Reconception et évaluation des systèmes de culture des élevages caprins de plaine pour favoriser l'autonomie alimentaire

Mise en situation

Cet article s'inscrit dans un projet de reconception de systèmes caprins en polyculture-élevage de l'ouest de la France, pour favoriser l'autonomie alimentaire, la limitation des intrants et l'adaptation au changement climatique. Le système d'élevage est pris sous le regard du système fourrager, du système de culture (abordé ici) et de la conduite du troupeau. Une évaluation multicritères de la durabilité permet d'objectiver les choix techniques réalisés.

Résumé

Entre 2020 et 2023, dix groupes d'éleveurs de chèvres de Nouvelle-Aquitaine et des Pays de la Loire ont participé à des ateliers de co-conception de systèmes de culture répondant aux enjeux de d'aujourd'hui et de demain : adaptés face aux conséquences du changement climatique, limitant les intrants et favorisant la production de fourrages, d'aliments concentrés et de paille pour l'atelier caprin. Les 10 systèmes de culture ont été décrits en détail : assolement, rotation culturale et itinéraire technique et se veulent « réalistes » (applicable chez les éleveurs). Les principaux leviers mobilisés reposent sur un usage important des légumineuses, un allongement de la durée de la rotation, une diversification des cultures (intra et interparcellaire), une meilleure valorisation de la matière organique produite par les animaux et une couverture du sol. L'évaluation de la durabilité de ces systèmes de culture avec la méthode Systerre a permis de montrer la cohérence économique (charges opérationnels / produit brut = 20 % en conventionnel et 18 % en AB, 113 litres de carburant consommé /ha en conventionnel et 97 l en AB), environnementale (1 350 kg éq CO2/ha en conventionnel et 831 kg/ha en AB, IFT = 0,8 en conventionnel et 0 en AB) et sociale (6,6 heures de travail/ha en conventionnel et 5,7h en AB) des rotations basées sur les prairies riches en légumineuses des systèmes en polyculture-élevage caprin.

Summary

Redesign and evaluation of lowland goat farming systems to promote feed self-sufficiency

Between 2020 and 2023, ten groups of goat farmers from Nouvelle-Aquitaine and Pays de la Loire took part in workshops to co-design cropping systems that would meet the challenges of today and tomorrow : climate change, limitation of inputs and promotion of feed self-sufficiency. The 10 cropping systems were described in detail: crop rotation and technical itinerary, and are intended to be "realistic" (applicable to livestock farmers). The main levers used are based on the significant use of legumes, an extension of the rotation period, a diversification of crops (intra and inter-plot), a better use of organic matter produced by animals and soil cover. The assessment of the sustainability of these cropping systems using the Systerre method demonstrated the economic (operational costs/gross product = 20% in conventional and 18% in organic farming, 113 l of fuel consumed/ha in conventional and 97 l in organic farming), environmental (1,350 kg CO2 eq/ha in conventional and 831 kg/ha in organic farming, IFT = 0.8 in conventional and 0 in organic farming) and social (6.6 hours of work/ha in conventional and 5.7 hours in organic farming) coherence of rotations based on grasslands rich in legumes in mixed crop-goat farming systems.

Article accepté pour publication le 14 novembre 2024.

Auteurs

J. Jost[1,2], V. Py[1,5] A. Vandewalle[4], N. Ferrand[3], S. Minette[3]

[1]BRILAC· réseau REDCap [2]Institut de l'élevage [3]Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine [4]Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire [5]Chambre d'Agriculture de la Dordogne

Auteur correspondant:
JOST Jeremie, Jeremie.Jost@idele.fr

Mots clés

Système de culture, caprin, autonomie alimentaire, autonomie en intrants

Key words

Crop system, goat,food self-sufficiency, input autonomy

Références de l'article

Jost J., Py V., Vandewalle A., Ferrand N. Minette S. (2024). Reconception et évaluation des systèmes de culture des élevages caprins de plaine pour favoriser l'autonomie alimentaire, *Fourrages* 260, 105-117.

Introduction

Les élevages caprins de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire sont majoritairement conduits en polyculture-élevage. Ils sont néanmoins dépendants de l'achat d'aliments et de fourrages : 74 % des aliments concentrés et 18 % des fourrages sont achetés. Les concentrés représentent par ailleurs 46 % de la ration des chèvres (données Inosys Réseau d'Elevage). La luzerne et le maïs (en grain) sont fortement présents dans la ration des chèvres.

La prairie riche en légumineuses, notamment la luzerne et les trèfles, trouve une place importante dans les systèmes caprins de l'Ouest de la France, comme rappelé par Caillat *et al.* (2016a). Ces légumineuses présentent des intérêts agronomiques, économiques et environnementaux forts : fixation symbiotique, transfert de fertilité et richesse en protéines (Delaby *et al.*, 2016). La place des prairies dans les systèmes de culture caprins n'a pour l'heure pas été décrite par la littérature. L'objectif de ce travail est de proposer des rotations optimisées et réalistes (à savoir que les éleveurs peuvent mettre en place dans leurs exploitations sans prise de risque majeure) pour les éleveurs de chèvres de Nouvelle-Aquitaine et des Pays de la Loire, en favorisant l'autonomie alimentaire et en limitant les intrants sur les cultures. Les conséquences locales du changement climatique sont également prises en compte. Ce travail propose une description des systèmes de culture (assolement, rotation et itinéraire technique détaillés) dans les élevages caprins de Nouvelle-Aquitaine et des Pays de la Loire. Une évaluation de la durabilité de ces systèmes de culture complète l'analyse réalisée.

Matériels et méthodes

Entre 2020 et 2023, 28 éleveurs de chèvres et 10 conseillers caprins, répartis dans dix groupes ont participé à des ateliers de co-conception de systèmes de culture répondant aux enjeux cités en introduction. Ces ateliers étaient animés par un binôme d'animateurs : un spécialisé sur les systèmes de cultures innovants et un sur les systèmes d'élevage caprin. Chaque groupe a travaillé sur un contexte pédoclimatique et un système caprin spécifique de la zone.

En introduction de cet atelier, un état des lieux des systèmes de culture actuels a été réalisé sur la base des fermes des 28 éleveurs participants (durée 30 min). Collectivement, le groupe a défini le système de culture qui sera travaillé. Il s'agit souvent d'un système réalisé par un éleveur du groupe. La typologie des systèmes d'élevage et des contextes pédoclimatiques est décrite en détail dans Jost *et al.* (2024) et synthétisée dans le tableau 1.

Pour faciliter la conception participative de systèmes de culture (Petit *et al.*, 2012), nous avons mobilisé le jeu-sérieux Mission Ecophyteau (figure 1), qui permet de représenter sur un plateau de jeu les cultures, ainsi que le détail des itinéraires techniques et les rendements. Un atelier de conception durait en moyenne 2h30 pour décrire un système de culture (schéma décisionnel de la rotation). Les ateliers de co-conception ont eu lieu en 2021 et 2022. Un choix a été fait de décrire des systèmes de culture sans utilisation de l'irrigation.

Au total, dix systèmes de culture ont été co-construits par les participants avec l'appui des experts culture et caprin, dont 3 respectant le cahier des charges de l'agriculture biologique, à partir des rotations déjà réalisées par les éleveurs (durée 1h30 environ). Les choix techniques (rendement, intrants, ...) sont le fruit d'un consensus du groupe, en prenant en compte une année moyenne. A la fin de l'atelier, un échange de 30 min était réalisé pour déterminer les leviers d'optimisation de ces rotations. Dans les faits, ces optimisations étaient réalisées au fil de l'eau de l'atelier, par des échanges nombreux entre les participants et les animateurs.

