

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org

Premiers retours d'expérience sur les dispositifs agroforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs

Sandra Novak¹, Franck Chargelègue¹, Jérôme Chargelègue¹, Guillaume Audebert¹, Fabien Liagre², Samuel Fichet³

RESUME

Sur l'unité FERLUS d'INRAE à Lusignan, un dispositif expérimental visant à étudier différentes modalités d'insertion de l'agroforesterie en système de polyculture-élevage bovin laitier a été mis en place à partir de 2014. Il comporte quatre parcelles agroforestières (12 ha) en lignes intraparcellaires, trois arboretums (têtards, saules, lianes), un bosquet, un petit bois et regroupe plus de 70 espèces d'arbres, d'arbustes et de lianes. Cet article présente le dispositif et sa conception, ainsi que les enseignements pratiques que nous en retirons aux niveaux de la protection des ligneux vis-à-vis de la faune sauvage et du bétail, et du travail généré par l'agroforesterie. Nous donnons également notre ressenti sur les premiers effets bénéfiques de l'agroforesterie, ainsi que les retours des visiteurs. Enfin nous dressons un panorama des questions de recherche qui se posent.

ABSTRACT

First feedback on agroforestry devices integrated into the experimental dairy system OasYs

In 2014, an experimental facility was established by FERLUS, the INRAE experimental research unit located in Lusignan. There, scientists have been studying the effects of implementing different agroforestry approaches within mixed crop-dairy systems. The facility has four agroforestry plots (12 ha each) with alley cropping; three arboreta (with pollards, willows, and lianas); one tree grove; and a small woodland. It is home to more than 70 species of trees, shrubs, and lianas. This article describes the facility's design and functioning, as well as the practical results to which it has given rise regarding methods for protecting woody plants from wildlife and cattle and the work load associated with different agroforestry approaches. We also discuss our impressions regarding the initial benefits provided by agroforestry as well as the feedback received from visitors. Finally, we provide a summary of potential future research questions.

Introduction

Fin 2013, un nouveau système bovin laitier conçu avec de multiples partenaires du monde agricole (Novak *et al.*, 2012) a été mis en place sur l'Unité Expérimentale Fourrages, Ruminants et Environnement d'INRAE à Lusignan. Ce système nommé « OasYs » a pour ambition de répondre aux enjeux du changement climatique et de raréfaction des ressources en eau et en énergie fossile, tout en étant viable économiquement et socialement vivable (Novak et Emile, 2014). Au cours de la réflexion, l'agroécologie est rapidement apparue comme une

approche permettant d'allier économie des intrants, amélioration de l'efficacité dans l'utilisation des ressources, et résilience face au changement climatique ou à d'autres aléas. Dans cette approche, l'agroforesterie trouve toute sa place (Jose *et al.*, 2019). Il restait à imaginer de nouvelles manières de l'intégrer dans un système en polyculture-élevage basé sur la production laitière. Grâce aux réflexions engagées avec plusieurs partenaires, nous avons inventé de nouvelles formes d'agroforesterie intraparcellaire, adaptées à un système laitier basé sur le pâturage et l'autonomie fourragère et soumis aux effets du changement climatique.

AUTEURS

1 : INRAE, UE FERLUS, F-86600, Lusignan, France ; sandra.novak@inrae.fr

2 : Agroof, Anduze, F-30140, France

3 : Prom'haies en Nouvelle Aquitaine, Montalembert, F-79190, France

MOTS-CLES : Agroforesterie, système laitier, diversité de production, polyculture-élevage, ligneux fourragers

KEY-WORDS : Agroforestry, dairy system, diversity of agricultural production, mixed crop-livestock systems, woody forage

REFERENCES DE L'ARTICLE : Novak S., Chargelègue F., Chargelègue J., Audebert G., Liagre F. & Fichet S. (2020). « Premiers retours d'expérience sur les dispositifs agroforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs », *Fourrages*, 242, 71-78

Doi : 10.15454/1.5572219564109097E12

Dans ce nouveau système à bas niveau d'intrants, les arbres doivent répondre à plusieurs attentes, dont la principale et la plus innovante est de servir de ressource fourragère durant l'été ou le début d'automne, en complément de fourrages plus classiques. Des pénuries de fourrages à cette période de l'année deviennent en effet de plus en plus fréquentes, et plus seulement dans les zones classiquement séchantes, où se situe notre expérimentation. Avec le réchauffement climatique, ces tensions sur l'offre en fourrages devraient encore s'accroître (Ruget *et al.*, 2013). La deuxième fonction recherchée avec les arbres dans notre système est de fournir de l'ombre ou un abri pour protéger les animaux de la canicule ou des intempéries. Enfin, tous les autres services écosystémiques que l'agroforesterie peut contribuer à renforcer (Torralba *et al.*, 2016) sont également attendus dans notre système, que ce soit au niveau de la fertilité du sol, du stockage de carbone, ou de la lutte biologique (auxiliaires de culture).

