



HAL
open science

ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples

Jean Christophe Moreau, Camille Beral, Y. Hannachi, Séverin Lavoyer, S. Monier, Sandra Novak, Philippe van Lerberghe, J-C Moreau, Van Lerberghe

► To cite this version:

Jean Christophe Moreau, Camille Beral, Y. Hannachi, Séverin Lavoyer, S. Monier, et al.. ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples. *Innovations Agronomiques*, 2020, 79, pp.499-521. 10.15454/zrtp-av46 . hal-03210021

HAL Id: hal-03210021

<https://hal.inrae.fr/hal-03210021>

Submitted on 27 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples

Moreau J-C.¹, Béral C.², Hannachi Y.³, Lavoyer S.⁴, Monier S.⁵, Novak S.⁶, Van Lerberghe P.⁷

¹ Institut de l'Élevage, CS 52637, F-31321 Castanet-Tolosan

² AGROOF, 19 rue du Luxembourg, F-30140 Anduze

³ APCA, 9 avenue George V, F-75008 Paris

⁴ Association Française d'Agroforesterie, 44 Rue Victor Hugo, F-32000 Auch

⁵ Mission Haies Auvergne – UFHARA, Maison de la Forêt et du Bois ,10 Allées des Eaux et Forêts, Marmilhat, F-63370 Lempdes

⁶ INRAE, UE Ferlus, 150 route le Chêne, F-86600 Lusignan

⁷ CNPF - Institut pour le Développement Forestier, Maison de la Forêt, 7 Chemin de la Lacade, F-31320 Auzeville Tolosane.

Correspondance : jean-christophe.moreau@idele.fr ; jerome.pavie@idele.fr

Résumé

Le projet ARBELE « l'ARBre dans les exploitations d'ELÉvage herbivore : des fonctions et usages multiples » s'est intéressé à la place de l'arbre dans les exploitations d'élevage, et aux freins ou leviers déterminants pour son développement. Diverses utilisations actuelles ou possibles ont été étudiées. Le projet a ainsi contribué à mieux connaître la valeur alimentaire des feuilles d'arbres, et l'utilisation qu'on peut faire de plaquettes de bois en litière. La production d'herbe sous les arbres a été mesurée et, dans les situations considérées, est apparue comparable à celle de prairies sans arbres. Les conditions de réussite de plantations d'arbres sur prairies ont été examinées. Il apparaît qu'outre le bois et ses produits ou co-produits, l'arbre est principalement plébiscité par les éleveurs pour le bien-être qu'il apporte aux animaux, et apparaît comme une piste de travail à approfondir.

Mots-clés : Agroforesterie, Elevage herbivore, Valeur alimentaire, Litière, Plaquettes bocagères, Prairies, Haies, Plantations

Abstract: tree in livestock farms: functions and determinants for its development

ARBELE project focused on the place of trees in livestock farms and the brakes or levers that determine their development. Various current or possible uses have been studied. It has thus contributed to a better understanding of the nutritional value of tree leaves and the use of wood chips as bedding. Grass production under the trees was measured and appears comparable to that of treeless grasslands. The conditions for successful tree planting on grassland were examined. It appears that, in addition to wood and its products or co-products, the tree is valued above all for the well-being it brings to the animals. It is a mainline of work to be further explored.

Keywords: Agroforestry, Herbivorous livestock, Feeding value, Litter, Hedgerows wood chips, Grasslands, Hedges, Plantations

Introduction

Dans une exploitation d'élevage, des arbres pour quoi faire ? Pour l'alimentation ? Pour l'ombre ? Pour le paysage ? Pour le bois ? Quel bois ? Comment les positionner pour qu'ils gênent le moins possible ? Combien ça coûte ? Comment les entretenir ? Que produisent-ils ? Et l'herbe dessous ? Pourquoi des éleveurs gardent les arbres et d'autres pas ? Comment valoriser le bois ? Ce sont autant de questions qu'avant le projet CasDAR ARBELE, peu de personnes s'étaient posées. Entre 1999 et 2014, 23% des projets CasDAR en agroforesterie s'intéressaient au sylvo-pastoralisme, 15% aux élevages de volaille, mais aucun ne traitait de l'élevage herbivore, hors sylvo-pastoralisme.

Pourtant au début des années 1990, a été mis en place un vaste dispositif de parcelles expérimentales d'agroforesterie en prairie permanente (et non plus en parcours), sous l'impulsion du CEMAGREF de Clermont-Ferrand (aujourd'hui INRAE) ainsi que l'INRA (aujourd'hui INRAE) de Montpellier et le CRPF. L'objectif était avant tout de concilier bois d'œuvre et maintien de l'activité de l'élevage. Les chercheurs orientèrent essentiellement leurs actions sur la recherche d'essences forestières les plus adaptées à cet objectif et sur les phénomènes de compétition entre le couvert herbacé et l'arbre. Une part importante des travaux porta également sur l'épineuse question de la protection des jeunes arbres en présence d'animaux et sur la gestion de la taille dans ce contexte.

De son côté, l'Institut de l'Élevage s'était bien intéressé au sylvo-pastoralisme, mais pas au rôle de l'arbre planté, dans des systèmes conventionnels sans parcours. Pour réussir le pari de s'intéresser à la fois aux animaux, aux arbres, aux prairies qui poussent dessous ou à côté, aux hommes qui essayent de tirer un revenu de tout cela, aux organismes qui les aident et les forment et aux réglementations qui sont censées encourager l'agroforesterie, le projet ARBELE a réuni autour de l'Institut de l'Élevage des spécialistes de l'arbre en agroforesterie (IDF et CRPFs, AFAF, AGROOF) ou des haies (CRA Bretagne, Agrobio 35, Mission haies Auvergne Rhône Alpes), voire des prés vergers (AREFE), mais aussi des spécialistes des fourrages (INRAE, UE Ferlus), des zootechniciens (ferme expérimentale de Jalogny, EPLEFPA Charolles), des vulgarisateurs et spécialistes du développement agricole et de son organisation (APCA, CA 79, 35, et 71), la FNCUMA et également le CEZ Rambouillet (Bergerie Nationale) pour la formation.

La recherche de réponses aux différentes questions posées dans le paragraphe préliminaire de cette introduction a mobilisé à chaque fois des acteurs, des protocoles et des méthodes différentes. Ceux-ci sont présentés dans cet article au fil du traitement de quelques-unes des questions, en correspondance avec le programme du projet ARBELE articulé autour des 4 grands thèmes suivants :

- **La réglementation et les représentations de l'arbre, les freins et leviers pour son adoption, ainsi que les attentes des différents acteurs** dans le milieu de l'élevage. Nous évoquerons d'abord les résultats des enquêtes puis nous développerons deux points mis en avant par les éleveurs, à savoir le bien-être des animaux et le levier spécifique qu'est la mécanisation pour l'entretien et la valorisation des arbres.
- **L'évaluation des apports directs de l'arbre en tant que « ressource » dans une exploitation d'élevage**, qu'il s'agisse du bois transformé en plaquettes pour la litière, des feuilles (valeur fourragère) ou d'autres utilisations (comme la production de bois-bûches) qui nécessitent une méthode d'évaluation des biomasses disponibles. Seules les deux premières utilisations (plaquettes, feuilles) seront évoquées dans cette synthèse partielle.
- **L'impact des arbres sur la production d'herbe de prairies permanentes avec des arbres d'âge adulte**, en différentes régions de France sera présenté en milieu de synthèse.
- **L'évaluation des conditions de réussite de plantations sur prairies** pour la valorisation des arbres dans le contexte d'exploitations d'élevage sera présentée en dernière partie, complétée par un regard sur les possibilités de complémentarité entre élevage et arboriculture.

Transversalement à ces thèmes, des actions de transfert ont été menées en direction de l'enseignement agricole et des éleveurs : voir par exemple <https://arbele.projet-agroforesterie.net/>

1. Freins et leviers concernant l'adoption de l'arbre dans les exploitations d'élevage

1.1 Représentation et attentes : résultats des enquêtes

L'APCA et l'IDELE ont mené en 2015 une enquête auprès de 70 interlocuteurs dont plus de la moitié d'éleveurs pour savoir quels effets ils voyaient à la présence d'arbres et de haies sur leur exploitation. Ces enquêtes ont été réalisées dans 6 zones différenciées, bocagères, ou de polyculture élevage. (Mignot et Fages, 2016) (Tableau 1). Il s'agissait d'enquêtes qualitatives menées au moyen d'un guide d'entretien semi-directif (Eveillard et al., 2012) adapté aux différents publics enquêtés.

Tableau 1 : Localisation des publics enquêtés (APCA, IDELE, 2015)

Enquêtes préliminaires réalisées	Ile et Vilaine	Saône et Loire	Deux-Sèvres	Gers	Lot	Hautes Pyrénées et Pyrénées Atlantiques
Décideurs et techniciens	6	6	8	5	6	4
Eleveurs	6	6	7	5	5	6

Deux versions ont été utilisées dont l'une comportait, entre autres, un jeu original de cartes atouts/contraintes utilisé comme support de hiérarchisation des enjeux (Figure 1). Ce jeu a depuis été réutilisé dans d'autres projets.



Figure 1 : Le set de cartes « atouts et contraintes de l'arbre agricole » a été construit par Fages et Mignot à partir d'une synthèse de la littérature.

Il comporte 12 cartes atouts et 12 cartes contraintes chacune évoquant l'arbre autour d'un des trois piliers de la durabilité que sont les impacts environnementaux, l'intérêt économique et les aspects sociaux.

Depuis, des enquêtes sur le même modèle ont été réalisées dans le cadre du programme CLIMAGROF dans le Massif Central, et d'autres aussi en Ariège dans le cadre du projet AgroSyl 09, deux projets dont IDELE était aussi partenaire.