En complément, une évaluation de la durabilité (économique, sociale et environnementale) de ces systèmes a été réalisé, avec l'outil SYSTERRE® (Weber *et al.*, 2018), qui permet le calcul d'un panel de 20 indicateurs à l'échelle de la culture et du système de culture (Arvalis, 2024). Les indicateurs sont détaillés pour différents postes, ce qui représente un total de 210 indicateurs disponibles pour les utilisateurs restitués à différents niveaux d'agrégation (parcelle, culture, exploitation). Systerre® est un outil d'évaluation multicritère qui établit, sur la base d'une description complète des itinéraires de conduite des cultures et des paramètres associés, un ensemble d'indicateurs techniques (temps de traction, consommation de carburants ou d'engrais, IFT pour les applications de produits phytosanitaires), économiques (charges, marges, ...), sociaux (temps de travail) et environnementaux (consommation d'énergie fossile, émissions de gaz à effet de serre...). Le formalisme de calcul des GES dans SYSTERRE® se base sur les références GESTIM+ (2020) et Label Bas Carbone Grandes Cultures (2021). Le parc matériel mobilisé est le même pour les 10 systèmes étudiés. Les prix de vente, d'achat des intrants et de cession (pour l'autoconsommation) ont été mis à jour avec des moyennes de la zone ouest pour les années 2016 à 2021. Pour l'année 2022, nous avons retenu un prix des intrants plus élevés, en prenant en compte l'évolution des prix des intrants observés entre la période 2016-21 et l'année 2022 (engrais x 3, produits phytosanitaires x 1,5 et GNR x 1,5 comparé à la moyenne 2016-21).

Résultats : quelles rotations dans les systèmes caprins demain ?

Evolution des systèmes de culture dans le cadre des ateliers de co-conception

Dans l'état des lieux des rotations actuelles (chez 28 éleveurs), la rotation dure en moyenne 6,2 années, avec 47 % de cultures fourragères. La prairie monospécifique en luzerne et la prairie multi-espèces très riches en légumineuses sont très fréquentes dans les rotations, respectivement chez 78% et 42 % des éleveurs. Le sorgho (9%), des mélanges de céréales et protéagineux immatures (6%) et le ray-grass italien (15%) sont plus rarement cultivés. Concernant la Surface en Céréales et OléoProtéagineux (SCOP), le blé (chez 73% des éleveurs), le maïs (70%), le méteil (55%), le tournesol (45%), l'orge (30%) et le colza (22%) sont les principales cultures annuelles. L'avoine, le pois, le triticale, la féverole, le lin, le

TABLEAU 1 : Description des systèmes de culture mobilisés dans les ateliers de co-conception

TABLE 1: Description of the crop systems used in the co-design workshops

Zone		Orientation	SAU – SFP (ha) Détail de la SFP	Nombre de chèvres	Autres ruminants	Durée de la rotation	Part de prairie dans la rotation (en nombre d'années)	Nombre de cultures annuelles	Nombre de dérobées dans la rotation	Part de cultures annuelles consommables par les chèvres
Zone 1 – Poitou méridional	Melle	Conventionnel	120 - 40 Luzerne	400	-	9	37%	3	2	78%
	Villefagnan	Conventionnel	150 – 40 Luzerne	400	-	12	25%	6	5	56%
Zone 2 – Nord Deux-Sèvres	Gâtine	Conventionnel	150 – 85 PME (base trèfles), RGI, maïs	600	30 bovins allaitants	6	50%	3	0	33%
	Haut-Bocage	AB	45 – 30 PME (base trèfles)	200	-	5	60%	1	0	100%
Zone 3 - Creuse		Conventionnel	70 – 60 PME (2/3) et prairies naturelles	200	20 bovins allaitants	9	44%	4	1	80%
Zone 4 - Dordogne		AB	40 – 25 PME et luzerne	150	-	8	52%	2	1	100%
Zone 5 – Plaine Vendée		Conventionnel	150 – 50 Luzerne et prairies naturelles	400	20 bovins allaitants	13	31%	5	0	33%
Zone 6 - Anjou	Mauges	Conventionnel	80 – 50 Luzerne, PME, RGI, prairies naturelles	300	10 bovins allaitants	7	57%	3	2	100%
	Segré	Conventionnel	100 – 50 Luzerne, maïs, PME, RGI, prairies naturelles	400	20 bovins allaitants	10	50%	5	2	60%
Zone 7 - Sarthe		AB	20 – 15 Prairie naturelles et luzerne	75	-	9	67%	2	0	100%
Moyenne			**82 - 35**	**312**		**8,8**	**47%**	**3,4**	**1,4**	**74%**
Ecart-type			**38 - 12**	**77**		**1,9**	**0%**	**1,2**	**1,2**	**0,23**
Moyenne conventionnel			**104 - 42**	**385**		**9,4**	**42%**	**4,2**	**1,8**	**63%**
Moyenne AB			**30 - 20**	**142**		**7,2**	**60%**	**1,8**	**0,4**	**100%**



FIGURE 1 : Illustration d'un atelier de co-conception avec le jeu-sérieux Mission Ecophyteau

FIGURE 1: Illustration of a co-design workshop with the "Mission Ecophyteau" serious game

haricot, le soja et le melon sont présents dans moins de 10 % des systèmes de culture.

Les dix exploitations fictives, supports des ateliers, ont en moyenne une Surface Agricole Utile (SAU) de 82 ha et 312 chèvres. Les systèmes de cultures conçus sur ces exploitations ont 35 ha de SFP (tableau 1). La durée moyenne de la rotation est de 8,8 années, avec 47 % de la SAU cultivée en prairie temporaire ou artificielle. Il y a généralement 3,4 cultures annuelles cultivée et 1,4 culture intermédiaire (généralement conduite en CIPAN). 74 % des cultures annuelles sont consommables par les chèvres. On constate quelques différences entre les systèmes de culture en agriculture biologique par rapport aux systèmes conventionnels : la taille de la structure (surface, nombre d'animaux) est plus petite, les rotations sont plus courtes de 2,2 années, avec 22 % de prairie en plus cultivée et une SCOP presque exclusivement cultivée pour nourrir le troupeau. D'un point de vue conduite agronomique, la totalité des systèmes de culture mettent en place du labour, souvent associé à des techniques culturales simplifiées. Deux systèmes de culture sont composés de deux rotations afin de prendre en compte la présence de deux types de sols (parcelles hydromorphes l'hiver et parcelles saines) ou la spécialisation des rotations (pâture et stock). Les autres sont représentés par une seule rotation.

Les principales évolutions des schémas décisionnels pour répondre à nos objectifs, entre les rotations actuelles des participants et celles fictives co-conçues, sont les suivantes :

- allongement des rotations d'une année en moyenne ;
- augmentation de la part des prairies riches en légumineuses dans la SAU (de 47 à 59 % de la SAU) et choix des légumineuses implantées selon les caractéristiques pédologiques des sols (choix entre la luzerne vs trèfles), avec une culture en mélange privilégiée (intra et interspécifique) ;
- complexification des intercultures : d'associations (colza ou phacélie/moha) à des mélanges plus complexes (phacélie/radis/vesce ou seigle/Ray-grass italien (RGI) /trèfle de Michelli /trèfle incarnat) ;
- évolution des cultures annuelles : développement des méteils grain (+35%), de l'orge (+10 %) et du tournesol (+ 5%), régression du maïs (-20 %) et du blé (-25%) ;
- développement des semis des prairies sous couvert de méteil ou de céréales à l'automne ou de tournesol ou orge au printemps dans 60 % des rotations (alors que peu présent dans l'état initial).

Exemples de systèmes de culture à la suite des ateliers de co-conception et principales évolutions

Un système de culture diversifié, pour produire du foin de luzerne et vendre des cultures annuelles dans le Poitou méridional

La figure 2 synthétise le schéma décisionnel de cette rotation (Jost *et al.*, 2023a). Ce premier exemple, situé dans la zone de Villefagnan (16), est caractérisée par un climat océanique altéré, avec une température actuelle moyenne de 12,2 °C et 784 mm de précipitation par an. Il est localisé dans une plaine calcaire située au nord du Bassin aquitain, présente sur le sud des Deux-Sèvres, de la Vienne et au nord de la Charente et de le Charente-Maritime, sur des sols limono-argileux caillouteux : des groies moyennement profondes (75-100 mm). Ce sont des sols sains (pH = 7-8) avec une fertilité plutôt bonne et une réserve utile (entre 40 à 80 mm). Les caractéristiques de l'élevage sont précisées en tableau 1.