Les différents dispositifs agroforestiers que nous avons mis en place depuis 2014 sur ce système laitier ont déjà été décrits par Novak *et al.* (2016) et Emile *et al.* (2017). Dans cet article, nous apportons un témoignage sur nos premiers retours d'expérience en agroforesterie sur la période 2014-2019, et nous donnons un panorama des questions de recherche qui pourraient y être traitées.

1. La conception du dispositif agroforestier

1.1. Faire dialoguer plusieurs acteurs et disciplines

La conception d'un dispositif agroforestier expérimental en polyculture-élevage demande de faire dialoguer de multiples acteurs et plusieurs disciplines. Dans notre projet, les réflexions ont associé à la fois les techniciens chargés de la mise en œuvre du dispositif (aux niveaux culture et élevage), les responsables scientifiques du projet, mais également des éleveurs, des conseillers agricoles, des spécialistes en agroforesterie et des chercheurs.

Au cours d'ateliers de co-conception, nous avons recueilli les attentes et les idées de ces différents acteurs, les idées émises ayant ensuite été fertilisées par tous les participants. Les échanges étroits avec les responsables d'élevage et de culture ont permis de préciser certaines modalités pratiques, par exemple en adaptant les écartements entre lignes d'arbre à notre matériel agricole ou en simplifiant certains dispositifs trop « risqués » pour les animaux (ex : pergola avec des vignes fourragères). Les conseils des agroforestiers ont été déterminants pour nous aider à choisir les espèces répondant à nos objectifs (ligneux à vocation fourragère à conduire sous forme de têtard, de taillis ou de lianes ou bien essences pour produire du bois d'œuvre) et adaptées à nos conditions de sol et de climat actuel ou futur.

Dans nos objectifs figure l'adaptation au changement climatique, c'est pourquoi nous testons également des essences habituellement conseillées pour le sud de la France (ex : aulne de Corse, mûrier blanc). Par ailleurs, nous avons fait le choix de reprendre l'idée qui sous-tend le système OasYs, à savoir que la diversité peut permettre de concilier de bonnes performances de production et environnementales, tout en augmentant la résilience du système face aux aléas. Nous avons ainsi utilisé dans chaque dispositif agroforestier une diversité d'espèces ou de génotypes. Celle-ci devrait nous permettre de réduire la vulnérabilité du dispositif vis-à-vis des aléas climatiques ou des maladies spécifiques à une espèce (e.g. chalarose du frêne), et de fournir une ressource fourragère diversifiée (e.g. Novak *et al.*, 2020).

1.2. Combiner plusieurs types d'expérimentation

◆ Description des dispositifs mis en place sur OasYs

La majorité des dispositifs agroforestiers mis en place sur OasYs (tableau 1, présentation téléchargeable sur le site de l'AFPF) est implantée sur des parcelles pâturées en rotation prairie-cultures fourragères. Seule une parcelle (en rotation prairies-cultures) est située en-dehors de la zone pâturée ; les arbres y ont pour objectif principal la production de bois d'œuvre. Les ligneux des autres parcelles agroforestières ont pour vocation première de fournir du fourrage directement par pâturage, ou de l'ombre. Cinq parcelles sont en agroforesterie intraparcelle, avec des lignes d'arbres pour quatre d'entre elles et la cinquième (hors rotation) est implantée en bosquet. Les autres dispositifs sont sous forme de haies en bordure de parcelle pâturable, plantées récemment ou déjà présentes sur le site depuis plusieurs décennies. Nous avons également acquis un ancien petit bois (1,2 ha) qui a été éclairci début 2016 pour être utilisé par le troupeau.