Les perceptions de l'arbre sur ces divers territoires sont différentes mais se rejoignent quant à son intérêt pour le bien-être animal : c'est l'intérêt cité en première position, y compris là où dominent les haies basses (Saône et Loire), reconnues alors plus pour leur intérêt en tant qu'outil de gestion des lots que pour l'abri qu'elles offrent aux animaux. Les atouts agronomiques de l'arbre intra ou péri parcellaire ne sont pas davantage contestés.

Assez unanimement aussi sont évoquées, et là plutôt en termes négatifs, les règles tatillonnes de la PAC, ou encore le coût de l'entretien (en travail et charges financières) des arbres et des haies, même si assez souvent ce coût peut être jugé suffisamment contrebalancé par les avantages liés à l'arbre.

Des différences existent entre zones, selon le poids que prennent d'autres aspects comme la valeur patrimoniale du paysage lié au bocage, les contraintes environnementales (restaurer la qualité des eaux, lutter contre l'érosion), l'engagement en Agriculture Biologique, ou l'existence de débouchés pour le bois. Par ailleurs, la pénibilité et la dangerosité du travail sur les haies hautes ont parfois été évoquées, ainsi que le manque de savoir-faire en matière d'entretien.

Des représentations de ce que doit être « une bonne haie » par rapport au regard des voisins peuvent exister et être parfois un obstacle vers la gestion de haies productives (Saône et Loire, avec ses haies basses taillées chaque année avec une épareuse), ou au contraire un moyen d'entraîner l'ensemble des agriculteurs vers une meilleure gestion (Deux-Sèvres, avec sa filière de valorisation locale des plaquettes de bois bocager). Comment se créent dans un territoire une image positive de l'arbre et une dynamique pour mettre en place une gestion durable de la ressource en arbres champêtres reste une vaste question, même si nous avons pu décrire des organisations et des partenariats entre OPA et organisations non agricoles qui le permettent.

Hors zones bocagères, là où il y a moins d'arbres et où il s'agit plutôt d'en ajouter, APCA et AFAF se sont penchés sur la réglementation et les dispositifs de soutien à l'agroforesterie (AFAF, 2015 ; Lavoyer et al., 2016) et ont identifié par enquêtes, la manière dont elle était comprise et mise en œuvre par les instances en charge de son application.

Des propositions ont vu le jour qui permettaient d'imaginer des scénarios plus propices au développement de plantations agroforestières (Colombet, 2016). Un scénario favorable serait un scénario (proche du D du Tableau 2) qui ferait plus de place au suivi technique des plantations et à leur entretien (une difficulté relevée aussi par les enquêtes auprès des éleveurs) et qui admettrait un pourcentage de perte en plantation, résultat de la sélection des « arbres d'avenir », entre autres.

Les conséquences de ces évolutions ont été chiffrées pour chacun des scénarios (Tableau 3). Aujourd'hui en 2020, il serait utile de reconsidérer ces scénarios et l'état actuel du développement de l'agroforesterie pour redéfinir certaines règles.

Tableau 2 : Caractéristiques des 4 scénarios prospectifs issus de la réflexion du groupe de travail ARBELE : les évolutions possibles de l'agroforesterie en France à l'horizon 2020 telles qu'elles pouvaient être décrites à partir de la situation de 2015.

	Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario D
Facteurs d'évolutions du 1er et 2nd pilier de la PAC en termes d'agroforesterie				
Evolution de la définition des SAF dans la PAC	Système Agroforestier (SAF) = plantation intraparcellaire aidée (mesure 222/8.2).		SAF = plantation intraparcellaire, aidée ou non.	SAF = systèmes divers, associant arbres et cultures.
Evolution des critères de densité des arbres forestiers	Changement des critères d'éligibilité à chaque campagne PAC, sans prise en compte de l'historique.		Changement des critères d'éligibilité mais prise en compte de l'historique + cohérence entre les 2 piliers de la PAC.	Admissibilité totale de l'AF et cohérence entre les 2 piliers de la PAC.
Evolution des critères de densité des arbres fruitiers	Pas de seuil de densité pour l'admissibilité.	Pas de seuil de densité pour l'admissibilité mais max 50% des plantations aidées.		Eligibilité 100% fruitiers pour les aides AF.
Evolution des dispositifs de protection des haies	BCAE 7 appliquée de manière rigide.		Souplesse des conditions dans le cas de l'élaboration d'un plan d'aménagement et de gestion de la haie.	Une conditionnalité basée sur des objectifs (obligation de résultats).
Evolution de la construction des dispositifs de subvention et de leur processus d'ouverture	Fermeture des mesures de soutien à l'agroforesterie.	Mesures construites sans concertation, dans l'urgence.	Concertations préalables avec les parties prenantes (RRAF ?)	
Evolution du contenu des dispositifs de subvention		Des mesures AF intraparcellaire et haies différentes. Des dispositifs peu connus et peu mobilisés.	Amélioration de la communication sur les mesures et les éléments fixes du paysage.	Mesure unique de soutien à l'agroforesterie (haies et intraparcellaire). Harmonisation minimale nationale. Expertise régionale (RRAF ?) pour la construction des PDR.
Evolution de l'accompagnement technique et de l'entretien dans les dispositifs de subvention		Prise en compte de l'accompagnement faible et qualité variable.	Prise en charge de l'accompagnement qualifié + entretien systématique.	Prise en charge de l'accompagnement qualifié + entretien systématique selon des grilles d'objectifs.
Evolution de la gestion dynamique des systèmes		Pas de principe de « perte autorisée » (sauf exception).	Définition de l'autorisation de perte basée sur un pourcentage.	Introduction de la notion d'arbre d'avenir et de gestion dynamique de la parcelle.

Tableau 3 : Conséquences chiffrées sur le développement de l'agroforesterie

Conséquences chiffrées sur le développement de l'agroforesterie					
	Situation en 2015	Scénario A	Scénario B	Scénario C	Scénario D
Nombre d'ha en agroforesterie intraparcellaire	2 920	3 800	5 550	7 120	9 640
Nombre d'ha en agroforesterie financés grâce à la mesure 222/8.2	1 200	1 200	2 600	3 750	5 920
Nombre d'ha en agroforesterie non financés par la mesure 222/8.2	1 720	2 600	2 950	3 370	3 720
Linéaire de haie (km)	810 000	800 000	800 000	850 000	950 000
Nombre de régions ayant ouvert la mesure 8.2 en 2020	12	0	12	16	18
Part des agriculteurs ayant accès aux aides publiques	Environ 50 %	0 %	Environ 50 %	Environ 70 %	Environ 80 %

1.2 L'arbre : un atout pour le bien-être animal

C'était une des conclusions des enquêtes réalisées auprès des éleveurs et déjà citée : l'amélioration du bien-être des animaux par la présence d'arbres apparaît comme un intérêt évident.

Dans des expérimentations menées par AGROOF et IDELE (Béral *et al.*, 2018), sur les parcelles impliquées dans des suivis de production fourragère (Tableau 4), les conditions de température et d'humidité relative ont été mesurées en continu pendant 2 ans à l'aide d'enregistreurs Voltcraft installés à 1m du sol, dans les parcelles agroforestières à différentes distances de l'arbre (1m et milieu d'inter-rang) ainsi que dans les parcelles témoin. Les résultats ont permis de mettre en évidence l'effet tampon des arbres sur les extrêmes climatiques à l'échelle d'une journée. Cet effet tampon est d'autant plus important en période caniculaire avec des différences entre parcelle agroforestière et parcelle témoin pouvant varier de 3°C à 6°C à la période la plus chaude de la journée (14h). Inversement, la nuit la modalité témoin se refroidit plus que les modalités agroforestières.

En périodes de fortes températures, les brebis par exemple choisissent clairement d'être sous les arbres quand elles en ont la possibilité, ainsi que cela a été démontré dans le cadre du projet PARASOL (Ginane *et al.*, 2018).

Sous réserve d'une bonne orientation par rapport aux vents dominants et d'une répartition homogène des arbres dans la parcelle, les systèmes agroforestiers ont bien un rôle dans la protection des animaux d'élevage (volailles, bovins, ovins...) en créant un microclimat plus favorable en période de haute température ou de sécheresse. En bovins lait, la mesure du THI (Température Humidity Index) indique que lors des étés chauds le stress des animaux est fortement réduit (de stress moyen à stress modéré) du fait de l'ombre sous les arbres qui permet de réduire les températures de 4 à 5 °C en moyenne sur un mois (Béral *et al.*, 2018). Cet effet de l'arbre sur le ressenti de l'animal, approché par le calcul du THI, est illustré Figure 2.