Cette rotation est longue (12 années) et diversifiée (7 cultures). Elle se compose de 33 % de luzerne fourragère (implantée sous-couvert d'un tournesol au printemps). La fertilisation organique apporte 54 % des besoins de la rotation en phosphore et 28

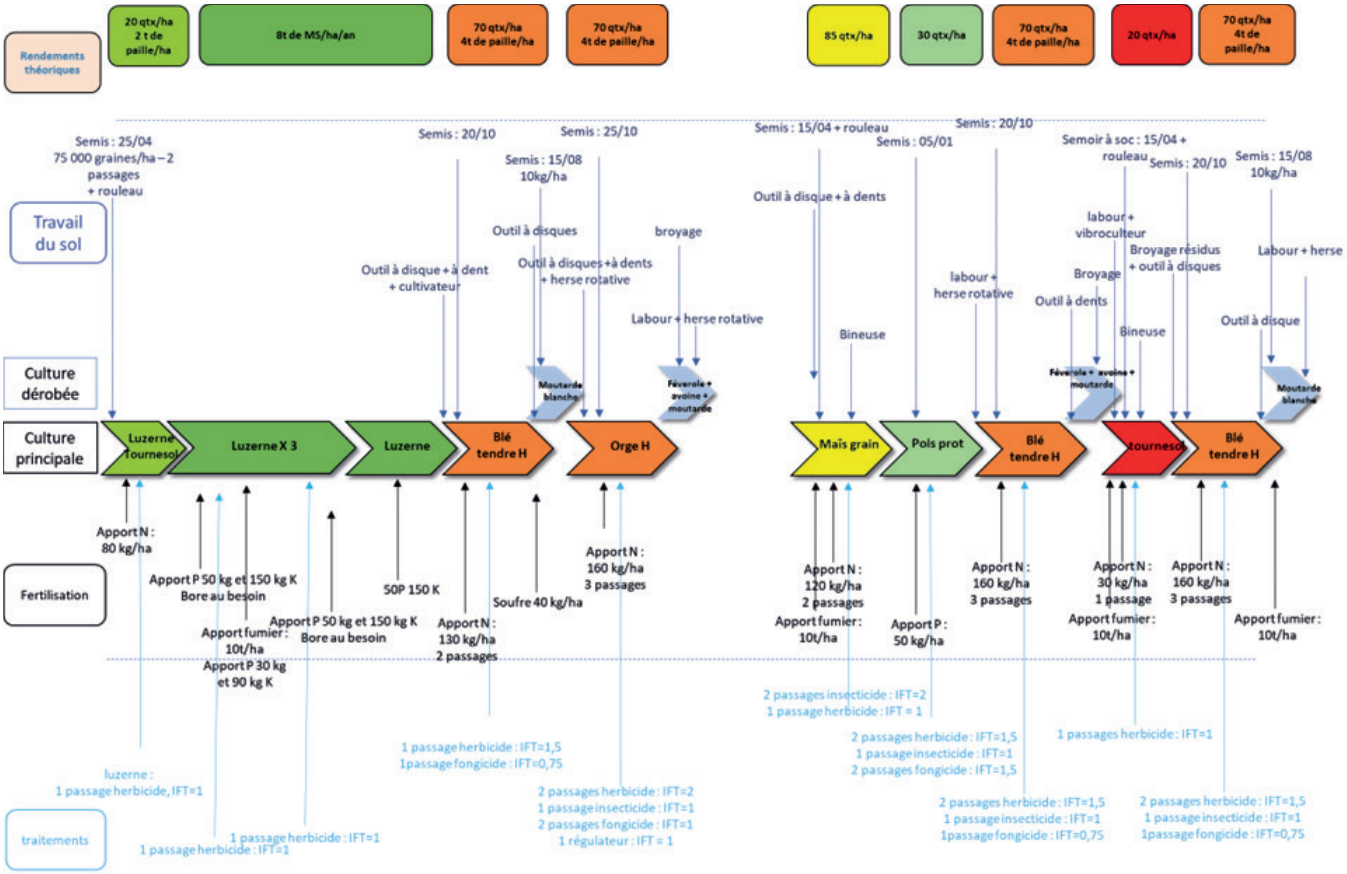


FIGURE 2 : Schéma décisionnel de la rotation du Poitou méridional

FIGURE 2: Decision-making diagram for the southern Poitou (16-79) crop rotation

% des besoins en potassium. La fertilisation organique et les légumineuses implantées couvrent 24 % des besoins en azote. Les céréales (blé tendre, orge d'hiver, maïs grain) bénéficient des reliquats d'azote libérés après la destruction de la luzerne (environ 30-40 U/ha), permettant de limiter les apports en azote minéral sur ces 3 cultures. L'alternance de cultures d'automne (blé tendre, orge), d'hiver (pois protéagineux) et de printemps (maïs, tournesol) facilite les interventions mécaniques et limite la sélection de la flore adventice. Ceci permet de réguler et de limiter les risques de développement d'adventices. La culture du pois permet également de limiter les besoins en azote minéral à l'échelle de la rotation (pas de fertilisation azotée sur la culture, reliquat ~20 U/ha pour la culture suivante). Le fumier vieilli (ou compost) de chèvre est valorisé notamment sur les cultures de printemps (tournesol et maïs) et la luzerne. Les quantités produites par le troupeau sont suffisantes. Afin d'assurer une bonne productivité de la luzerne, des apports en phosphore, potassium et bore sont réalisés sur cette culture. Le choix des dérobées (espèces, dates d'interventions) a été réfléchi selon les objectifs et contraintes des éleveurs. La moutarde blanche (entre blé et orge) a été choisie pour sa capacité de développement rapide et la production de biomasse intéressante (~2 à 3 t MS/ha en moyenne) pour une période d'interculture courte (entre 2 céréales à paille). Cette espèce a aussi l'intérêt de présenter des propriétés de biofumigation qui permettent de réduire certaines maladies telluriques des céréales à paille.

Avant un maïs grain, un mélange de 3 espèces a été retenu (féverole, avoine fourragère, moutarde blanche) et vise l'objectif "engrais vert" des cultures intermédiaires. Ce couvert végétal va permettre de piéger l'azote du sol à l'automne (moutarde, avoine) pour limiter les risques de transferts de nitrates vers les eaux, mais également de capitaliser de l'azote et de le restituer à la culture suivante (30-40 U/ha en moyenne) par la présence de la féverole (légumineuse).

Un système de culture en agriculture biologique, en contexte hydromorphe l'hiver, en nord Deux-Sèvres

La figure 3 synthétise le schéma décisionnel de cette rotation (Jost *et al.*, 2023b). Ce deuxième exemple est localisé dans le nord des Deux-Sèvres (Haut-Bocage), qui se trouve à la limite sud du massif armoricain, un socle primaire granitique. Les sols sont limono-sableux superficiels, acides et à tendance hydromorphe en hiver. La culture de la luzerne est donc défavorable. En été, les sols très séchants subissent un déficit hydrique fort et ne sont pas favorables à la culture. Comme son nom l'indique, le paysage de la zone est bocager, avec de nombreuses haies. Le climat est océanique altéré, avec une température actuelle moyenne de 11,1 °C et 888 mm de précipitation par an. Les caractéristiques de l'élevage sont précisées en tableau 1.