◆ Types d'expérimentation mis en œuvre

Plusieurs types d'expérimentation sont mis en œuvre :

- des essais factoriels avec répétitions et blocs, de manière à étudier l'effet d'un ou deux facteurs, comme par exemple l'espèce et le mode de pâturage pour les arbres conduits en têtard ou les vignes fourragères, ou bien l'effet du nombre de plants par point d'implantation pour les arbres de haut jet.
- des dispositifs d'observation, comportant ou non des répétitions (mais pas en « bloc » comme c'est le cas classiquement en expérimentation végétale). Ce type de dispositif permet d'étudier des systèmes plus complexes. Il s'agit par exemple d'une parcelle combinant différentes modalités d'usage des ligneux (fourrage, bois de chauffage, plaquette, bois d'œuvre), différentes organisations spatiales (simples, doubles ou triples bandes) et différents types de protection vis-à-vis des bovins.

Type d'agroforesterie	Fonction recherchée	Facteurs étudiés	Espèces
année de plantation Superficie ou longueur			
Lignes intra-parcellaires			
Hauts jets forestiers* 2014 1 parcelle de 2,9 ha	bois d'œuvre Lutte biologique fertilité du sol stockage C protection microclimatique	nombre de plants par point d'implantation diversité variétale	merisier, alisier torminal, cormier
Arbres têtards 2014 1 parcelle de 3,1 ha	fouillage ombrage fertilité du sol stockage C	diversité spécifique hauteur du têtard mode de pâturage	aulne de Corse, frêne commun, mûrier blanc, orme Lutèce, chêne vert
Vignes fourragères 2015 1 parcelle de 3,3 ha	fouillage	diversité spécifique mode de pâturage	vignes porte greffes Paulsen 1103 et Gravessac
Ligneux multifonctions 2015 1 parcelle de 3 ha	fouillage , copeaux, bois d'œuvre ombrage fertilité du sol stockage C	mode de protection contre les bovins organisation spatiale diversité d'usage diversité spécifique	aulne blanc, aulne de Corse, chêne vert, cormier, févier, frêne commun, mûrier blanc, orme champêtre, poirier, robinier faux acacia, saule marsault, kiwi, houblon, vigne
Haies			
Haies anciennes 3400 m	abri, ombrage , fourrage biodiversité stockage C	protection	aubépine, prunelier, ronce, églantier, lierre, troène, chêne pédonculé, ... et autres
Haies récentes 2014 : trognoscope, 600 m 2015 : haie d'ormes champêtres, 210 m 2017 : haie de saules, 200 m 2018 : lianoscope, 30 m	fouillage, copeaux fertilité du sol biodiversité stockage C	diversité spécifique et variétale	collections de 70 espèces arbres, arbustes et lianes dans 3 arboretums en bordure de parcelles
Bois et bosquets			
Bois ancien 1 parcelle de 1,2 ha	abri, ombrage fourrage biodiversité	-	châtaignier, robinier, noisetier, ronce, lierre, ...
Bosquet récent 2017 0,3 ha sur 1/5 d'une parcelle	ombrage fourrage biodiversité stockage C	mode de protection contre les bovins	chênes vert, liège, pubescent et chevelu, châtaignier, pommier, poirier, cerisier S ^{te} Lucie, prunier

* seule parcelle à ne pas être située en zone pâturable

TABLEAU 1 : Dispositifs agroforestiers mis en place sur le système laitier OasYs d'INRAE à Lusignan

Table 1 : Agroforestry approaches implemented within the OasYs dairy system at the INRAE experimental unit in Lusignan

- trois arboretums comportant des saules, des futurs têtards (trognoscope) ou des lianes (lianoscope) à vocation fourragère ont également été implantés pour suivre la croissance des différentes espèces dans nos conditions pédoclimatiques, mais également pour évaluer leur valeur nutritive. Ils seront dans l'avenir pâturés par les bovins et leur comportement ainsi que celui des animaux sera étudié.

Les parcelles comportant d'anciens ligneux (haies, petit bois) sont également utilisées pour observer le comportement des bovins et le devenir des ligneux.

Tous ces aménagements agroforestiers sont intégrés dans une expérimentation plus globale à l'échelle d'une ferme de polyculture-élevage (91 ha SAU, 72 vaches laitières). L'agroforesterie intraparcellaire représente 14% de la SAU et toutes les parcelles sont bordées de haies, récentes ou anciennes. Lorsque ces aménagements seront opérationnels, ils nous permettront d'étudier l'articulation, à l'échelle du

système et pour différentes saisons, des différentes pratiques testées, afin de valoriser au mieux les différents services écosystémiques fournis par les arbres.

En complément de ces implantations agroforestières, nous avons mené des travaux sur la valeur nutritive des feuilles de plus d'une cinquantaine d'espèces de ligneux comportant des arbres, des arbustes et des lianes (Emile *et al.*, 2017 ; Novak *et al.*, 2020).