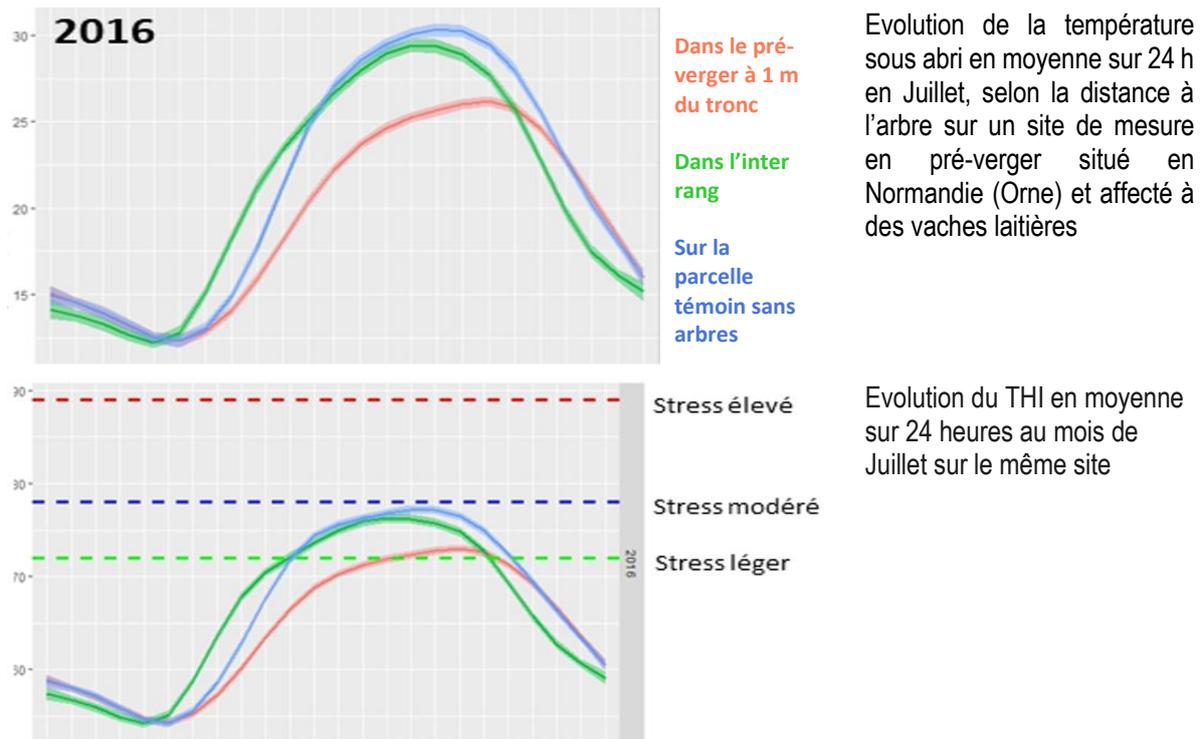


Figure 2 : Effets de l'arbre sur le ressenti de l'animal, approché par le calcul du THI

Les conséquences d'épisodes de trop fortes températures sur des vaches laitières sont diverses (Turlé 2017) : il s'agit de pertes de production de plusieurs litres par vache et par jour, en plus des pertes de taux de matière grasse et protéiques du lait, sans compter les problèmes de reproduction (échec de l'IA, avortements.)

Face à ce constat le potentiel des arbres pour la diminution des stress thermiques des animaux est fort. Des travaux complémentaires sont toutefois encore nécessaires pour l'objectiver. Il serait intéressant de mesurer les impacts zootechniques et d'évaluer les retombées d'un point de vue économique (en agroforesterie intraparcellaire et dans le bocage) : là se situe sans doute le principal intérêt de l'arbre en élevage, bien au-delà de l'intérêt qu'offrirait la vente du bois.

1.3 La mécanisation de l'entretien et de la valorisation des arbres : une nécessité

L'entretien des arbres est une étape incontournable à prévoir dès la plantation, avec l'objectif que la valorisation des produits de cet entretien compense, à terme, l'ensemble des coûts.

La coupe manuelle est dangereuse : 5% des décès répertoriés à la MSA sont liés à cette activité. La coupe intégralement mécanisée (sans tronçonneuse), plus pratique, plus rapide et moins pénible, se révèle plus coûteuse. Toutefois, lorsque les coûts sont ramenés à l'heure de travail, cette dernière devient aussi rentable qu'une coupe manuelle.

Idéalement, le matériel choisi permettra d'être efficace à la fois sur les travaux d'entretien et la valorisation du produit, en lien avec les contraintes de temps disponible et de moyens financiers de l'exploitation, respectueux de la ressource (il faut que les arbres repoussent dans de bonnes conditions), inscrit dans une filière et un territoire, pouvant être source d'emplois locaux.

Le coût du matériel restant relativement prohibitif pour de l'achat individuel, on observe principalement des investissements collectifs (CUMA, ETA...). Des résultats d'enquêtes auprès d'éleveurs du Massif Central (Brochet, 2016) montrent la place des collectifs dans l'organisation des chantiers de coupe et de valorisation des co-produits (Figure 3). Comme les enquêtes déjà évoquées et les travaux autour de la litière l'ont montré, il est clair que les CUMAs auront un rôle important et structurant à jouer pour le développement d'une filière de valorisation des bois issus de l'agroforesterie en zones d'élevage.

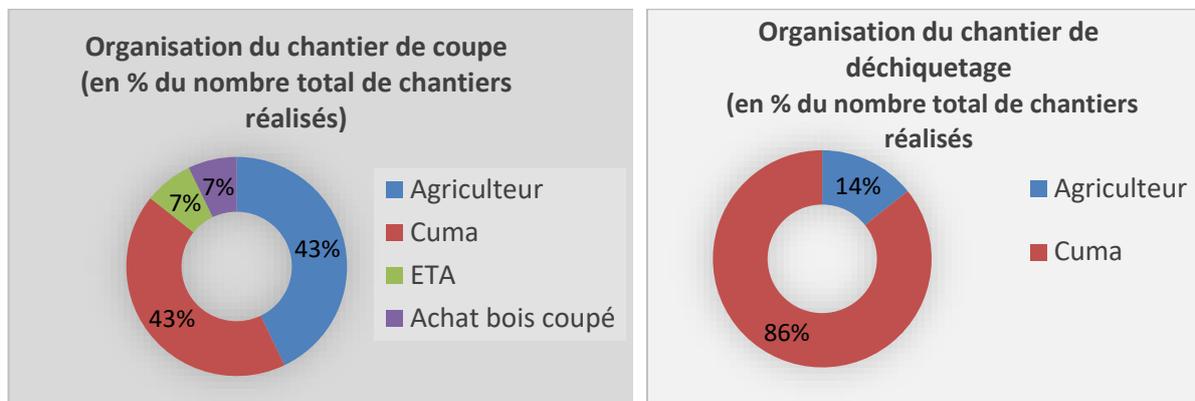


Figure 3 : Résultats d'enquêtes sur l'organisation des chantiers auprès d'éleveurs du Massif Central (Brochet, 2016)

Le projet ARBELE a permis de réunir les premières données existantes sur les coûts d'utilisation des divers matériels utilisables, mais il manque encore des références technico-économiques robustes. La mise en place au niveau des CUMAS d'une « fiche standard » de suivi de chantier et d'une base de données ont permis d'homogénéiser les suivis et de préciser les coûts structurels et les charges de fonctionnement en tenant compte de l'évolution des matériels de coupe et de broyage. Sachant que ce matériel évolue très vite, il faudra actualiser régulièrement les données.

Ces références contribueront, à terme, à déverrouiller le développement de filières durables.

2. Apports directs de l'arbre en tant que « ressource » dans une exploitation d'élevage

2.1 Utilisation des plaquettes agroforestières en litière

Là où il y a de l'élevage, il n'y a pas forcément de la paille : plusieurs départements d'élevage sont importateurs nets de paille. Alors que là où il y a de l'élevage herbivore, on retrouve systématiquement des arbres et du bois. Peut-on alors trouver un débouché local intéressant pour ces ressources ligneuses ?

Deux expérimentations en exploitation, ont permis de montrer que la substitution plaquette / paille est réalisable et permet de préserver le bien-être de l'animal, de même que les performances économiques (Figure 4), mais qu'elle demande à l'éleveur une autre organisation du travail (étalement tout au long de l'année).

Approche de l'intérêt économique

Un coût de production hors main d'œuvre assez variable

autoproduction *	autoproduction mécanisée **
5 à 8 €/ MAP	10 à 14 €/ MAP

* abattage: agriculteur + déchetage CUMA

** abattage: prestation CUMA ou ETA + déchetage CUMA

Prix de parité paille/plaquette sur la base :

4 m³ secs de bois décheté = 1 tonne de paille
1 tonne de bois décheté absorbe autant qu'une tonne de paille
→ 1 m³ de plaquettes absorbe 350 l d'urine

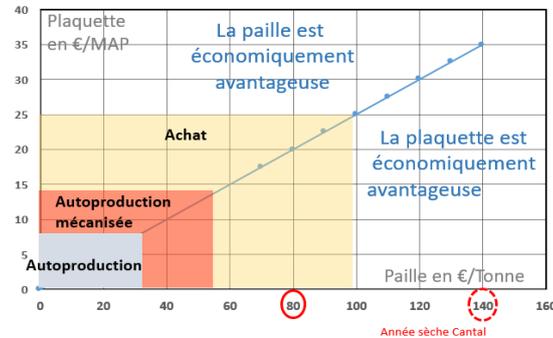


Figure 4 : Approche de l'intérêt économique d'une substitution paille / plaquette en élevage.

Le lycée de Montluçon et un groupe d'éleveurs ont essayé différentes modalités d'incorporation de ce paillage bois : bois seul, lasagnes de bois + paille. La modalité qui donne le plus satisfaction est constituée d'une couche primaire en bois de 8-15 cm et ensuite d'un paillage classique. L'expérimentation a permis d'observer, avec cette technique, une économie de paille suivant deux effets: le premier est celui de la substitution dans la mesure où le premier paillage est réalisé avec de la plaquette bois, et le second est celui de l'économie d'apports, les ajouts de paille successifs étant diminués du fait d'un certain « drainage » des jus assuré par la sous couche de plaquettes.

Ces résultats expérimentaux ont été confirmés dans les élevages conventionnels que nous avons enquêtés, en région Auvergne principalement. 13 témoignages avec une description des pratiques ont pu ainsi être publiés (Monier *et al.*, 2018). Ils révèlent que d'autres utilisations ont été mises au point par les éleveurs : antidérapant sur béton, amélioration de la praticabilité des accès vers les pâtures, protection des zones piétinées autour des points d'eau, ...