La rotation proposée permet de répondre aux contraintes fortes du milieu telles que des terrains acides, avec réserve utile

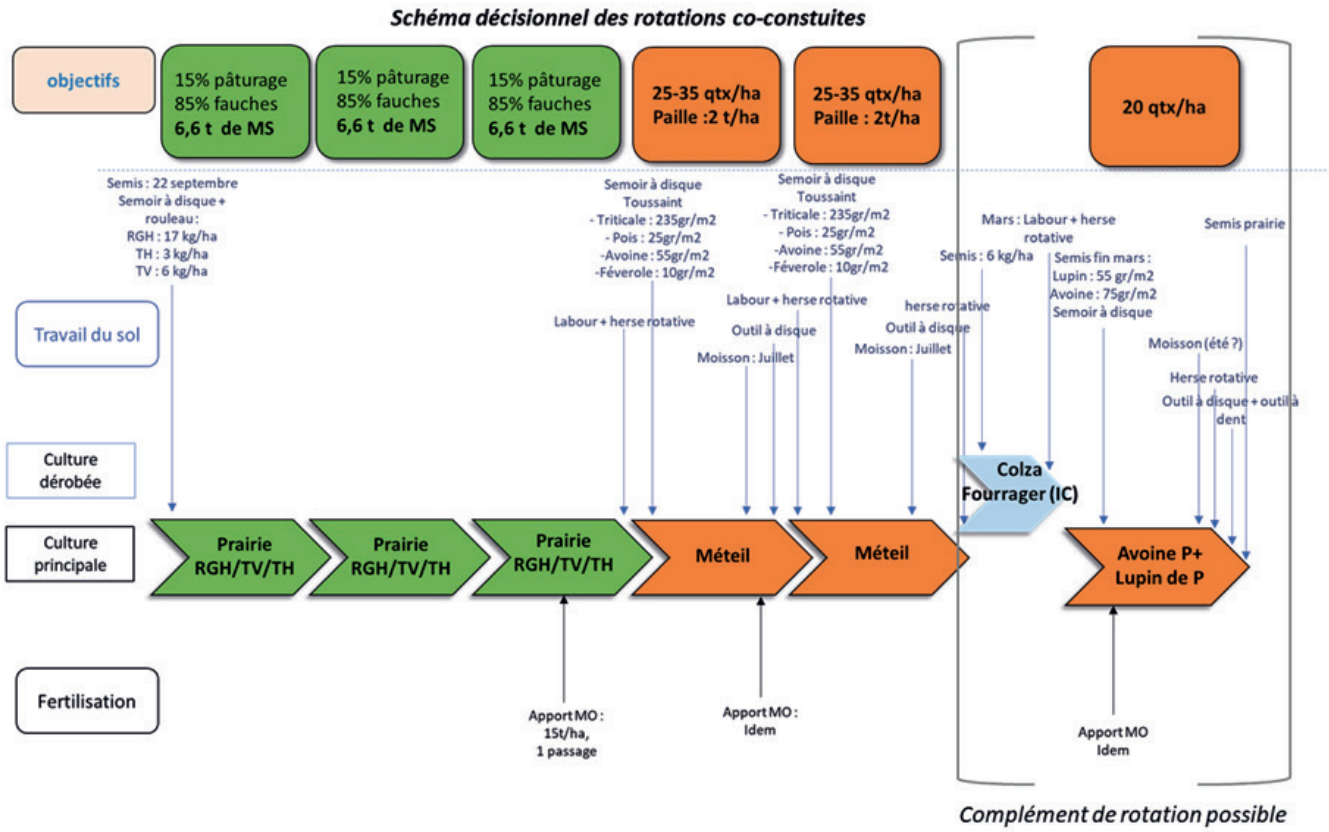


FIGURE 3 : Schéma décisionnel de la rotation du Haut-Bocage (79)

FIGURE 3: Decision-making diagram for the Haut-Bocage (79) crop rotation

faible, une hydromorphie hivernale et une pluviométrie estivale faible.

Ainsi, une rotation courte de six années, avec 50 % de prairie composée de Ray-grass hybride (RGH) et de trèfles violet et hybrides est privilégié. Elle est complétée par un méteil (ou une céréale à paille éventuellement). Une culture de printemps, composée de lupin et d'avoine permettra la production d'un aliment de qualité. Un colza fourrager couvrira le sol entre le méteil et la culture de printemps. Ce colza pourra être pâturé en automne.

La limite de cette rotation est l'apport suffisant de fumier vieilli/ compost pour répondre aux besoins des cultures. Globalement, il manque une trentaine de tonnes de compost de chèvre.

Éventuellement, la prairie pourra être semée sous couvert d'un méteil (association céréales/ protéagineux) simple (vesce-avoine) qui sera pâturé en sortie d'hiver. Cela permettra de limiter le salissement, tout en permettant une bonne implantation de la prairie et la production d'un complément de fourrage. Le semis se fera alors sur le mois d'octobre.

Un système de culture en agriculture biologique en Dordogne, avec une rotation pour le pâturage et une pour le stock

La figure 4 synthétise le schéma décisionnel de cette rotation (Jost *et al.*, 2023c). Ce troisième exemple se situe en Dordogne, zone qui est caractérisée par un climat océanique altéré, avec une température actuelle moyenne de 12,4 °C et 957 mm de précipitation par an. Il s'agit d'un territoire situé sur des terres de champagnes : des sols argileux assez superficiels au pH basique, favorable à la culture de la luzerne. Les caractéristiques de l'élevage sont précisées en tableau 1.

Dans ce système pâturant en agriculture biologique, deux rotations sont mises en place : une rotation de 8 années pour produire le stock de fourrage sur les parcelles plus éloignées de l'exploitation et une rotation de 7 années à orientation « pâturage ». 100 % des apports en NPK sont apportés par les légumineuses et la fertilisation organique.

La rotation pour produire le stock est diversifiée (4 cultures différentes) et se compose de 50 % de luzerne fourragère (implantée sous-couvert d'avoine au printemps) qui permet de contrôler durablement les adventices et restituer des éléments minéraux (azote) à l'échelle de la rotation. Les céréales (orge d'hiver et méteil grain) bénéficient des reliquats d'azote libérés après la destruction de la luzerne (environ 30-40 unités par an), permettant de limiter les apports en azote minéral sur ces cultures. Le fumier vieilli (ou compost) de chèvre est valorisé notamment sur les luzernes. Les quantités produites par le troupeau sont suffisantes pour épandre sur la sole agricole (figure 4). La culture de méteil permet de limiter le développement des maladies et adventices tout en assurant un rendement convenable et une production de qualité adaptée à l'élevage caprin. Les adventices peuvent également être maitrisées par les interventions mécaniques pendant la période d'interculture.

La succession de cultures fourragères de la rotation « pâture » permet de maintenir une surface fourragère intéressante sur