2. Les enseignements pratiques que nous en retirons

Les ligneux (arbres, arbustes et lianes) ayant été plantés entre 2014 et 2018, n'ont, à ce jour, pas encore pu être utilisés ni comme fourrage, ni pour d'autres usages. Nos retours d'expérience concernent donc uniquement la période post-plantation. Les premiers

essais de pâturage devraient être réalisés à partir de 2021, soit 7 années après la première plantation.

2.1. Des arbres à protéger de toutes sortes d'animaux

La protection des ligneux vis-à-vis de la faune constitue un élément essentiel pour assurer leur pérennité. Dans notre système de polyculture-élevage, nous avons dû protéger les arbres à la fois vis-à-vis de la faune sauvage (campagnols, lapins, lièvres, chevreuil, cerf) mais également vis-à-vis de nos propres animaux d'élevage (vaches et génisses) dans les parcelles qui sont pâturées.

Contre la faune sauvage, nous avons utilisé les protections classiquement recommandées (Liagre et Girardin, 2013) à savoir des manchons grillagés à double maillage (« climatic ») et nous avons choisi des hauteurs de 60, 120 ou 180 cm pour protéger les arbres, respectivement des lièvres, des chevreuils ou des cerfs. Ces derniers ne sont présents sur notre site que sur la parcelle comportant les arbres de haut jet. Pour les parcelles à forte pression en chevreuil, nous avons également utilisé un répulsif à base de graisse de mouton (trico®) et pour la haie de saules, nous avons installé un ruban de chantier la première année après plantation. Ces modes de protection n'ont été que partiellement efficaces, la pulvérisation du répulsif n'ayant sans doute pas été réalisée assez fréquemment et le ruban de chantier se dégradant rapidement. Les filets (type dissuasion) et piquets en bambou utilisés initialement sur une parcelle pour les arbres futurs taillis contre les lapins et les lièvres ont rapidement été remplacés par des gaines plus solides (climatic) et des piquets en châtaigniers, car ils ne résistaient pas au vent ni à la faune sauvage.

En 2015-2016, nous avons subi des dégâts importants par des campagnols des champs qui ont rongé le collet de près de 10% des arbres plantés. Les arbres dont le collet avait été rongé sur plus de 75% de sa circonférence ont été remplacés et ces nouveaux plants ont été équipés de gaines plastiques placées au collet et enfoncées de quelques centimètres dans le sol. Elles ont été confectionnées à partir de tronçons de fourreau pour fil électrique que nous avons fendus et perforés. Nous n'avons pas constaté de nouveaux dégâts avec ce type de protection. Un répulsif à base d'extrait d'ail avait également été testé mais il s'était montré inefficace. Par ailleurs, nous avons installé des perchoirs sur les lignes d'arbre de manière à favoriser le contrôle des campagnols par les rapaces. Ces perchoirs dont la hauteur est supérieure aux jeunes arbres évitent également les dégâts fréquemment observés sur les bourgeons apicaux, dus au poids des rapaces qui se servent de la tige principale comme point d'observation.

Globalement ce sont les chevreuils et plus ponctuellement les campagnols qui ont été à l'origine des dégâts les plus sévères sur les arbres. Cependant,

des chenilles xylophages (zeuzère, gâte-bois) ont également engendré de la mortalité en creusant des galeries dans les troncs, et des limaces ont fragilisé certaines lianes (kiwis). Pour contrôler ces dernières, nous avons utilisé un anti-limace homologué en agriculture biologique à base de phosphate ferrique. Quelques arbres ont également été attaqués par des frelons et des pucerons, sans dommage important.

Pour protéger les arbres des bovins, plusieurs dispositifs ont été testés, que ce soient pour les lignes d'arbre ou les implantations individuelles en bosquet (tableau 2).

Au final, les deux types de protection qui nous semblent les plus intéressantes pour protéger les lignes d'arbre des bovins sont les fils électriques pour les lignes simples, et le grillage à mouton pour les lignes multiples comportant également des lianes. Pour les arbres individuels plantés en bosquet, les protections de type « cactus » (manchon grillagé en métal hérissé d'épines de type barbelé) de 1,60 m de hauteur semblent les mieux adaptées.