L'expérimentation sur le site de Jalogny (Ferme expérimentale de la CA de Saône et Loire dédiée à l'élevage bovin Charollais) a révélé que les températures étaient de 20°C inférieures à la surface d'une litière à base de plaquettes, par rapport à la litière avec paille. C'est sans doute positif, mais reste à étudier en termes de confort quand les températures extérieures sont froides. Il est apparu aussi qu'il est possible de réduire le travail d'astreinte grâce à ce type de matériau absorbant. Toujours sur ce site, une partie des expérimentations consistait à évaluer l'intérêt de l'utilisation de plaquettes sur Parc Stabilisé Hivernage (PSH) avec des génisses. Cette modalité de « logement » a pour principal intérêt de réduire le coût par rapport à un bâtiment. Il fallait cependant vérifier que les rejets en azote sous ce type d'installation restaient compatibles avec la réglementation sans nécessité d'installer une unité de traitement, forcément coûteuse. Cela a été mesuré grâce au dispositif de drains et de fosses en place. Il s'est avéré que l'azote récupéré sous PSH était de 0,043 kg N /m³ sous le PSH paille et 0,091 kg N /m³ sous le PSH avec plaquettes, donc davantage qu'avec de la paille, mais en restant en dessous des 0,5 kg N /m³ réglementaires, ce qui valide l'intérêt économique de cette installation (Cardon, 2017).

Quelques points de vigilance sont toutefois à signaler pour une utilisation optimale de la plaquette en litière :

- L'importance de la maîtrise de la qualité en calibre et humidité : Viser 25% d'humidité, contre 35-40% en moyenne pour les plaquettes achetées à des forestiers et destinées aux chaufferies,

- La capacité à évaluer la propreté des animaux : Dès qu'un substrat de plaquettes est saturé, il devient très vite salissant pour les animaux. Cela a aussi été observé sur les sites de Jalogny ou de Trévarez (Ménard, 2009). Les éleveurs qui pratiquent la litière plaquettes ont un repère visuel sur la robe des animaux qui leur permet de savoir quand ramener de la plaquette ou de la paille : dès que les flancs des cuisses commencent à se salir (classe B de la grille IDELE de propreté des bovins).

De prochains projets de R&D devront aborder l'intérêt des différents calibres (petits ou gros) de plaquette bois, l'utilisation des fumiers (peut-on se passer de compostage ?), la comparaison des différentes essences, ainsi que certains aspects sanitaires.

2.2 Valeur alimentaire des feuilles de ligneux pour les ruminants

L'arbre peut-il constituer une autre ressource fourragère aux côtés des prairies et des fourrages annuels ? Pourra-t-on imaginer un jour introduire une dimension verticale dans ces espaces, qui permette dans le même temps d'optimiser le rayonnement lumineux et d'aller chercher, plus en profondeur, les éléments nutritifs ? Quelle est la valeur nutritive des feuilles d'arbres ? Quels sont les facteurs de variation ?

L'Unité Ferlus d'INRAE a collecté plus de 500 échantillons de 52 essences d'arbres, d'arbustes et de lianes, à différentes saisons, afin d'évaluer la valeur nutritive des feuilles d'arbre. Après séchage à l'étuve et broyage, ont été analysées la valeur énergétique (fibres, digestibilité enzymatique, dégradabilité dans le rumen), la valeur azotée, les teneurs en minéraux et en tanins condensés (Novak *et al.*, 2020a).

Les résultats d'analyse montrent que les espèces ligneuses sont de qualité au moins similaire à celle de fourrages traditionnels (prairies, maïs, méteil ...) (Emile *et al.* 2017, 2018 ; Novak *et al.*, 2020a).

Parmi elles on trouve :

- Des espèces d'excellente valeur alimentaire (énergie et azote) : *mûrier blanc, frêne*,
- Des espèces de bonne valeur : *châtaignier, noyers, tilleul, aulnes, ormes* ainsi que des arbustes et des lianes,
- Des espèces de moindre valeur (*érables, noisetiers, merisiers...*), mais valorisables par des animaux à besoins modérés, ou dans une ration composite.

Plus précisément,

- Les feuilles de mûriers et de frênes ont une dégradabilité de la matière sèche (MS) et de l'azote très élevées dans le rumen et une cinétique de dégradation très rapide, et même supérieures à ce qu'elles sont pour les témoins herbacés, luzerne et ray Gras Anglais,
- Corrélativement, il est apparu des teneurs en tanins très faibles pour ces deux essences, et de même niveau que d'autres essences forestières ou arbustives,
- Toujours au sujet des tanins, des teneurs élevées ont été relevées pour la vigne et le robinier,
- Pour certaines espèces, à stade comparable, les teneurs en MS des feuilles d'arbres têtards ont été inférieures à celles d'arbres de haut jet, avec pour ces dernières des teneurs en matières azotées totales (MAT) inférieures,
- Quelle que soit l'espèce analysée et le mode d'exploitation de l'arbre, les teneurs en MS des feuilles augmentent du printemps vers l'automne, tandis que dans le même temps, le pourcentage de MAT diminue, ainsi que la digestibilité (Figure 5).

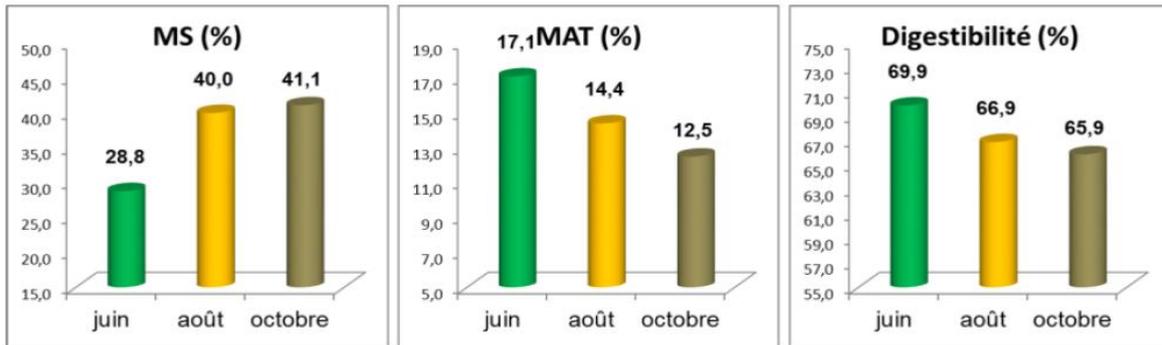


Figure 5 : Effets de la date de récolte (3 dates) sur MS, MAT et digestibilité de feuilles de ligneux (35 comparaisons en 2016 – 16 espèces – 258 échantillons).

La conclusion de cette étude exploratoire est que les ressources ligneuses peuvent entrer dans les rations animales. De manière tactique sans doute, en utilisant les arbres pour palier des manques lors de sécheresses de fin de printemps ; mais aussi de manière systémique en intégrant directement les ligneux dans la ration habituelle de certains lots d'animaux à préciser.

L'étude n'abordait pas l'appétibilité, l'ingestibilité, les effets zootechniques, les impacts sur la reproduction, la santé, ce qu'il serait indispensable de traiter dans des travaux ultérieurs.

De la même manière, les aspects quantitatifs (par exemple quelle biomasse disponible par arbre à chaque période ?) n'ont pas été abordés dans cette étude. Il est clair que l'intégration des aménagements agroforestiers à vocation fourragère dans les rations animales fait partie des enjeux principaux au développement de la pratique.

Ainsi, des travaux restent à conduire pour mieux connaître la place possible du feuillage d'arbres dans le rationnement : évaluation des quantités ingérables par animal, intérêt des composés secondaires comme les tanins, définition d'équations de prédiction de la biomasse feuillue...

Lorsque tout ceci sera mieux connu, il restera à proposer des modes d'exploitation de cette ressource : modalités d'accès et ou distribution, périodes les plus favorables, insertion dans un système alimentaire, niveau de prélèvement permis sans hypothéquer la survie de l'arbre, interventions mécaniques d'entretien, etc...

Le pâturage des feuilles d'arbres, qui semble être la voie la plus économe, est le mode d'exploitation étudié sur le dispositif agroforestier de l'UE Ferlus à Lusignan (Novak et al., 2020b), tandis que le projet AgroSyl 09 (mis en œuvre par la Chambre d'Agriculture de l'Ariège) expérimente des récoltes mécanisées pour faire des stocks.

Si la valeur nutritive des feuilles de certaines essences paraît convaincante, il reste donc beaucoup d'études à mener, qu'il faudra prendre soin de resituer dans un contexte de changement climatique. Les éleveurs sont en effet de plus en plus nombreux à vouloir sécuriser leur système fourrager face à l'augmentation de la fréquence des sécheresses estivales, et ils se posent beaucoup de questions sur la capacité des arbres fourragers à y contribuer.