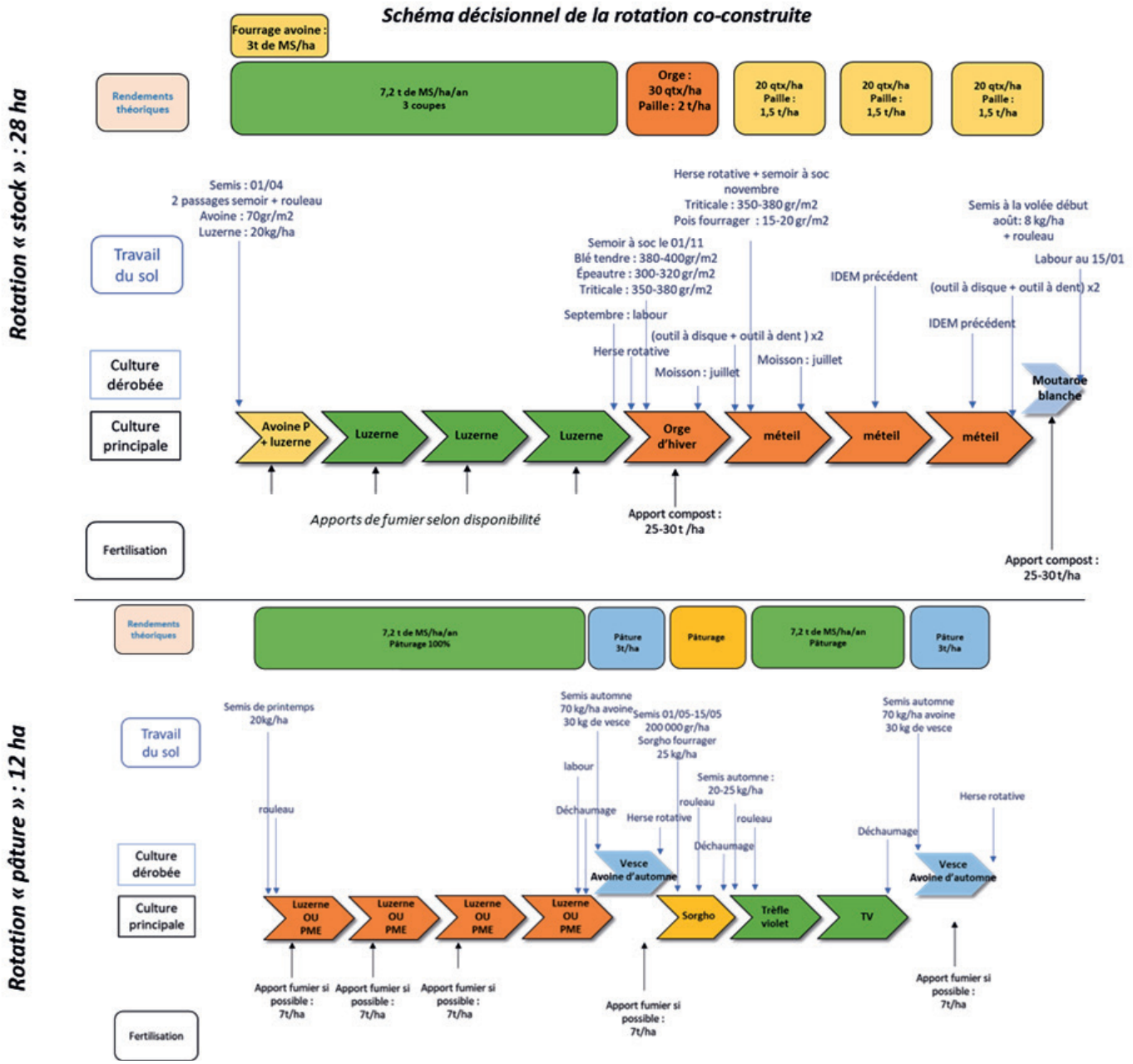


FIGURE 4 : Schéma décisionnel de la rotation en Dordogne (AB)

FIGURE 4: Decision-making diagram for the Dordogne (24) crop rotation

l'exploitation et pâturable toute l'année. La prairie multi-espèce (PME, mélange graminées/légumineuses) permet de maitriser les adventices tout en assurant un rendement intéressant. Afin de prolonger la période de pâture, un mélange « vesce-avoine commune » est implanté fin août et pourra être pâturé à l'automne ou au printemps.

Evaluation multicritère de la durabilité des rotations co-construites

Pilier social

L'évaluation sociale des systèmes de culture concerne notamment le temps de travail, sa répartition dans l'année et le nombre de passage de tracteur dans les parcelles.

Le temps de travail sur l'assolement est de 6,10 heures/ha en moyenne , avec un temps de travail légèrement plus faible sur les systèmes conduits en agriculture biologique (36 min / ha en moins) (tableau 2). Il est globalement plus élevé que dans les systèmes de grandes cultures ou polyculture-élevage de la région (Références issues des fermes Dephy Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire) avec: 1,7 heures / ha en plus que sur les références en polyculture-élevage (tableau 2). Plusieurs explications sont possibles et cumulables : i/ les systèmes caprins valorisent plus de fourrages conservés, même dans des systèmes pâturant, ii/ l'optimisation des itinéraires techniques peut être améliorée.

En moyenne, les systèmes en agriculture biologique font 3 passages de tracteur en moins par an, ce qui est principalement lié

TABLEAU 2 : Synthèse des indicateurs sociaux suivis avec Systerre

TABLE 2: Summary of the social indicators monitored with "Systerre"

	Temps de travail (h/ha)	Nombre de passage par an
Moyenne REDCap – conventionnel (n=7)	6,6	12,6
Moyenne REDCap – AB (n=3)	5,7	9,6
Grande culture (n=335)* Polyculture-élevage (n=529)*	5 4,6	NC NC
Grande culture AB (n=72)* Polyculture-élevage AB(n=250)*	5,2 4,0	NC NC

** Références issues des fermes Dephy Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire*

à une coupe en moins sur les prairies et l'absence de traitements avec des produits phytosanitaires. Cependant, ces systèmes induisent un travail du sol plus fréquent dans la rotation.

On observe une complémentarité entre la période de travaux dans les champs et les chantiers chronophages en élevage, tels que les mises-bas ou la période de mise à la reproduction. Dans notre zone, il s'agit des mois de janvier-février-mars ou août-septembre-octobre. 62 % du travail au champs se font sur le 2ème trimestre (avril à juin), 19 % sur le 4ème trimestre (octobre à décembre), 16 % sur le 3ème trimestre (juillet à septembre) et 8 % sur le 1er trimestre (janvier à mars). Il est à noter que les travaux aux champs chronophages concernent notamment la chaîne de fenaison, qui représente généralement 3-4 coupes dans les systèmes fourragers étudiés. La première coupe se fait souvent par voie humide (enrubannage) dès le mois d'avril. La variabilité du temps de travail entre les systèmes étudiés (figure 5) est quasiment d'une heure (écart-type). Le système le plus chronophage est le système des Mauges, en affouragement en vert (+ 30 % que la moyenne). Ceci est cohérent avec ce mode de valorisation de l'herbe. Les systèmes conduits en agriculture biologique, avec du pâturage, sont 11 % moins chronophages que les systèmes non pâturant. Néanmoins, le niveau de pâturage variable entre les systèmes étudiés amène à nuancer ce constat. Les systèmes du Mans et de Bressuire valorisent l'herbe pâturée sur une période plus courte que le système de Dordogne (pas de sortie estivale et limitée en automne). Ainsi, le système pâturant de Dordogne, valorisant du pâturage de mars à octobre, en limitant les besoins en foin, nécessite 36 % de temps de travail en moins que la moyenne de l'échantillon (temps lié à la mécanisation, hors préparation de clôtures et sortie des chèvres).

Pilier environnemental

L'évaluation environnementale des systèmes de culture concerne notamment les émissions de gaz à effet de serre, la consommation de carburant et l'indice de fréquence de traitement des cultures.

Comme résumé dans le tableau 3, les émissions totales de GES (gaz à effet de serre) sont de 1350 kg éq CO2/ha pour les systèmes de culture en conventionnel et de 831 kg éq CO2/ha pour ceux en agriculture biologique, soit une réduction de 38 %. La répartition des émissions est relativement proche entre ces deux conduites, à savoir 23 % (conventionnel) et 36 % (Agriculture Biologique : AB) pour les carburants et 59 % (conventionnel) et 51 % (AB) pour les fertilisants. Dans les systèmes en agriculture

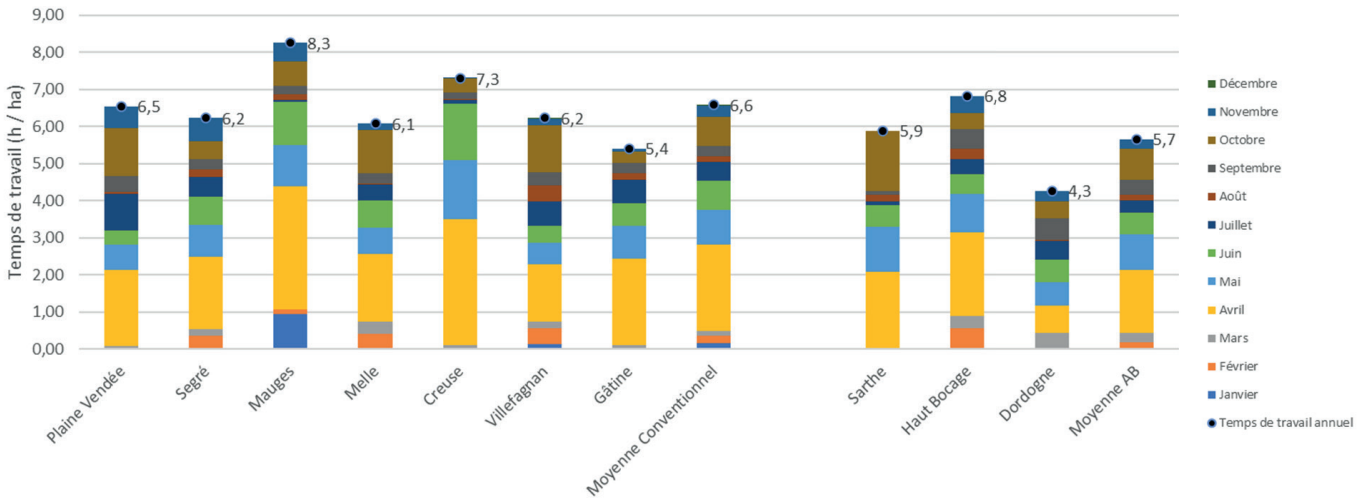


Figure 5 : Histogramme présentant le cumul mensuel du temps de travail dans les différentes rotations co-conçues

Figure 5: Histogram showing the cumulative monthly working time for the different rotations co-designed.