Nous avons par ailleurs voulu intégrer les anciennes haies dans les parcelles pâturées en déplaçant ou installant la clôture derrière la haie, de manière à ce que les animaux les entretiennent directement et puissent s'en servir comme abri. Si cette pratique semble fonctionner pour les parcelles pâturées régulièrement en pâturage tournant (quelques jours à une semaine par mois), elle devient plus problématique lorsque les animaux restent en continu plusieurs semaines sur la parcelle (cas des génisses ou des vaches taries). Dans ce cas, nous avons constaté des dégâts au niveau des troncs sur certains arbres et de l'érosion à leur pied, aggravée lorsque les animaux réussissent à passer au travers de la haie. L'utilisation de protections de type « cactus » ou de grillage à mouton sur les arbres les plus exposés pourrait permettre de remédier aux dégâts sur le tronc, mais pas de limiter l'érosion du sol ou l'écorçage du collet ou des racines de surface. Nous étudions actuellement l'intérêt et les limites de cette pratique sur le moyen terme, en comparant deux tronçons, l'un clôturé et l'autre laissé en libre accès aux génisses.

Avantages		Inconvénients
Protections entourant les lignes d'arbre intraparcellaires		
Fil électrique	Installé rapidement, facilite l'entretien de la végétation sur la ligne d'arbre (en partie réalisé par les animaux eux-mêmes)	Le coût des fils est peu élevé (0,07 €/m) mais le poste solaire reste cher (300 euros) et peut être l'objet de vols. Les fils doivent être retendus avant chaque pâturage, et leur écartement ajusté à la croissance des arbres pour éviter qu'ils ne soient broutés.
Ruban électrique	Idem au fil électrique avec une installation un peu plus longue	Idem au fil électrique avec un coût un peu plus élevé (0,2 €/m)
Grillage de chantier en plastique (utilisé pour entourer des lignes d'arbres multiples)	Relativement bon marché (1,5 €/m + 1,9 €/piquet) ; ne nécessite pas d'être réajusté une fois installé	ne résiste pas aux intempéries et est également mâchouillé par les vaches. Pose la question du recyclage.
Grillage à mouton (utilisé pour entourer des lignes d'arbres multiples)	Bon marché (0,9 €/m + 1,9 €/piquet) ; peut être utilisé comme support pour des lianes ; ne nécessite pas d'être réajusté une fois installé	Installation initiale longue
Répulsifs olfactifs (extrait d'ail, vinaigre blanc, répulsifs anti-chevreuil, bouse)	Bon marché	Inefficaces et utilisation peu pratique
Ruban de chantier accompagné de 2 brosses fixées sur des piquets à proximité	Les vaches utilisent les brosses (15 €/brosse + 1,9 €/piquet) au lieu de se frotter sur les piquets des protections anti-chevreuil	Ruban efficace sur le court-terme (maximum 1 an), demande à être remplacé tous les 5 mois
Fil non électrifié	Bon marché	Efficacité sur le long-terme à vérifier
Protections pour les arbres isolés plantés en bosquet		
Protection « cactus® » (manchon grillagé en métal hérissé d'épines type barbelé) 2 hauteurs testées (1,20 et 1,60 m)	Protection efficace dans le temps (testée sur 2 ans)	Assez onéreuse (10,8 € pour 1,20 m et 13,5€ pour 1,60 m + 1 fer à béton à 5,4 €) ; les branches et pousses qui dépassent sont broutées ; la taille à travers la protection est délicate à réaliser
Corset métallique type pré-verger	Protection solide	Assez onéreuse (14€ la protection de 6 branches). Les jeunes plants sont broutés car les bovins peuvent passer leur langue. Les pousses dépassent rapidement de cette protection étroite et sont broutées également (à réserver aux arbres dépassant le corset à la plantation (tige).
Protection avec grillage à mouton et 3 piquets	Efficace si les piquets sont bien enfoncés et à une distance > 50 cm des plants	Assez onéreux (13€) ; installation longue ; les vaches ont tendance à se frotter sur les piquets. Suivi important pour réparer les dégâts éventuels.

TABLEAU 2 : Protections testées contre les bovins dans les parcelles pâturées
Table 2 : Methods tested for protecting woody species from cattle in grazed plots

2.2. Le travail supplémentaire généré par les arbres

Outre le chantier de plantation qui génère un travail conséquent mais ponctuel, la mise en œuvre des dispositifs agroforestiers demande du temps et de l'attention sur la durée. Dans notre cas, la présence d'agroforesterie intraparcellaire sur des parcelles pâturées demande aux vachers de remettre en état de fonctionnement les protections contre les bovins avant chaque pâturage, exceptée pour celles constituées de grillage à mouton.