3. Impact de l'arbre sur la production fourragère herbacée

Dans une dizaine d'exploitations d'élevages ovins ou bovins présentant à la fois des parcelles agroforestières de plus de 15 ans sur prairies permanentes et des témoins sans arbre (Tableau 4), quatre types de mesures ont été effectuées par AGROOF et IDELE en 2016 et répétées en 2017, en coordination avec le projet PARASOL financé par l'ADEME (Béral et al., 2018) :

- Des relevés floristiques, la composition botanique pouvant avoir une incidence sur la qualité de l'herbe offerte et sa disponibilité,
- Des mesures d'estimation de la productivité. Celles-ci ont été réalisées dans des quadrats disposés dans des zones de mise en défens (Figure 6.A) : 6 prélèvements sont réalisés à des distances bien précises des rangées d'arbres (parcelles agroforestières), et 5 dans les parcelles témoins, plusieurs fois dans l'année à des moments précis afin de capter la dynamique de végétation (Figure 6.B),
- Des mesures des conditions climatiques de production (température, hygrométrie), avec la mise en place de sondes automatiques dans des abris pour chaque site équipé, sous les arbres et dans les parcelles témoin sans arbre. Les conditions climatiques de production avaient aussi un intérêt pour objectiver les facteurs de bien-être offerts par les arbres aux animaux (voir § 1.2).
- Enfin, des photos hémisphériques ont été réalisées l'été de manière à apprécier, via un logiciel spécifique de traitement des images, le recouvrement de la canopée.

En 2017, des analyses de sol et des analyses de fourrages ont été réalisées sur certains sites, sur parcelles témoins et parcelles agroforestières, et pour celles-ci selon la distance à l'arbre.

Tableau 4 : Dispositif conjoint avec le projet PARASOL (10 sites avec prairies sous des arbres et prairies témoins sans arbre)

SITES	Climat	Alt. (m)	Surf. (ha)	Types arbres	Essences	Espace-ment (m)	Densité (arbres/ha)	Date de plantation	Prairie	Taille troupeau	Type troupeau
Ste MARGUERITE EN OUCHE (Eure)	Océan.	167	3	Fruitier	Pommiers haute tige	9 x 9	123	1985	PP Pâturée	50	OV
BRUNEMBERT (Pas de Calais)	Océan.	100	1,5	Forestier	Frênes Cormiers Poiriers Erables	12 x 8	104	1996	PP Pâturée	40	BL
MANTILLY (Orne)	Océan.	177	1,5	Forestier Fruitiers	Plantation mixte	12 x 10	83	1986 à 2006	PP Pâturée		Bovin
NIORT LA FONTAINE (Mayenne)	Océan.	127	1	Fruitier	Pommiers haute tige	12 x 6	139	2001	PP Pâturée		OV
LORE (Orne)	Océan.	117	1,0	Fruitier	Poiriers Pommiers	10 x 10	100	1992	PP Pâturée		BL
POMY (Aude)	Méd. et Océan.	472	3	Forestier	Merisier	10 x 10	100	1992	PP Pâturée	330	OV
					Feuillus mixtes	6 x 6	277				
LALOSSE (Aude)	Méd. et Océan.	279	1,5	Forestier	Noyers communs	11 x 12	76	2003	PP Pâturée	80	OL
LAMARTINE (INRAE - Puy de Dôme)	Mont.	768	3	Forestier	Merisiers	8 x 8	150	1989	PP Pâturée	350	OV
					Erables	8 x 12	60				
THEIX (INRAE- Puy de Dôme)	Mont.	967	1,5	Forestier	Frênes	14 x 7	102	1991	PP Pâturée		BL
BONNEFONT (Haute-Loire)	Cont.	479	2,2	Forestier	Noyers hybrides	16 x 6	83	1990	PP Pâturée	400	OV

Climat : Méd. = méditerranéen ; Océan. = océanique ; Mont. = montagnard ; Cont. = continental

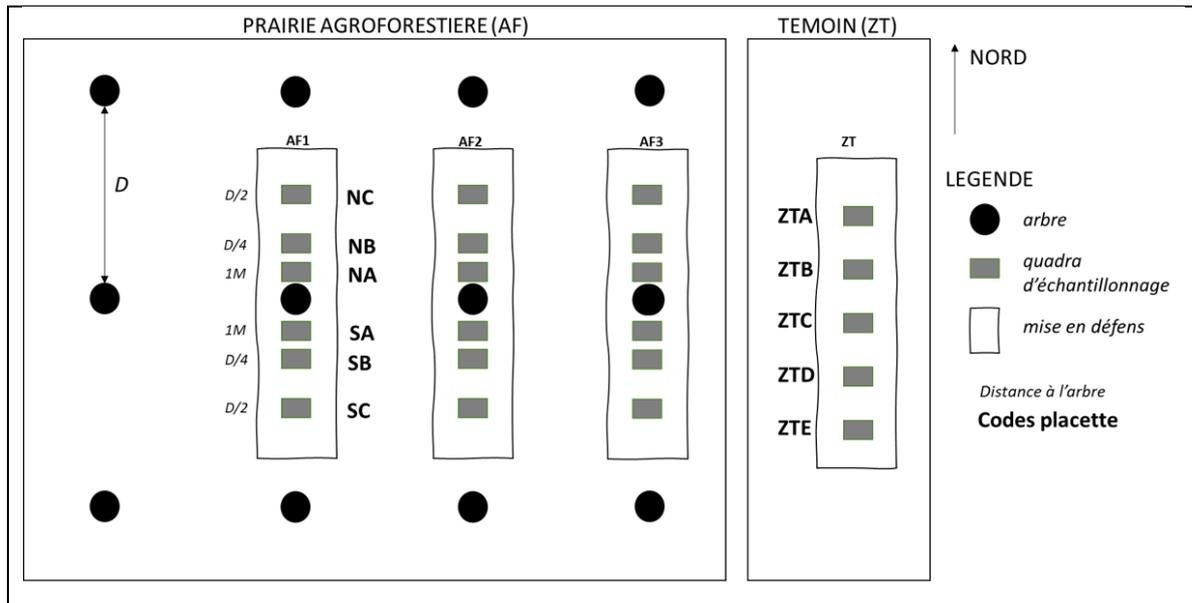


Figure 6 A : Protocole de mesures de biomasse et composition floristique (Béral et Moreau, 2020). Dans chaque zone de mise en défens en pré-verger, le dispositif de mesure comporte 3 répétitions et les mesures sont faites à 1 m du tronc (A), à un quart de la distance à l'arbre voisin (B), et à la moitié de cette distance (C). Au Nord de l'arbre (N) et au Sud (S). Les 6 mesures sont donc SC, SB, SA, NA, NB, NC. Les mesures SC et NC peuvent être regroupées et désignées en tant que « d/2 », SB et NB formant « d/4 », et SA et NA formant « 1 m ». Dans la parcelle témoin (TE), les mesures sont répétées en cinq points.

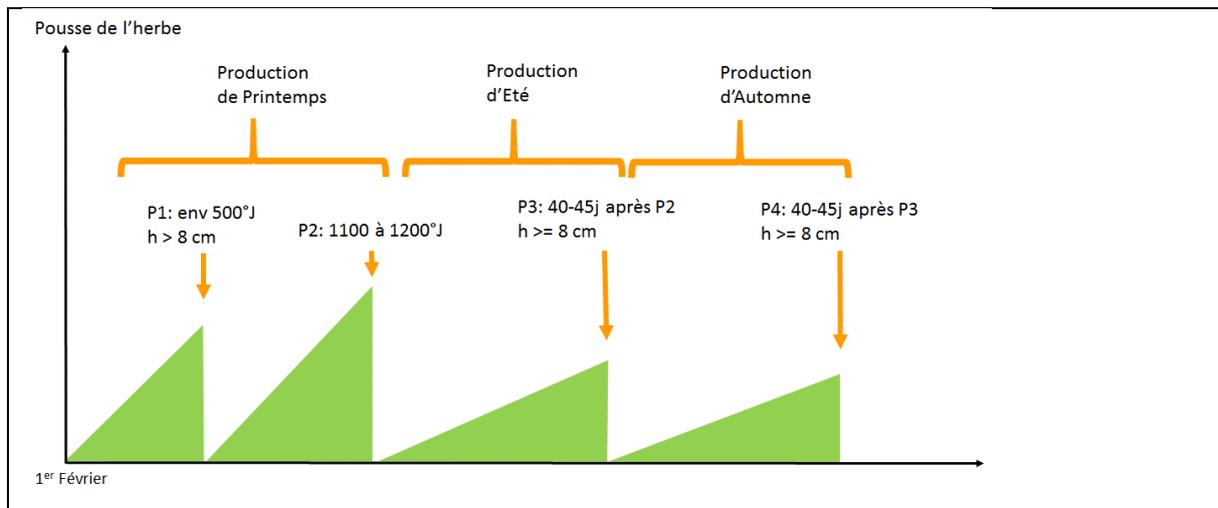


Figure 6 B : Echelonnage des mesures de production de biomasse.

5 dates de mesures étaient prévues dont 2 au printemps, de manière à suivre la dynamique de pousse de l'herbe. Ces dates déterminées par les sommes de températures ont été les mêmes pour les témoins et les parcelles agroforestières comme si les températures étaient similaires sur les deux parcelles, ce qui s'est avéré inexact. En été ou automne, certaines mesures ont pu ne pas être faites si la hauteur d'herbe n'était pas suffisante. In : *Éléments du protocole de mesures de biomasse et composition floristique* (Béral et Moreau, 2020).

