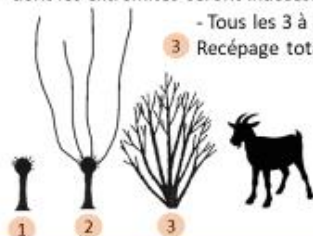
- **Essence** : Mûriers blancs (*Morus alba*)
- **Animaux** : Bovins, caprins, ovins
- **Description aménagement** :
 - Plantation d'arbres à forte densité (1600 à 25000 pieds/ha)
 - Conduite en trognes basses (= 50-80 cm) ou cépées
- **Description pratique** :
 - Pâturation directe sur pied par les animaux
 - Récolte mécanisée et ensilage possible : matériel agricole adapté nécessaire
 - Coupe d'uniformisation en automne/hiver : manuelle ou mécanisée
- **Plusieurs modes de taille possibles** :

Valeurs alimentaires (Novak & al., 2020)	Mûrier blanc	Luzerne
Taux de matière sèche (g/kgMB)	365	349
Matière minérale (g/kgMS)	144	91
Matière azotée totale (g/kgMS)	153	159
Digestibilité (%)	83,6	64,3



Chaque année :

- 1 Taille totale au niveau de la trogne
- 2 Taille en laissant quelques rameaux, dont les extrémités seront inaccessibles aux animaux - Tous les 3 à 5 ans :
- 3 Recépage total de l'arbre à sa base



Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Essence plastique ▶ Croissance rapide ▶ Tolérance à la sécheresse ▶ Croissance jusqu'à 38°C ▶ Supporte bien la taille ▶ Excellente appétence et valeur nutritive ▶ Affouragement simple : pâturation directe 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fort coût d'implantation ▶ Possibles dégâts d'écorçage ▶ Main d'œuvre nécessaire importante lors de la taille manuelle

Exemples de systèmes et stratégies d'intégrations dans la ration :

Intégration au pâturage tournant dynamique	Quelques passages rapides en période estivale	Un seul et long passage en juillet
<p>Mirepoix, Ariège</p> <p>Parcelle expérimentale Plantation 2017 0,25 ha 5 000 pieds → 25 000 p/ha 60 UGB - vaches Limousines</p> <p>→ 9 passages de 1,5 jours par an :</p> <p>Herbe Mûrier blanc Herbe</p> <p>Avr. Mai. Juin. Juil. Août. Sept. Oct. Nov. Dec.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un mode de gestion qui laisse les mûriers repousser entre chaque passage et qui valorise également la ressource herbacée de la parcelle • Productivité mûriers : 4 tMS/ha à n+3 	<p>Balazuc, Ardèche</p> <p>Ancienne parcelle sériculture Plantation XX^e siècle (> 30 ans) 0,10 ha 220 pieds → 3 300 p/ha 16 UGB - chèvres du Massif Central</p> <p>→ 8-9 passages de 15 à 60 minutes par an :</p> <p>Mûrier blanc</p> <p>Avr. Mai. Juin. Juil. Août. Sept. Oct. Nov. Dec.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un mode de gestion où la ressource est exploitée selon les besoin des éleveurs lors du creux fourrager estival, complémenté les rations journalières 	<p>Mirabel, Ardèche</p> <p>Ancienne parcelle sériculture Plantation XX^e siècle (> 25 ans) 1,5 ha 4 500 pieds → 3 300 p/ha (mortalités) 7,2 UGB - chèvres Alpines</p> <p>→ Passage de 12 à 15 jours par an :</p> <p>Mûrier blanc</p> <p>Avr. Mai. Juin. Juil. Août. Sept. Oct. Nov. Dec.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un mode de gestion qui valorise la ressource en une seule fois durant le creux fourrager estival, permettant de nourrir le cheptel pendant deux semaines

Crédits :
Fiche réalisée par AGROOF à l'issue d'une enquête sur les pratiques d'affouragement arboré dans le cadre du projet RAME
Sources bibliographiques :
NOVAK, S, BARRÉ, P, DELAGARDE, R, MAHIEU, S, NIDERKORN, V et EMILE, J-C. 2020. Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbruste et de lianes des milieux tempérés en été. [en ligne] 2020. [Consulté le 17 février 2022]. DOI 10.15494/1.5972219564090097612. Disponible à l'adresse : <https://www.inrae.fr/centres/houpe/le-essuie-pastilles>
CADUCAL, Marie. 2018. Analyser les performances de la culture de mûrier blanc et son potentiel d'intégration dans les élevages ovins [en ligne]. Projet de fin d'étude. Disponible à l'adresse : https://mi-agroforesteries.fr/wp-content/uploads/documents/2018_caducal_marie_agrosyl_ca09_rmtagroforesteries1.pdf



7.2 Protocoles échantillonnage Evaluation productivité

Ferme de Chetail et Marie – Pont de Montvert (48)

Aménagements : Frênes émondés



○ Frênes émondés d'âges divers

Année photographie aérienne ?