Pour les protections basées sur les fils électriques, il faut réinstaller les postes, repositionner les fils par rapport à la pousse des arbres et les retendre. Les autres travaux sont plus ponctuels et identiques que la parcelle agroforestière soit pâturée ou non : entretien des lignes d'arbres (broyage du linéaire sous arboré, qui correspond à la zone enherbée présente au pied des arbres, une fois par an), taille des arbres (une ou deux fois dans l'année) ou des vignes (une fois dans l'année), sans oublier l'essentiel paillage du pied des arbres les

premières années pour limiter la concurrence avec les herbacées. Si la taille de formation des arbres à vocation fourragère est relativement peu contraignante, elle est indispensable et régulière pour ceux qui seront utilisés comme bois d'œuvre. Cela demande à l'éleveur d'acquiescer de nouvelles compétences, grâce à un accompagnement ou une formation à la gestion de l'arbre. Par ailleurs, une surveillance régulière des arbres est nécessaire afin de repérer suffisamment tôt les attaques de bioagresseurs ou les dégâts occasionnés par les bovins ou par le vent.

Les lignes d'arbre intra parcellaires n'ont pas occasionné de difficulté vis-à-vis des interventions culturales.

2.3. Les premiers effets bénéfiques

Si la majorité des effets bénéfiques attendus (ombrage, stockage de carbone, fertilité du sol) ne sera vraisemblablement pleinement effective que dans plusieurs années pour les arbres plantés récemment, certains d'entre eux se sont fait déjà ressentir. Le premier effet est apparu dès la plantation des arbres, à

savoir une **modification du paysage**, qui semble « prendre de l'ampleur » avec une dimension verticale plus marquée. Une **augmentation de la biodiversité** a également été observée au fil du temps, même si, comme nous l'avons évoqué précédemment, cela n'a pas eu que des aspects positifs. En plus des espèces déjà mentionnées, nous avons observé diverses chenilles (dont de Sphinx ocellé) et des larves de syrphes et de coccinelles sur les feuilles d'arbre, des tritons palmés, divers orthoptères, des champignons et une flore diversifiée sur les lignes d'arbre. Les ligneux que nous avons plantés fournissent diverses ressources alimentaires (fruits, pollen, nectar) et un abri à l'avifaune et aux pollinisateurs. Le paillage effectué au pied des arbres a par ailleurs été favorable aux micromammifères et à la faune sauvage (sangliers, chevreuils, ...) mais, ces espèces occasionnent généralement des dégâts sur les ligneux. De plus, dans notre système où la quasi-totalité des prairies sont temporaires, et les cultures annuelles, le linéaire sous arboré, où les interventions sont rares (un broyage annuel les premières années uniquement), constitue un habitat pérenne favorable à la biodiversité.

Seuls les dispositifs comportant des arbres âgés (anciennes haies, petit bois) ont eu un réel impact sur le bien-être animal, en procurant de l'ombrage ou une protection contre les intempéries. Certains arbres ont par ailleurs été utilisés par les bovins pour se frotter, ce qui a été bénéfique pour les animaux, mais, cela a pu causer des dégâts importants sur les arbres, abîmés au niveau du tronc.

2.4. L'agroforesterie, une vitrine du système innovant OasYs

L'agroforesterie ne constitue qu'une innovation parmi la palette de pratiques agroécologiques mises en place sur le système laitier OasYs. Cependant, c'est celle qui semble la plus marquante pour les personnes qui découvrent notre nouveau système, en lien avec l'utilisation des arbres comme ressource fourragère et leur valorisation directe par le pâturage.

Les ressentis des visiteurs que nous accueillons sont divers : certains sont très enthousiastes et curieux de connaître les résultats de nos essais, et à l'inverse d'autres sont très sceptiques sur la capacité des arbres à alimenter un troupeau de bovins. Certains visiteurs y voient une pratique d'un autre âge (celui de la sécheresse de 1976 où des branches des arbres étaient coupées pour servir de fourrage), qui ne leur semble plus adaptée aux systèmes laitiers actuels. Dans notre système, nous avons décidé de nous focaliser sur une valorisation directe par le pâturage de cette ressource ligneuse. A la fois car elle nous semble intéressante pour limiter la mécanisation, mais aussi car c'est une pratique très peu étudiée en milieu tempéré, où quasiment tout reste à découvrir. Par ailleurs, certains éleveurs qui utilisent déjà les ligneux comme fourrage et

qui font des expérimentations sur leur ferme, nous ont contacté pour nous informer de leurs travaux.