Les sites étaient divers, et les climatologies de 2016 et 2017 sortaient de la moyenne, avec des étés plus chauds et secs que la normale: néanmoins quelques conclusions peuvent être dégagées :

- **Rendements prairiaux**

Pour les rendements prairiaux obtenus aux printemps des années 2016 et 2017 (P2, Figure 6.B), nous avons pu observer que globalement les zones les plus proches des arbres (1m) subissaient une

diminution de rendement en comparaison de zones plus éloignées ou du témoin sans arbre. Il est probable que cet impact soit dû à une combinaison de facteurs tels que la compétition racinaire et un ombrage trop important. A proximité des arbres, le pourcentage d'ouverture de la canopée était parfois très réduit, descendant dans la plupart des cas en dessous de 50%. Les seuls sites ne montrant pas de baisse de rendement (significative ou tendancielle) à proximité des arbres sont le site de Lalosse et de Sainte Marguerite en Ouche, pour lesquels l'ouverture de la canopée à 1m de l'arbre ne descendait pas en dessous de 50%. En cause principalement, l'architecture des arbres dont la densité de houppier était faible. Par ailleurs, sur les sites implantés avec des arbres forestiers, nous avons pu voir que l'ouverture de la canopée était réduite de manière plus graduelle avec la distance à l'arbre, contrairement aux sites implantés avec des fruitiers, pour lesquels la fermeture de la canopée s'opérait surtout à proximité des arbres. Cela pourrait expliquer les résultats obtenus sur les rendements prairiaux. En pré-verger, la diminution du rendement porte principalement sur les surfaces à 1m des arbres, alors qu'en agroforesterie avec des arbres forestiers, même si un gradient de distance à l'arbre se dégage, c'est l'ensemble des distances agroforestières qui semblent impactées par l'arbre en comparaison du témoin. Au-delà de l'effet de la densité ou de la distance à l'arbre, l'intervention sur le houppier des arbres apparaît donc comme un levier potentiel, susceptible de limiter la compétition lumineuse entre les arbres et les herbacées.

A l'échelle de la parcelle, la surface à proximité immédiate de l'arbre (entre le tronc et $(1m+d/4)/2$) représente très peu au regard de la surface totale de la parcelle (2 à 7 %). En élargissant le périmètre, la surface entre $(1m+d/4)/2$ et $(d/4+d/2)/2$ aussi, bien que supérieure. Un modèle paramétrable avec les caractéristiques de la parcelle agroforestière a donc été conçu pour extrapoler à l'échelle de la parcelle les rendements mesurés à 1m, à $d/2$ et à $d/4$ (voir protocole). L'application de ce modèle permet de conclure que dans la majorité des cas, la baisse de rendement à la coupe P2 (plein printemps) observée à proximité de l'arbre n'entraîne pas de baisse importante du rendement parcellaire. Au printemps, les parcelles agroforestières offrent des rendements prairiaux globaux similaires au témoin, la seule différence est donc dans l'hétérogénéité spatiale des rendements.

La productivité parcellaire n'est impactée que dans les cas où l'ouverture de la canopée est largement inférieure à 50%.

En été (P3), et pour les deux années marquées d'une sécheresse, la production prairiale est apparue soit non impactée par la présence des arbres, soit impactée négativement. Ces résultats semblent donc infirmer l'hypothèse selon laquelle la production prairiale estivale agroforestière serait supérieure à celle des prairies ouvertes. Ce résultat est toutefois à prendre avec précaution, dans la mesure où il est possible que le protocole de prélèvement (mêmes dates de coupe sous les arbres et sur le témoin sans arbre) ait infligé une pression trop importante aux prairies étudiées limitant fortement la repousse estivale, surtout dans les conditions de sécheresse rencontrées.

Tout l'enjeu à l'avenir est d'adapter la conduite de ces prairies agroforestières avec des interventions plus ou moins tardives, de manière à valoriser au maximum le décalage phénologique observé et favoriser une production estivale potentiellement de meilleure qualité.

- **Composition botanique des prairies**

Dans la plupart des sites, le pourcentage moyen de légumineuses diminue à proximité des arbres (1m). Parmi les espèces dominantes, *Lolium perenne* est davantage présent sous l'arbre que dans l'inter-rang et c'est le contraire pour *Trifolium repens*. *Lolium perenne* se retrouve dans les environnements doux avec de faibles amplitudes thermiques, environnement facilité par la présence rapprochée de l'arbre (1m), tandis que *Trifolium repens* affectionne la luminosité et la chaleur que lui confère l'absence de compétition dans l'inter-rang des arbres.

En 2016 (pas de répétition de l'observation en 2017), il a été mis en évidence sur les sites de Normandie, des Hauts de France et de Bonnefont un décalage phénologique selon la distance à l'arbre, et plus au Nord qu'au Sud de l'arbre.

- **Impacts sur la valeur alimentaire**

Sur le site de Mantilly, c'est près de l'arbre que les valeurs alimentaires sont les plus basses (de l'ordre de -0,06 UFL par rapport au témoin ou à l'inter-rang, mais avec des teneurs en MAT comparables ou supérieures. Sur ce dernier point, la phénologie plus tardive compense en partie la baisse du pourcentage de légumineuses dans la composition floristique.

Les analyses issues des sites de Bonnefont et de Lalosse ne permettent pas de conclure.

- **Microclimat et bien-être animal**

Les relevés des sondes de température et hygrométrie installées sous les arbres, dans l'inter-rang et sur la parcelle témoin ont montré que la présence des arbres tamponne l'amplitude des températures. Sous les arbres la température est en moyenne de 2 à 3° inférieure à celle de la parcelle témoin, cette différence peut monter à -6°C lors d'épisodes caniculaires comme en Juillet 2017. Corrélativement, l'hygrométrie sous les arbres est légèrement supérieure.

La présence des arbres explique donc le décalage phénologique (lié aux sommes de températures). Surtout, elle est un élément de bien-être pour les animaux, ainsi que les éleveurs l'avaient souligné au travers des enquêtes préalables. En se couchant sur l'herbe sous les arbres, vaches et brebis font passer au second plan l'intérêt qu'il y a à savoir si cette zone restreinte en surface est productive et (ou) de bonne qualité alimentaire.

En conclusion et par ordre décroissant d'intérêt :

- L'arbre est facteur de bien-être pour les animaux,
- Les rendements des prairies sous les arbres sont voisins de ceux des parcelles témoins avec plus d'hétérogénéité spatiale, avec une production de bois ou de fruits en plus, et souvent sans intrants,
- Plus on est proche du tronc, moins il y a de production, moins il y a de légumineuses, mais les stades phénologiques sont retardés, ce qui peut avoir un intérêt spécifique (souplesse d'utilisation).

Tous ces résultats sont consignés dans une synthèse, site par site. (voir <http://idele.fr/presse/publication/idelesolr/recommends/impacts-de-lagroforesterie-sur-la-prairie.html>).

Par ailleurs, ils ont fait l'objet d'un article pour la revue fourrage (Béral et Moreau, 2020) et sont également disponibles dans le rapport du projet PARASOL (PARASOL, 2018).

4. Evaluation des conditions de réussite de plantations sur prairies

4.1 Enseignements du réseau expérimental sur l'agroforesterie en zone d'élevage

En 1990, l'INRA de Montpellier et le CEMAGREF de Clermont-Ferrand mettaient en place le premier réseau expérimental sur l'agroforesterie en zone d'élevage (Occitanie, Auvergne-Rhône-Alpes puis Hauts de France). Sur près de 60 parcelles, 9100 arbres furent plantés, tous ont été évalués.

L'étude de ces plantations comportait 4 phases successives :

- Référencer un panel représentatif de peuplements ligneux anciens sur pâtures par récolte d'informations contenues dans les dossiers d'implantation des parcelles : inventaire et analyse des pratiques de plantation, de protection et d'entretien des arbres ;
- Identifier les critères contribuant à la réussite ou à l'échec de ces peuplements agroforestiers ;
- Apprécier les taux de survie des arbres et leur état quantitatif et qualitatif ;
- Apprécier leur avenir sylvicole et estimer la rentabilité de la production ligneuse.

Ceci a nécessité la collecte d'informations sur site (Figure 7), (Baldenweck, 2016 ; Colin, 2016) :

- Sur les arbres eux-mêmes : évaluation de leur état et de leur potentiel (dendrométrie), avec l'appui des CRPFs ;
- Par enquête auprès des agriculteurs propriétaires - gestionnaires des peuplements étudiés pour ce qui concerne la gestion des arbres, les pratiques agricoles, et les aspects économiques.

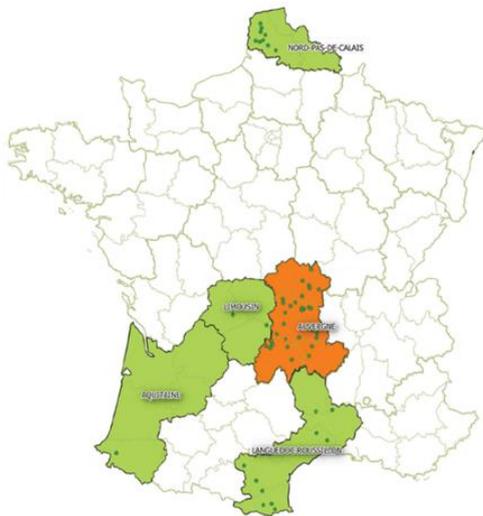


Figure 7 : Implantation des 55 sites agroforestiers repérés.

Les taux de survie et les mesures dendrométriques de tous les arbres, réalisées en 2016, ont été respectivement calculés et réalisés par les stagiaires avec l'appui de Grégory Sajdak de l'IDF à Toulouse grâce à un long, patient et coûteux travail de terrain.

A l'échelle nationale, il est apparu une grande hétérogénéité des plantations étudiées, du fait :

- De l'étendue de la durée prise en compte (20 à 30 ans) ;
- Des différentes techniques de sélection des sites expérimentaux ;
- De l'appui technique et financier dont ils avaient pu bénéficier ;
- Du statut des sites (privés ou publics) ;
- De protocoles expérimentaux divers ;
- De suivis expérimentaux très variables.

Sur les 9100 arbres plantés dans les années 1990, seuls les 4570 restants ont été mesurés en 2016-2017, ce qui donne un taux de survie de 50% environ, en comptant les regarnis (arbres morts qui ont été remplacés les premières années). Le vrai taux de survie, en ne comptant que les arbres originels, est de 30% seulement au bout de 25-30 ans. Il ne reste donc que 1600 arbres d'origine.