Données dendrométriques :
 - Hauteur arbre : ≈ 5-6 m
 - Hauteur tronc : ≈ 3-4 m
 - Largeur houppier : faible
 - Circonférence : < 1 m



Date photo : 6 mai 2022

▽ Coordonnées : 44.342355, 3.694529
 + Alt : 1065 m

Chèvres laitières
 Alpine et Saanen
 60 mères

Ferme de Christian Plagne – Pont de Montvert (48)

Aménagement : Frênes émondés



Alignements frênes émondés

Altitude : 1200 m
 Coordonnées : 44.398081, 3.702231

- Dernière coupe : 2021
 - H = 5-7 m
 - Circonférence : 50-70 cm
 - Espacement : 2-3 m



- Dernière coupe : 2020
 - H = 8-10 m
 - Circonférence : 70-100 cm
 - Espacement : 5-6 m




Coupe tous les 3-4 ans
 40 à 50 frênes au total

Ferme du Vieil Audon – Balazuc (09)

Aménagement 1 : Tables fourragères



 Table fourragère muriers blancs

Environ 220 arbres
Espacement : 1,5 x 2 m
Densité : ≈ 3 300 p/ha

Hauteur de trogne : 60-70 cm
Hauteur totale : 70 à 200 cm
Largeur houppier : 80 à 200 cm
Diamètre tronc : 10-20 cm

Altitude : 130 m
Coordonnées : 44.506266, 4.364018



Photo 30 juin 2022

Age : + de 40 ans ?
Au 30 juin 2022 : 5 passages de 15-20 min

Aménagement 2 : Mûriers têtards



 Alignements de mûriers têtards

Environ 25 arbres
Espacement : 4 m

Age : + de 40 ans ?
Dernière taille : 2021 ?

Hauteur de trogne : 3 m
Hauteur totale : 5 m
Largeur houppier : 2-3 m
Diamètre tronc : 30 - 50 cm