3. Les possibilités de recherche offertes par ces dispositifs agroforestiers

Les recherches traitant de l'agroforesterie en élevage en milieu tempéré sont encore très limitées, et beaucoup moins nombreuses que celles consacrées aux systèmes de grande culture (Torralba *et al.*, 2016).

L'insertion de l'**agroforesterie en polyculture-élevage** pose de nombreuses questions scientifiques à la croisée de plusieurs disciplines (agronomie, zootechnie, sciences du sol, de l'environnement et forestières). Elle a la capacité de répondre à de nombreux enjeux actuels, comme l'adaptation au changement climatique et son atténuation, la santé et le bien-être animal, et la valorisation des ressources du territoire.

Nous avons regroupé ci-dessous quelques questions scientifiques qui se posent dans les systèmes d'élevage de ruminants comportant des parcelles en rotation prairies-cultures fourragères.

3.1. Les ligneux, de nouvelles ressources fourragères d'intérêt ?

Nous manquons de connaissances sur la **valeur alimentaire des ligneux** à la fois au niveau de leurs teneurs en éléments nutritifs, de la valorisation par l'animal et de l'appétabilité de ces nouveaux fourrages (cf Novak *et al.*, 2020). De même, de nombreuses questions se posent sur la manière de composer de nouvelles rations fourragères intégrant des fourrages issus des arbres, d'une ou de plusieurs espèces, en plus des ressources plus classiques. Beaucoup de choses restent également à découvrir sur l'effet des arbres fourragers sur la santé et le bien-être animal, y compris sur l'éventuelle toxicité de certaines essences, que ce soit au niveau de leur feuillage ou de leurs fruits, et en fonction de leur conduite. En parallèle, se pose la question de l'impact des prélèvements de feuilles et de rameaux sur le développement des ligneux et leur survie sur le long terme. Il reste encore à étudier l'effet de plusieurs facteurs (*e.g.* période et rythme de prélèvement annuel et pluriannuel, mode de prélèvement, techniques de pâturage et mode de protections, ...) avant de pouvoir fournir des recommandations aux éleveurs. Des études sur la qualité nutritionnelle des produits issus d'animaux alimentés avec des fourrages ligneux mériteraient également d'être conduites.

3.2. Mieux valoriser l'eau et les éléments nutritifs avec les arbres ?

Afin de déterminer l'efficacité d'utilisation des ressources en parcelle agroforestière ; les relations de compétition ou de facilitation vis-à-vis de l'eau et des éléments nutritifs entre les arbres (fourragers ou non) et les prairies ou les cultures fourragères (récoltées et pâturées) demandent à être caractérisées. Les mycorhizes pouvant également jouer un rôle important dans la valorisation des ressources en eau et en éléments nutritifs des systèmes agroforestiers (Udawatta *et al.*, 2019), il serait intéressant d'étudier les spécificités de l'établissement de réseaux mycorhiziens entre les arbres et des couverts pluriannuels. Enfin il est important d'étudier l'effet des arbres et de leur pâturage sur les différentes composantes de la fertilité du sol (et notamment ses teneurs en matières organiques), celle-ci jouant un rôle déterminant dans les prélèvements en eau et en éléments nutritifs des plantes (Recous *et al.*, 2015).

3.3. Une biodiversité augmentée dans les systèmes agroforestiers en rotation prairies-cultures ?

Le linéaire sous-arboré forme avec les arbres un couvert pérenne qui peut favoriser la biodiversité (Udawatta *et al.*, 2019). Mieux connaître les effets des aménagements agroforestiers en rotation prairie-cultures sur certaines composantes de la biodiversité pourrait permettre de favoriser certains services écosystémiques (ex : limitation des adventices, augmentation des auxiliaires de culture).

3.4. Des arbres pour limiter les flux de polluants ?

Une meilleure compréhension du rôle des arbres sur la réduction des particules fines issues des émissions d'ammoniac générées par les activités d'élevage permettrait de proposer des dispositifs agroforestiers améliorant la qualité de l'air. Il serait également intéressant de réaliser des études sur l'effet des arbres sur la qualité des eaux d'infiltration ou de ruissellement, particulièrement dans des parcelles pâturées pouvant conduire à des excès localisés d'azote ou de phosphore au pied des arbres.