Sur ces 1600 arbres, les observations montrent que seulement 13 % semblent pouvoir donner du bois d'œuvre de qualité, soit 3,8 % de ce qui a été initialement planté : Les autres arbres présentent une gradation d'altérations (Figure 8) :

- 14,3% comportent des blessures compromettantes pour une utilisation en bois d'œuvre (blessure d'animal, blessure par les protections, machines...) ;
- 7,6% ont des fourches ou trop de gourmands qui traduisent un manque de suivi irrattrapable (absence de taille de formation et d'élagage) ;
- 25% ont des défauts d'élagage importants (élagage tardif, nœuds noirs...) ;
- 8% sont courbes ;
- 31% n'ont pas de défauts, mais sont flexueux et devront faire l'objet d'une purge importante lors de l'exploitation.

1600 arbres d'origine restants dont:

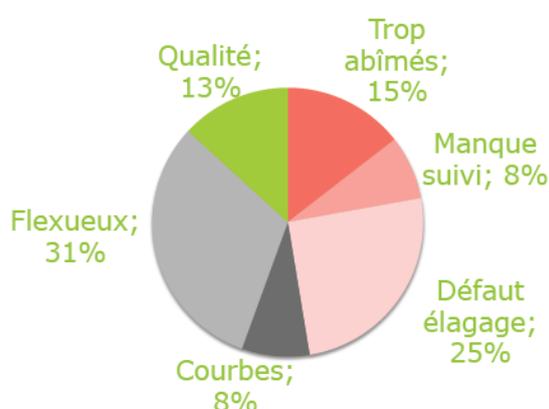


Figure 8 : Evaluation des arbres du réseau expérimental INRA-CEMAGREF (Analyse 2016 basée sur un échantillon de 55 placettes)

Malgré ce faible taux global de réussite, l'analyse statistique des facteurs influençant la réussite des plantations permet de relever quelles variables explicatives techniques, stationnelles ou sociales qui affectent le plus le rendement des plantations : productivité du peuplement et qualité des billes de pied.

Il est apparu que le bilan hydrique climatique (précipitation – évapotranspiration) est le facteur stationnel qui influence le plus le peuplement. Il détermine la croissance d'un peuplement ligneux et peut donc jouer sur la taille et la qualité des billes obtenues. La hauteur totale d'un peuplement dépend de l'essence concernée mais aussi de la pluviométrie.

L'élevage associé et le dispositif de protection mis en place déterminent la qualité de la future bille de pied, car un bovin n'a pas le même impact sur l'arbre qu'un ovin (frottement, écorçage). Enfin, la motivation du planteur détermine la qualité et le taux de survie du peuplement par le nombre de ses interventions correctives : un exploitant agricole impliqué observe davantage ses arbres et réagit à temps pour corriger un défaut ou remplacer un arbre mort.

En résumé, l'analyse des conditions de réussite et d'échec (Figure 9) montre que si la production de bois d'œuvre agroforestier est possible, elle nécessite pour cela une parfaite adéquation des essences d'arbres à la station, des désherbages réguliers (au moins durant 3 ans après plantation par paillage), une protection adéquate, individuelle (manchons plastiques, clôture métallique individuelle) ou globale (engrillagement, clôture électrique), des arbres contre les dégâts des animaux sauvages et domestiques, un accompagnement technique régulier des agriculteurs (formation et conseil de suivi des arbres sur au moins 10 ans), un subventionnement adapté qui puisse couvrir la période de formation des arbres (10 ans minimum) et une réglementation qui admette une augmentation de la densité de plantation subventionnée (> 100 arbres/ha).

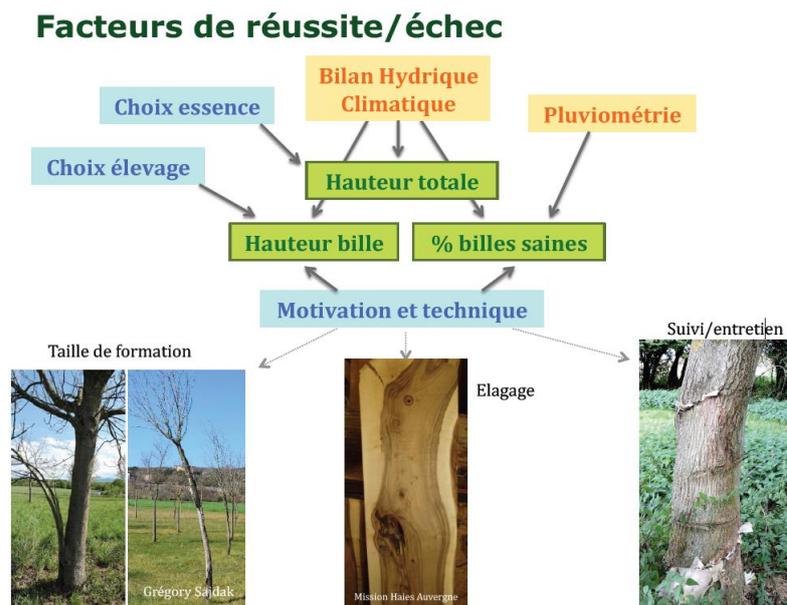


Figure 9 : Facteurs de réussite et/ou d'échec d'une production d'arbre agroforestier en exploitation d'élevage.

L'étude (Van Lerberghe, 2018) avait aussi pour objectif de proposer une méthode pour modéliser la hauteur que pourrait atteindre ces peuplements agroforestiers à 60 ans (âge supposé de récolte) afin d'estimer la production de bois d'œuvre attendue à maturité et de hiérarchiser les productivités. Des modèles existent pour les peuplements sylvicoles, mais pas pour les peuplements agroforestiers.

Le travail de modélisation a été réalisé sur les sites ayant un avenir pour la production de bois d'œuvre. Seules 5 essences présentant des conditions d'expérimentation comparables ont été retenues, de sorte que les différences de productivité ne puissent plus s'expliquer que par l'adaptation de l'essence au milieu :

- Le merisier est une essence sensible aux coups de soleil ; la dépose des manchons grillagés de protection s'avère indispensable, pour éviter des blessures irréversibles du cambium, dès que le grillage plastique est en contact étroit avec l'écorce de l'arbre.
- Le frêne a une croissance rapide, mais souvent un port flexueux, lorsque les opérations annuelles de tailles de formation et d'élagage sont irrégulières ou absentes; des cas de chalarose apparaissent sur l'ensemble du réseau.
- L'érable sycomore s'est bien développé, là où le bilan hydrique est favorable (Hauts-de-France et moyenne montagne auvergnate). Sa croissance est lente, mais elle dépasse celle du noyer à 60 ans s'il est sur sa station.
- Les noyers (noirs ou hybrides) poussent bien sur sol drainé et apprécient la luminosité permise par la faible densité de plantation agroforestière. Les noyers noirs sont de très bonne qualité avec des fûts droits et propres et une croissance lente et régulière.

De manière générale, plus la densité de plantation est élevée, plus la hauteur des arbres l'est aussi, en réponse à la concurrence pour la lumière.

Les modélisations de la production en bois d'œuvre à 60 ans de ces feuillus précieux a mis en évidence les potentialités élevées de ces essences à produire des volumes importants de bois de grande qualité en milieu pâturé (Colin, 2016). Le faible pourcentage d'arbres (3,8 %) du réseau expérimental INRA-CEMAGREF ayant cette potentialité à mi-révolution nous fait prendre conscience de l'impérative nécessité d'une gestion soutenue des jeunes plantations agroforestières durant les 10 à 15 premières

Pour quelles raisons cette complémentarité animal-végétal ne s'observe t-elle pas plus souvent dans les zones où a sévi la spécialisation des productions et des métiers d'agriculteurs ?

Il y a plusieurs arguments, mais en Lorraine, une des raisons est qu'aucun groupe d'échange à propos de la pratique de pré-verger n'existe à ce jour, que ce soit par l'intermédiaire des chambres d'agriculture, des coopératives ou des organisations de producteurs. Des accords gagnants/gagnants entre agriculteurs et éleveurs pourraient être conclus si les uns et les autres pouvaient disposer des informations tant sur les points de vigilance que sur les avantages de la technique. Ceci est probablement vrai aussi dans d'autres régions que la Lorraine (Voir les résultats à venir du projet Casdar Brebis-Link).

Discussion et perspectives

Même s'il ne répond pas pleinement à l'ensemble des questionnements que peut poser l'agroforesterie en système d'élevage herbivores, le projet ARBELE a le mérite d'avoir posé des jalons, repéré des blocages mais aussi des points d'appui, démarré l'acquisition de connaissances sur certains aspects, et proposé des méthodes ou des modes d'emploi sur d'autres.

Il a aussi permis de consolider des collaborations entre des ingénieurs de tous horizons: zootechniciens, agronomes, forestiers, agroforestiers ...

Il reste encore fort à faire, tant en recherche qu'en communication, pour davantage introduire l'arbre dans les réflexions autour de la conception et la gestion de systèmes d'élevage résilients face au changement climatique et aux enjeux économiques

Nous en retirons quelques acquis et, en rapport, quelques perspectives ou prolongements qui seraient souhaitables pour son développement :

L'argument pro-agroforesterie du bien-être animal est solide et correspond à la demande sociétale, il mérite des travaux complémentaires pour l'objectiver, notamment dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. Il y a notamment des incidences positives sur la production des animaux qui doivent et peuvent être mesurées et évaluées en termes économiques. Cela concerne l'agroforesterie intraparcellaire et aussi le bocage. Des connaissances restent à acquérir sur :

- La **qualification du microclimat créé par les arbres ou la haie**, pas seulement sur le plein été,
- Les **conséquences zootechniques** : incidence d'épisodes caniculaires non atténués par la présence de l'arbre sur les performances des animaux (ingestion, croissance, pertes de production laitière, chute des taux butyreux et protéiques, etc...)