Altitude : 130 m
Coordonnées : 44.506266, 4.364018



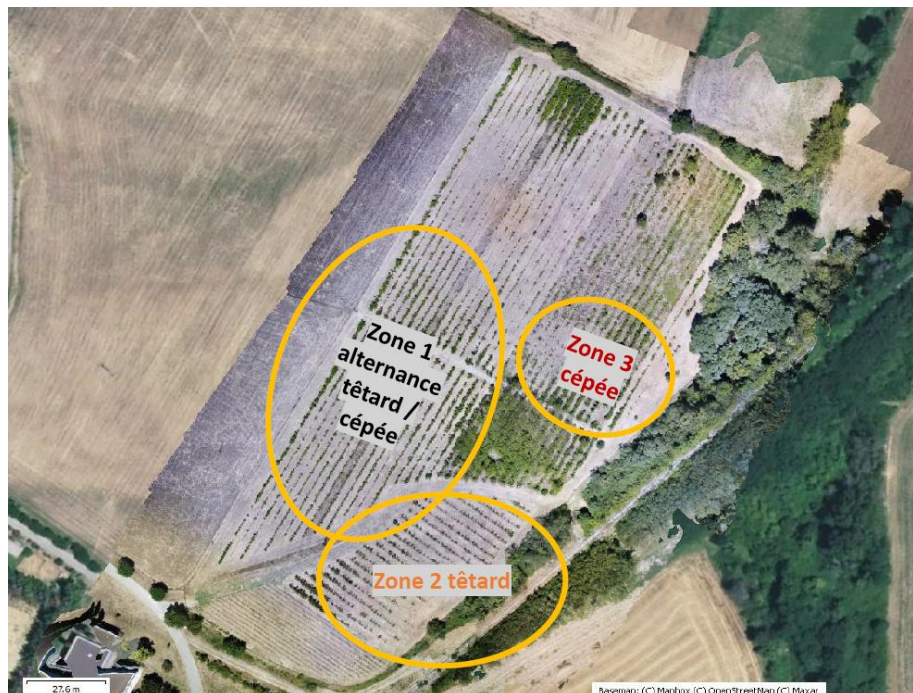
Photo 30 juin 2022

Site du Pradel

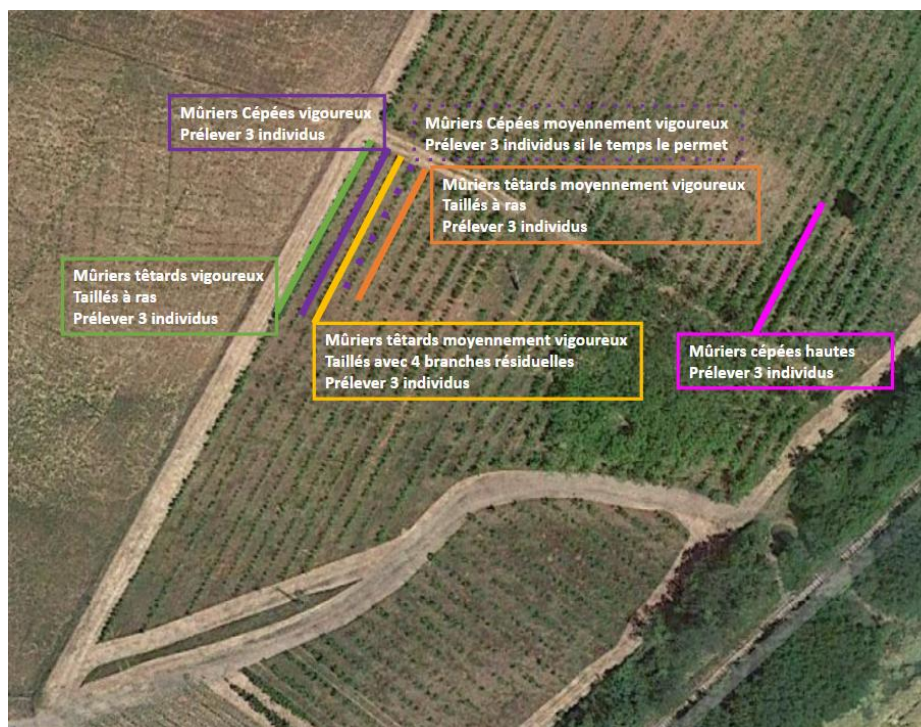
Objectifs : Évaluer la biomasse foliaire produite par les arbres en fonction de la manière dont ils ont été taillés. + Éventuellement comparer les niveaux de vigueur. Évaluer la biomasse ligneuse raméale produite.

Le site :

- Implantés en muriers d'un âge inconnu mais sûrement environ 15 – 20 ans.
- Différents modes de taille sont appliqués.



Zone d'échantillonnage :



La quantité de prélèvement va dépendre du temps disponible sur site :

Prélèvement de **trois individus** de chaque modalité ci-dessous :

- Mûriers têtards vigoureux taillés à ras (ligne verte) = TRV 1, 2 et 3
- Mûriers cépées vigoureux bas (ligne violette) = CB 1, 2 et 3

- Muriers têtards moyennement vigoureux taillés avec 4 branches résiduelles (ligne jaune) = TBM 1, 2 et 3
- Mûriers têtards moyennement vigoureux taillés à ras (ligne orange) = TRM 1, 2 et 3
- Mûriers cépées haute (ligne rose) = **CH** 1, 2 et 3

En bonus, prélever trois individus des modalités ci-dessous :

- Mûriers cépées moyennement/peu vigoureux (ligne pointillées violette) = CM 1, 2 et 3
- Mûriers têtards peu vigoureux taillés à ras (à prospecter sur le site) = **TRP** 1, 2 et 3

Les mesures réalisées :

AVANT coupe

1 - Réaliser mesures dendrométriques

- Hauteur totale (cm) – pour têtards et pour les cépées prendre la hauteur de la plus haute tige
- Hauteur du tronc (cm) – pour les têtards
- Circonférence au milieu du tronc (cm) – pour les têtards
- Diamètre du houppier en deux mesures perpendiculaires (cm) – pour cépées et têtards

2 – Couper à la cisaille

3 – Charger les branches dans les big bags du Pradel, avec un individu/sac et un papier notant son code.

APRÈS COUPE :

1 – Ramener les sacs à la chèvrerie, avec un individu/sac et un papier notant son code.

2 – Sac après sac, mesurer les branches sur les aspects suivants :

- Longueur de la branche (cm)
- Circonférence à la base (cm)
- Circonférence à 50 cm (cm)
- Poids frais de feuilles (g)
- Poids frais de bois (g)

3 - Prélever un sous échantillon de 500 g de MF de feuilles/individu, **le peser**, et les mettre dans un sachet kraft **codé**.

4 - Prélever un sous-échantillon de 500 g de bois MF/individu, le peser et le mettre dans sachet kraft **codé**. A faire que sur 3 individus TRV et 3 individus de CB ou CH.

5 – Passage à l'étude et pesée.

6 - Envoi laboratoire

7.3 Co-conception du projet de la métairie neuve (35)

Membres présents aux journées de conception

Nom	Prénom	Structure	Signature
JOUBREL	Élodie	Agrobo35	
DUGUÉ	Marie	Eaux & Végétaux LEVO	
ZAHAYE	Denis	Collectivité Eau du Bassin Rennais	
BARRAS	Hélégan	Apprenti	
MANDRILE	Gaëlle	GAEK de la Métairie Neuve	
Pégeault	Benjamin	GAEK La Métairie neuve	
SPER	Agathe	GAEK la Métairie Neuve	
LITHEC	Fabrice	A-AGROOF	
BERNEL	Yann	Le Champ de Lait	
BUREL	Charlote	Le Champ de Lait	
TOLLEC	Hugo	collectivité eau du Bassin Rennais	
ORI	DANIELE	A-AGROOF	
PEGEAULT	Stéphane	GAEK Métairie- Neuve	
Hodot	Dimitri	Agrobo35	