3.5. L'agroforesterie pour adapter les systèmes de polyculture-élevage au changement climatique ?

Les connaissances sont encore peu nombreuses sur l'effet de l'ombre générée par les arbres sur la croissance et le stress thermique des plantes fourragères (prairies et cultures), mais aussi sur le bien-être des animaux. Avec l'augmentation des périodes de canicule liée au changement climatique, il serait intéressant de concevoir des dispositifs agroforestiers procurant en été, à la fois de l'ombrage et une source de fourrage aux animaux. Des recherches sont également nécessaires pour étudier comment l'insertion de

l'agroforesterie dans un système de polyculture-élevage pourrait favoriser la résilience à l'échelle du système de production.

Conclusion et perspectives

Les dispositifs agroforestiers mis en place sur l'expérimentation-système OasYs constituent à ce jour un site de recherche unique en Europe en termes de diversité et d'innovations dans les aménagements agroforestiers adaptés aux systèmes bovins laitiers. Leur mise en place à l'échelle de la ferme permet de tester grandeur nature l'insertion de l'agroforesterie en système de polyculture-élevage. La conception collaborative des dispositifs a permis de prendre en compte les attentes multiples de la profession agricole et de la recherche, et de bénéficier de l'expertise de conseillers agroforestiers. Les premiers enseignements pratiques que nous en retirons sur les six premières années après plantation concernent principalement la protection des arbres vis-à-vis de la faune sauvage et des animaux d'élevage. Cette période post-plantation et avant utilisation des arbres est sans doute la plus délicate en agroforesterie, car elle demande un travail supplémentaire par l'éleveur pour des bénéfices encore peu visibles, excepté au niveau paysager ou de la biodiversité.

D'ici quelques années nos dispositifs agroforestiers devraient permettre d'apporter des recommandations sur les conduites permettant de valoriser, par le pâturage, des ligneux fourragers sans compromettre leur survie, ainsi que des indications sur leur valeur alimentaire (y compris leur appétence) en fonction de l'essence et du mode de conduite du ligneux.

Plus largement, l'insertion de l'agroforesterie en élevage pose une multitude de questions de recherche, dont certaines peuvent être étudiées sur notre site par les chercheurs qui le souhaitent.

Remerciements : Nous remercions sincèrement toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la conception et à la mise en place des dispositifs agroforestiers d'OasYs, et tout particulièrement Jean-Claude Emile qui en a été l'un des principaux initiateurs et moteur, ainsi que les techniciens chargés de leur mise en œuvre au quotidien.

Les travaux présentés ici ont été soutenus par la Fondation Liséa Biodiversité au travers du projet Ruminarbre et par l'Union Européenne dans le cadre du projet FP7 AgForward.

Article accepté pour publication le 26 juin 2020

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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.
- Jose S., Walter D., Mohan Kumar B. (2019). "Ecological considerations in sustainable silvopasture design and management." *Agrofor. Syst.*, 93, 317-331.
- Liagre F., Girardin N. (2013). « Plantation et taille d'un arbre de plein champ », cahier DVD, 44 p.

- Novak S., Delagarde R., Fiorelli J. L. (2012). "Vers un système fourrager innovant en polyculture-élevage : la démarche initiée à Lusignan." *Innov. Agron.*, 22, 159-168.
- Novak S., Emile J. C. (2014). "Associer des approches analytiques et systémiques pour concevoir un système laitier innovant : de la Fée à l'OasYs." *Fourrages*, 217, 47-56.
- Novak S., Liagre F., Emile J. C. (2016). "Integrating agroforestry into an innovative mixed crop-dairy system." 3rd European Agroforestry Conference, INRA, Montpellier, France.
- Novak S., Barre P., Delagarde R., Mahieu S., Niderkorn V., Emile J. C. (2020). "Composition chimique et digestibilité *in vitro* des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été." *Fourrages* 242, 35-47
- Recous S., Chabbi A., Vertes F., Thiebeau P., Chenu C. (2015). "Fertilité des sols et minéralisation de l'azote : sous l'influence des pratiques culturales, quels processus et interactions sont impliqués ?" *Fourrages*, 223, 189-196.
- Ruget F., Durand J. L., D., R., Graux A. I., Bernard F., Lacroix B., Moreau J. C. (2013). "Impacts des changements climatiques sur les productions de fourrages (prairies, luzerne, maïs) : variabilité selon les régions et les saisons." *Fourrages*, 214, 99-109.
- Torralba M., Fagerholm N., Burgess P. J., Moreno G., Plieninger T. (2016). "Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis." *Agric. Ecosyst. Environ.*, 230, 150-161.
- Udawatta R. P., Rankoth L. M., Jose S. (2019). "Agroforestry and Biodiversity." *Sustainability*, 11, 2879.