Lors du séminaire de fin de projet, il s'est fait jour un **grand intérêt de l'auditoire pour l'arbre en tant que ressource alimentaire**. La valeur alimentaire des feuilles de certaines essences **paraît convaincante** (voir § 2.2) il reste de nombreuses pistes à explorer pour cadrer le mode d'exploitation de cette ressource.

- Préciser les quantités de feuilles récoltables selon la saison et l'essence, dans le cadre d'une gestion durable préservant la ressource.
- Si le pâturage semble le moyen le plus économique, la verticalité de la ressource suppose certaines adaptations, sans compter qu'il y a peut-être aussi un intérêt à ne pas écarter complètement la récolte mécanique, ou assistée mécaniquement.
- Certes certains feuillages ont une bonne valeur alimentaire, mais jusqu'où peut-on aller en termes d'ingestion et avec quelles conséquences, à quels autres fourrages peut-on les associer ?

- Les feuillages ont-ils aussi des vertus thérapeutiques, ou au contraire, des effets toxiques (au-delà de la simple valeur en MAT et UF) ?
- Comment conduit-on un système associant ressources fourragères et ressources alimentaires provenant des arbres ?
- Que vaudrait une haie fourragère consommable en direct par les animaux, lorsqu'on ne veut pas replanter un alignement d'arbres fourragers idéaux ?

Nous avons pu montrer que **sous certaines conditions, la plaquette agroforestière est une alternative crédible à l'utilisation de paille**, tant au plan économique que par rapport au confort des animaux. Qui plus est, cette pratique offre un débouché autorisant une meilleure gestion de la haie.

- Il reste des aspects à éclairer, comme le devenir du compost de litière à base de plaquettes dans les sols.

Le dispositif mis en place avec le projet PARASOL (10 sites avec prairies sous des arbres et prairies témoins sans arbre) a permis d'établir, même si ce n'est que sur deux années un peu particulières, que **la productivité d'une prairie sous couvert est comparable à celle d'une prairie sans arbre, avec des flores un peu différentes selon la distance à l'arbre, et une hétérogénéité de productivité selon la distance à l'arbre, mais a priori sans conséquences significatives sur la valeur alimentaire**.

Ceci est tout à fait rassurant, et à cet aspect positif, il faut rajouter l'intérêt de l'arbre par rapport aux températures ressenties (cf. plus haut).

Dans l'un des volets du projet PARASOL, il a été aussi montré que la densité des arbres a un impact sur la production de la prairie, en lien avec le développement de la canopée et donc l'interception du rayonnement solaire par cette dernière. Ceci laisse à penser qu'il y a probablement aussi un impact pour des arbres de même âge, selon la forme (taille) qui a été donnée aux arbres. Certaines de ces tailles (têtards) ont l'intérêt de fournir des produits utilisables (bois-bûche) avec un cycle de production relativement court : c'est une voie à ne pas négliger, des travaux complémentaires seraient intéressants pour préciser jusqu'à quelle densité on peut conduire en têtards des arbres intraparcéaires, sans dommages pour la productivité de la prairie, sur un cycle de production. Cette idée justifie par ailleurs les travaux de modélisation de la biomasse de bois utilisables sur des trognes, et son approche par des mesures simples et un modèle. Des travaux dans ce sens ont été **menés par l'Institut pour le Développement Forestier sur le site de Mont (65)** dans le cadre du projet ARBELE, mais nous avons fait le choix de ne pas les relater dans cet article. Pour plus d'information consulter Ritter et al., 2019.

La valorisation du dispositif de l'INRA de Montpellier et du CEMAGREF de Clermont-Ferrand (les 9100 arbres) a montré que si la production de bois d'œuvre est possible, **elle nécessite un fort accompagnement technique (formation et conseil)** et économique (subventionnement des opérations de taille de formation et d'élagage durant au moins 10 ans) et une réglementation qui admette une augmentation de la densité de plantation subventionnée. Ces conclusions seront à **intégrer dans les politiques d'appui aux plantations agroforestières**.

Références bibliographiques

- AFAF, 2015. Arbres, haies et bandes végétalisées dans la PAC 2015, fiche réglementaire France, 15p.
- Baldenweck A., 2016. Croissance de peuplements de feuillus précieux à large espacement : étude de cas en plantation agroforestière à mi-parcours, mémoire d'ingénieur Bordeaux Sciences Agro.

- Béral C., Andueza D., Ginane C., Bernard M., Liagre F., Girardin N., Emile J.-C., Novak S., Grandgirard D., Deiss V., Bizeray D., Moreau J.-C., Pottier E., Thiery M., Rocher A., 2018. Agroforesterie en système d'élevage ovin : étude de son potentiel dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. 158 p.
- Béral C., Moreau J.-C., 2020. La présence d'arbres intraparcellaires affecte-t-elle la productivité des prairies permanentes en climat tempéré, Fourrages 242, 9-18
- Brochet A., 2016. Mécanisation et valorisation durable des haies en bois énergie. Mémoire d'ingénieur ISARA, 95 p
- Cardon A., 2017. L'utilisation de plaquettes de bois en litière dans les élevages herbivores du Massif central, rapport d'étude, 85 p.
- Colin J., 2016. Estimation de la rentabilité du bois d'œuvre de peuplements agroforestiers sur des prairies pâturées : proposition de méthodologie et étude de cas en région Auvergne. Mémoire d'ingénieur Bordeaux Sciences Agro.
- Colombet M., 2016. Etude des dispositifs de soutien et du cadre réglementaire en agroforesterie : freins et leviers au développement de ces systèmes : scénarios prospectifs de développement de l'agroforesterie en 2020. Mémoire ingénieur ENSAT, 78 p
- Emile J.-C., Barre P., Delagarde R., Niderkorn V., Novak S., 2017. Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers ? Fourrages 230, 155-16
- Emile J.-C., Novak S., Mahieu S., 2018. Valeur alimentaire des feuilles de ligneux pour les ruminants, synthèse pour séminaire de fin du projet ARBELE, Rambouillet, 4 p.
- Eveillard F.K., Frappat B., Couzy C., Dockès A.-C., 2012. Les enquêtes qualitatives en agriculture. Collection Méthodes et outils de l'Institut de l'élevage.
- Ginane C., Deiss V., Bernard M., Payen C., Béral C., Bizeray-Filoché D., 2018. Pâturage sur prairies agroforestières : quels impacts des arbres sur le comportement, le bien-être et les performances des ovins ? Résumé d'une communication orale pour la 24ème édition des 3R (Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants). 05-06/12/2018. Paris.
- Hoffmann Q., 2018. Arbre et Elevage: la pratique du pré-verger en Lorraine, compte-rendu d'étude, 40p.
- Lavoyer S., Balaguer F., Hannachi Y., 2016. Mettre en place une plantation agroforestière: contexte réglementaire et subventions, Forêt-entreprise N° 229, 46-51
- Ménard J.-L., 2009. Parcs Stabilisés d'Hivernage (PSH), l'expérience française, communication au colloque européen « bâtiments d'élevage du futur » 22-23/10/2009, Lille.
- Mignot C., Fages R., 2015. Place et perception des systèmes agroforestiers en élevage : des fonctions et usages multiples, 6 territoires, 6 synthèses : publications Chambre d'Agriculture France / IDELE, 12 pages chacune.
- Monier S., Roche T., Cardon A., Moreau J.-C., 2018. Bien utiliser la litière plaquette dans mon élevage, Comment faire les bons choix ? 4 pages issu du projet ARBELE disponible sur https://arbele.projet-agroforesterie.net/documents/publications/Bien_utiliser_la_litiere_plaquette_dans_mon_elevage.pdf Ainsi que 13 témoignages d'éleveurs disponibles sur ce même site.
- Novak S., Barre P., Delagarde R., Mahieu S., Niderkorn V., Emile J.-C., 2020a. Composition chimique et digestibilité *in vitro* des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été. Fourrages, 242, 35-47.
- Novak S., Chargelègue F., Chargelègue J., Audebert G., Liagre F., Fichet S., 2020b. Premiers retours d'expérience sur les dispositifs agroforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs. Fourrages, 242, 71-78.
- PARASOL AGROFORESTERIE EN SYSTEME D'ELEVAGE OVIN, 2018 : https://parasol.projet-agroforesterie.net/docs/Rapport_final-PARASOL.pdf
- Ritter C., Van Lerberghe P., Malignier N., Colin J., 2019. Etude de la variation de la production ligneuse aérienne d'un arbre têtard en fonction de la sylviculture. Exemple du frêne commun (*Fraxinus excelsior* L.) sur le versant nord des Pyrénées. Résultats. 59 p

Turlé S., 2017. Stress climatique en période chaude en élevage bovin laitier : détection, quantification et impacts sanitaires. Thèse de docteur vétérinaire présentée devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse, 85 p.

Van Lerberghe P., Baldenweck A., Colin J., 2018. Facteurs de réussite et d'échec de peuplements agroforestiers sur des prairies pâturées, étude du réseau expérimental trentenaire implanté par le consortium Cemagref-INRA en 1990. Synthèse pour le séminaire de fin du projet ARBELE, Rambouillet, 4 p.

Van Lerberghe P., Parizel A., 2019. Le peuplier agroforestier - Techniques et coûts de plantation. Collection : Cahiers Techniques de l'Agroforesterie. CNPF-IDF, 68 p.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL ou DOI).