TABLEAU 3 : Principaux indicateurs environnementaux mesurés avec la méthode Systerre

TABLE 3: Main environmental indicators measured with the Systerre method

Zone		Orientation	Emissions GES total (kgéqCO2/ha)	Dont Carburants (kgéqCO2/ha)	Dont Emission indirects (kgéqCO2/ha)	Dont Fertilisants (kgéqCO2/ha)	Dont Résidus Culture (kgéqCO2/ha)
Zone 1 – Poitou méridional	Melle	Conventionnel	1350	315	446	391	198
	Villefagnan	Conventionnel	1646	316	73	1136	122
Zone 2 – Nord Deux-Sèvres	**Gâtine**	Conventionnel	1608	280	50	1153	126
	Haut-Bocage	AB	831	331	48	420	32
Zone 3 - Creuse		Conventionnel	1185	349	27	795	15
Zone 4 - Dordogne		AB	991	218	53	695	24
Zone 5 – Plaine Vendée		Conventionnel	1236	346	62	666	161
Zone 6 - Anjou	Mauges	Conventionnel	1673	399	64	1151	58
	Segré	Conventionnel	1096	303	43	662	88
Zone 7 - Sarthe		AB	732	297	31	377	26
Moyenne			1211	315	52	681	73
Ecart-type			268	33	71	251	54
Moyenne conventionnel			1350	316	62	795	122
Moyenne AB			831	297	48	420	26

Zone		IFT	dont IFT Herbi-cide	dont IFT Fongi-cide	dont IFT Insecti-cide	Consommation Carburant (L/ha)	Dont Travail du sol	Dont Semis	Dont Traitement Phyto	Dont Récolte
Zone 1 – Poitou méridional	Melle	0,8	0,4	0,2	0,1	102,8	28%	8%	3%	40%
	Villefagnan	3,2	1,7	0,5	0,8	126,1	17%	5%	13%	23%
Zone 2 – Nord Deux-Sèvres	Gâtine	0,8	0,6	0,2	0,0	91,0	18%	4%	1%	51%
	Haut-Bocage	0,0	0,0	0,0	0,0	107,9	18%	5%	0%	45%
Zone 3 - Creuse		0,2	0,2	0,1	0,0	113,5	6%	2%	0%	60%
Zone 4 - Dordogne		0,0	0,0	0,0	0,0	71,1	24%	9%	0%	44%
Zone 5 – Plaine Vendée		1,2	0,8	0,4	0,0	112,7	25%	5%	1%	43%
Zone 6 - Anjou	Mauges	0,5	0,0	0,0	0,5	130,0	15%	6%	0%	37%
	Segré	0,4	0,3	0,1	0,0	98,6	11%	9%	2%	43%
Zone 7 - Sarthe		0,0	0,0	0,0	0,0	96,7	18%	4%	0%	39%
Moyenne		0,4	0,2	0,1	0,0	105,3	18%	5%	1%	43%
Ecart-type		0,6	0,4	0,1	0,2	13,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Moyenne conventionnel		0,8	0,4	0,2	0,0	112,7	17%	5%	1%	43%
Moyenne AB		0,0	0,0	0,0	0,0	96,7	18%	5%	0%	44%

biologique, les fertilisants sont uniquement apportés par la fertilisation organique (fumier et/ou compost issus de fumier de chèvre). La consommation de carburants en conventionnel est de 112,7 litres / ha et 96,7 litres / ha en AB, soit 14 % de moins. La consommation de carburant est liée à 43 % en moyenne aux chantiers de récolte (moisson et fauches).

Dans les systèmes de culture avec luzerne (tableau 4), cette légumineuse apporte en moyenne 97 kg d'azote/ha, ce qui représente 44 % des apports d'azote en système conventionnel et 46 % des apports en système AB. La pâture contribue à 18 % de la couverture des besoins en azote des cultures en système AB (pâturant), tandis que la fertilisation minérale contribue à 25 % dans les systèmes conventionnels. La fertilisation minérale couvre 30 % des besoins en azote des cultures en conventionnel et 36 % en AB.

Enfin, la prairie riche en luzerne est connue pour ses besoins forts en phosphore et potassium, qui doivent être apportées en fertilisation organique et minérale pour s'assurer de son bon développement.

Pilier économique

L'évaluation économique des systèmes de culture est synthétisée en tableau 5 et concerne notamment le produit brut, la répartition des charges, la marge brute et la marge semi-nette. Ces indicateurs sont intéressants pour optimiser les systèmes et identifier les charges à réduire. Néanmoins, il est biaisé par deux éléments principaux : i/ une part des aliments produits sont vendus

TABLEAU 4 : Couverture des besoins en azote des systèmes de culture, selon la nature de l'apport

TABLE 4: Coverage of nitrogen requirements of crop systems, according to the nature of the input

Couverture des besoins en azote par…	La fixation des légumineuses	La pâture	L'apport organique	L'apport minéral
Système conventionnel avec luzerne (n=6)	44%	0%	30%	25%
Système AB avec luzerne (n=2)	46%	18%	36%	0%

TABLEAU 5 : Indicateurs économiques suivis avec la méthode systerre

TABLE 5: Economic indicators monitored with the Systerre method

(€/ha)	Produit brut	Charge opérationnelles	Charges de mécanisation	Marge Brute hors aides	Marge directe hors aides (marge semi-nette)
Moyenne conventionnel	**1210**	**246**	**342**	**1008**	**652**
Moyenne AB	**697**	**127**	**308**	**570**	**262**

(à un prix de cession équivalent au coût de production) à l'atelier caprin pour nourrir les chèvres et produire du lait et ii/ certains systèmes ne produisent des cultures annuelles que pour nourrir les troupeaux, tandis que d'autres en cultivent principalement pour la vente. Il est à noter que la marge semi-nette est positive (marge directe hors aides = produit brut – charges opérationnelles – charges de mécanisation).

Comparaison des systèmes culturaux co-conçus aux grandes cultures et polyculture élevage bovin de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire

Le tableau 6 compare les résultats obtenus aux résultats de fermes suivies par le réseau Dephy de Nouvelle-Aquitaine et des Pays de la Loire (fermes en grande culture et en polyculture-élevage, en agriculture biologique ou conventionnelle). Le dispositif DEPHY a pour finalité d'éprouver, valoriser et déployer les techniques et systèmes agricoles réduisant l'usage des produits phytosanitaires tout en promouvant des techniques économiques, environnementales et sociales performantes. Le dispositif repose sur un réseau national couvrant l'ensemble des filières de production et mobilisant les partenaires de la recherche, du développement et du transfert. Le réseau FERME DEPHY rassemble 3 000 exploitations agricoles engagées dans une démarche volontaire de réduction de l'usage de pesticides. En Nouvelle-Aquitaine, on compte 153 exploitations en polyculture-élevage et 60 exploitations céréalières suivies.

La prairie riche en légumineuses représente 47 % de la surface agricole utile cultivée dans les assolements co-conçus. Il s'agit ainsi de cultures majeures dans nos élevages caprins de l'ouest.

TABLEAU 6 : Principaux indicateurs évalués dans les systèmes culturaux co-conçus et dans les exploitations de référence Dephy

TABLE 6: Main indicators assessed in the co-designed crop systems and in the Dephy reference farms

	IFT	Conso. Carburant (l/ha)	Fertilisation minérale (kg N/ha)	Émissions totales GES (kg éq CO2/ha)	Temps de travail (h/ha)	Charges opérationnelles /produit brut	Charges de mécanisation / produit brut
Moyenne REDCap – conventionnel (n=7)	0,8	113	58	1350	6,6	20 %	28 %
Moyenne REDCap – AB (n=3)	0	97	0	831	5,7	18 %	44 %
Grande culture(n=335)* Polyculture-élevage (n=529)*	3,2 1,7	82 82	117 74	1687 1381	5 4,6	29 % 22 %	22 % 21 %
Grande culture AB (n=72)* Polyculture-élevage AB (n=250)*	0 0	97 68	4,8 0,8	658 465	5,2 4,0	17 % 9 %	30 % 16 %

** Références issues des fermes Dephy Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire*

Elles sont historiquement cultivées en pur (Caillat *et al.*, 2016a). On observe un développement des prairies multi-espèces riches en légumineuses comme présenté par Jost *et al.* (2024b) ou en mélanges d'espèces de légumineuses.

Ces légumineuses fourragères permettent globalement de réduire les besoins en azote à l'échelle de la rotation, puisque leur fixation symbiotique couvre 45 % des besoins des cultures, en complément de fertilisation organique (34%) selon l'évaluation avec la méthode Systerre. Ceci permet une économie forte en azote minéral puisque dans une conduite conventionnelle, il y a deux fois moins d'azote acheté que dans les références en grande culture et 1,2 fois moins que les systèmes en polyculture-élevage. La durée d'exploitation de ces prairies - 4,1 années en moyenne – induit une diminution nette des besoins en traitements phytosanitaires sur les cultures suivantes (l'IFT est 4 fois moins qu'en grande culture et 2 fois moins qu'en polyculture-élevage). Ces deux éléments (azote et IFT) ont pour conséquence de diminuer les charges opérationnelles et d'induire des émissions de gaz à effet de serre plus faibles par rapport au système conventionnel grande culture (- 25%) et similaire en polyculture-élevage.

62 % du temps de travail sur la sole agricole se déroule sur le 2ème trimestre, période des fauches principalement. Ceci est complémentaire des autres périodes d'astreinte forte en élevage de chèvres (les mises-bas et la préparation à la reproduction). Le temps de travail sur la sole agricole est plus élevé dans les systèmes en chèvrerie que pour les systèmes au pâturage (+ 1,6 h/ha). Pour les systèmes en pâturage, les chantiers de récolte sont encore bien présents. L'herbe pâturée ne représente que 15 % de la ration annuelle des chèvres. Le stock fourrager reste encore important. Les systèmes caprins en agriculture biologique ont 1,7 h/ha de travail au champ en plus, que les systèmes AB en polyculture élevage. Cet écart s'explique également par la place du maïs ensilage dans les systèmes bovin lait de la zone.

En cohérence avec ce constat sur le temps de travail, les consommations de carburant sont également plus élevées (+ 27 % que les systèmes en polyculture élevage ou en grande culture conventionnel par exemple). Les charges de mécanisation sont ainsi plus importantes. Ceci est encore plus important pour les systèmes caprins en agriculture biologique, d'où des émissions de GES qui sont deux fois plus élevées sur ces systèmes que la référence en polyculture-élevage AB.

Discussion

Les retours des éleveurs ayant participé aux ateliers de co-conception sont très positifs. Ils ont apprécié de travailler sur des rotations typiques de leur zone, avec des échanges techniques. La synthèse détaillée pour chacun des groupes est disponible sur le site internet du réseau REDCap (https://redcap.terredeschevres.fr/spip.php?rubrique103). Des ateliers complémentaires ont déjà été réalisés pour approfondir certains points de maîtrise technique avec les groupes décrits ici. Par ailleurs, des journées techniques, de formations ou de fermes-ouvertes sont également menées pour sensibiliser éleveurs, conseillers et apprenants.

Les 10 exploitations support étudiées ici représentent bien des systèmes caprins de la région. Comme le présente le tableau 6, ces systèmes ont des performances en termes de durabilité intéressantes. Ces performances peuvent être encore améliorées pour être plus ambitieux sur les émissions de GES, de consommation de carburant et le temps de travail notamment.

Néanmoins, ces systèmes de culture ne se veulent pas représentatifs de la diversité des pratiques mises en place dans les exploitations, notamment concernant le travail du sol (sans labour et techniques culturales simplifiée) et de la possibilité d'irriguer (et du niveau d'irrigation). Il s'agit donc d'exemples théoriques, co-conçus avec des éleveurs et validés par les éleveurs et experts agronomiques.

Limites méthodologiques

L'objectif de l'évaluation multicritère était d'identifier les pratiques culturales innovantes mises en place dans les systèmes de polyculture-élevage caprins étudiés ainsi que leurs conséquences sur la durabilité des systèmes culturaux. La méthode Systerre permet de calculer 20 indicateurs.

Concernant le pilier social, il serait intéressant d'évaluer la dangerosité au travail. Dans le projet régional « systèmes de cultures innovants » (Arnaudeau et Minette, 2015), il est proposé d'évaluer l'exposition à la toxicité des produits phytosanitaires par la quantification de substance active auxquels sont exposés les agriculteurs. Cet indicateur peut être facilement calculé par l'outil SYSTERRE utilisé dans le cadre du projet. Il s'agit simplement de la somme de matière actives contenues dans les produits phytosanitaires qui sont épandues par hectare (Berrodier et Jouy, 2018). En illustration, le système de Villefagnan est celui le plus confronté à des substances actives (1619 g/ha), celui de Melle ou de la Gâtine à 650 g/ha et 0 g/ha pour les systèmes en agriculture biologique.

Concernant le pilier environnemental, deux indicateurs ne sont pas évalués dans la méthode systerre, à savoir le stockage de carbone dans le sol et le maintien des services écosystémiques rendus. Concernant le stockage de carbone, Dollé *et al.* (2012) ont quantifié le stockage et déstockage moyen des cultures, prairies permanentes, prairies temporaires haies et parcours au sein d'une exploitation. Avec cette méthode simple et additive, toutes nos rotations déstockent du carbone. Ces valeurs s'élèvent par exemple à un déstockage moyen de 160 kg/ha/an pour une année en cultures, et un stockage de 80kg/ha/an pour une année en prairie temporaire ou luzerne. Concernant le bilan azoté des systèmes culturaux, l'outil Systerre ne prend pas en compte la fixation de l'azote par les légumineuses dans les prairies multi-espèces ou prairies d'associations avec du trèfle violet, mais seulement ceux de la luzerne ou des légumineuses à graines comme le pois, la féverole ou le lupin. Pourtant, cet apport n'est pas négligeable et est essentiel pour augmenter l'autonomie protéique des exploitations.

Tout au long de l'analyse, les résultats ont été exprimés à l'hectare pour s'affranchir des différences de surface entre les différentes exploitations étudiées. Il serait intéressant de poursuivre l'analyse, mais en raisonnant cette fois en fonction d'une unité de production. Cela permettrait d'amener un nouveau regard sur des indicateurs qui ont des valeurs proches entre les différents systèmes culturaux étudiés.

Limites techniques et perspectives de travaux de recherche et de développement

Conserver les prairies plus longtemps est intéressant d'un point de vue économique et environnemental (stockage de carbone notamment). Nos ateliers de co-conception montrent une difficulté réelle des éleveurs de chèvres de l'Ouest à conserver des prairies riches en légumineuses dans la durée (Jost *et al.*, 2022). Ceci peut être expliqué par des attentes des éleveurs fortes en termes de rendement, de développement des espèces non-semées au sein de la prairie ou de disparition progressive des légumineuses dans le temps. Certaines pratiques peuvent conforter cette régression rapide de la luzerne, tel que les fauches fréquentes, le stade physiologique précoce pour récolter un fourrage de qualité ou l'irrigation. Certains éleveurs mettent en place des leviers techniques pour améliorer la durée de vie des luzernières. Il s'agit par exemple du sur-semis de méteil dans la prairie en novembre-décembre (selon les conditions climatiques), soit à partir de la 2ème année d'exploitation, soit la dernière année d'exploitation. Cette pratique permet de conforter le rendement fourrager en 1ère coupe et de limiter le développement d'espèces non semées. Cette pratique est surtout développée dans des prairies en luzerne. Un second levier consiste à favoriser les semis des luzernes au printemps (éventuellement sous couvert de tournesol ou d'une céréale de printemps). Enfin, certains travaux de recherche (Surault et al, 2024) suggèrent de favoriser la culture de luzerne en mélange inter et intraspécifiques. Des travaux complémentaires méritent d'être réalisés et/ou poursuivis pour objectiver l'intérêt de ces pratiques pour conforter la pérennité des prairies, en prenant en compteles contextes pédoclimatiques.

Par ailleurs, certaines rotations ont été allongées par les éleveurs, pour diminuer le risque de cuscute (Cuscutacampestris& C.spp) dans les prairies. Il s'agit d'un parasite obligatoire notamment des luzernes et trèfles. C'est une plante annuelle sans chlorophylle qui se fixe sur les tiges des plantes hôtes où elle prélève la sève directement des vaisseaux conducteurs des plantes qu'elle parasite. En se développant rapidement, elle épuise sa plante hôte et accentue ses besoins en eau. La pénétration des suçoirs dans les tissus hôtes favorise la transmission et l'installation de maladies. On obtient ainsi des rotations longues de 12-13 ans, avec 4 années de prairie. Ceci limite le risque de cuscute, mais détériore le stockage de carbone de la rotation. Les craintes des éleveurs concernant ce parasite sont fortes pour les éleveurs de chèvres du Poitou notamment. Des réflexions sont en cours en Nouvelle-Aquitaine pour trouver des moyens de luttes et préventifs.

On constate que le temps de travail et les charges de mécanisation sont plus importantes dans les systèmes caprins par rapport aux systèmes de référence de la zone (fermes Dephy). La récolte des fourrages et des cultures annuelles représente 43 % de la consommation de carburant du système de culture. La récolte des fourrages est également chronophage au cours de la saison de fenaison notamment. Il n'y a pas de différence entre les systèmes conventionnels et bio, car la production de foin et d'enrubannage reste importante dans les deux systèmes. La chaîne de récolte des fourrages, présente à la fois dans les systèmes caprins pâturant et en bâtiment explique cette sous-performance. Pour améliorer cet indicateur, il faudrait augmenter les quantités d'herbe pâturée par les chèvres (en moyenne 15 % de la ration annuelle – données Inosys Réseau d'Elevage) et/ou réduire le travail de fenaison, par l'amélioration de l'efficience du matériel de fenaison et de leur réglage pour limiter le nombre de passage de machine, par l'entraide pour investir collectivement dans du matériel plus performant, par l'investissement dans du séchage en grange par exemple.

La prairie riche en légumineuses restitue aux cultures suivantes une quantité intéressante d'azote. En revanche, elle aura des besoins forts en phosphore et potassium notamment. La présence d'animaux et notamment de chèvres dans ces systèmes est intéressante pour apporter une partie organique de phosphore, potassium et magnésium via le fumier ou compost de chèvre, qui en est riche (Caillat *et al.*, 2016b) ou de l'apport minéral.

Conclusion

Les trois principaux leviers mobilisés pour construire des systèmes culturaux répondant aux enjeux du changement climatique et de la limitation des intrants sont : i/ mobiliser la diversité intra et inter-spécifique sur les cultures annuelles, intercultures et fourragères, ii/ limiter les cultures de printemps (notamment le maïs) aux parcelles adéquates (selon la réserve utile et la capacité à irriguer), tout en introduisant des oléagineux et de protéagineux dans la rotation et iii/ favoriser les semis des prairies sous-couvert de céréale, tournesol ou méteil.

L'évaluation des rotations montre différents points marquants. La prairie riche en légumineuses est tout à fait cohérente dans les systèmes caprins de l'ouest. En plus d'être une source d'azote pour les chèvres, elle en apporte également pour les autres cultures. Sa durée dans la rotation permet de limiter les traitements phytosanitaires. Ces éléments sont bénéfiques à la fois pour la planète (empreinte carbone) et pour l'éleveur (dangerosité et charges opérationnelles plus limitées). En revanche, la consommation de carburant et le temps de travail, principalement lié à la récolte des fourrages et le travail du sol, sont importants. Dans un contexte d'atténuation du changement climatique, l'optimisation agronomique du système de culture, en produisant des aliments pour l'élevage et en valorisant les effluents est essentielle pour améliorer le bilan global des émissions de GES des élevages caprins. En effet, 55

% des émissions de GES d'un élevage caprin est lié à la gestion des effluents, de la fertilisation organique et minérale et de la production et du transport des engrais et produits phytosanitaires (Bossis *et al.*, 2024). Ce travail n'est que la première étape pour accompagner les éleveurs de chèvres sur l'enjeu du changement climatique au niveau du système de culture, notamment sur le volet contribution à l'atténuation du changement climatique et à la préservation de la biodiversité. Ces deux thématiques seront travaillées par le réseau REDCap à partir de 2025.

Remerciements

Merci aux éleveurs et aux conseillers du réseau REDCap, qui ont permis la co-construction de ces résultats. Ces travaux ont été menés dans le cadre du projet PEI Résilience des systèmes caprins de Nouvelle-Aquitaine financé par l'Union Européenne et par la région Nouvelle-Aquitaine et du projet Cap'Adapt financé par la région Pays de la Loire, avec l'appui financier du BRILAC. Cette action bénéficie des interactions de l'UMT SC3D.

Références bibliographiques

Arnaudeau M., Minette S. (2015). Projet régional Systèmes de cultures innovants (SDCI), Chambre d'Agriculture Aquitaine-Limousin-Poitou-Charente.

Arvalis (2024). Systerre : méthode de calcul des indicateurs.

Berrodier M., Jouy L. (2018). SYSTERRE : méthode de calcul des indicateurs : version juin 2018.

Bossis N., Jost J., Vigan A. (2024). Performances économiques et environnementale des élevages caprins : approche globale et par système alimentaires. *Fourrages* n°260

Caillat H., Delagarde R., Bossis N., Legarto J., Pierre P., Lefrileux Y, Jost J.. (2016a). Les légumineuses dans les systèmes caprins : quelles espèces pour quelles valorisations ? *Fourrages* n°227, p. 199-206.

Caillat H., Boisseau C., Audebert G., Ranger B., 2016b. Le compost caprin : une matière organique d'élevage au potentiel fertilisant à ne pas négliger. Renc. Rech. Ruminants, 2016, 23, p 280.

Delaby L., Peyraud J-L., Pavie J., Mc Carty B., Comeron E. (2016). Les légumineuses fourragères, indispensables à l'élevage de demain. *Fourrages* n°226, p. 77-86.

Dollé J-B., Faverdin P., Agabriel J., Sauvent D., Klumpp K. (2012). Contribution de l'élevage bovins aux émissions de GES et au stockage de carbone selon les systèmes de production. *Fourrages*. n° 215. pp.181-191.

Jost J., Bossis N., Bluet B., (2022). « Impacts économiques du manque de pérennité des prairies dans les systèmes caprins : qu'observe-t-on chez les éleveurs de l'Ouest de la France ? », *Fourrages* 252, 9-17

Jost J., Proust M., Minette S., Py V. et Bossis N. (2023a). Adaptation des systèmes caprins de la zone de Villefagnan (16) au changement climatique. 12p. https://redcap.terredeschevres.fr/IMG/pdf/VF_Synthese_Villefagnan.pdf

Jost J., Bourasseau M., Minette S., Py V. et Bossis N. (2023b). Adaptation des systèmes caprins de la zone de Bressuire (79) au changement climatique. 12p. https://redcap.terredeschevres.fr/IMG/pdf/230421_Synthese_PEI_Bressuire.pdf

Jost J., Villette A., Minette S., Py V. et Bossis N. (2023c). Adaptation des systèmes caprins de la zone de Mensignac (24) au changement climatique. 13p. https://redcap.terredeschevres.fr/IMG/pdf/VF_Mensignac_PEI.pdf

Jost J., Garnier MG., Py V., Lesne R., Bourasseau M., Proust M., Lebas M., Cadu M., Prodhomme O., Subileau O., Soulard T., Tardif V., Caillat H. (2024). Adaptation des systèmes fourragers caprins de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire au changement climatique : quels leviers d'action pour quelles performances ?. *Fourrages* n°260

Jost J., Richard F et Caillat H. (2024b). Performances de prairies multi-espèces composées collectivement pour les éleveurs de chèvres de l'Ouest de la France : synthèse de 8 années d'essais en fermes commerciales, en lycée agricole et en station expérimentale pour accompagner les éleveurs caprins. *Fourrages* n°260

Martin G., Felten B., Magne M.-A., Piquet M., Sautier M., Theau J.-P., Thénard V., Duru M., (2012). Le rami fourrager : un support pour la conception de scénarios de systèmes fourragers avec des éleveurs et des conseillers. *Fourrages*, 210, 119-128.

Moreau J.C., Madrid A., Brun† T., Ruget F. (2020). Dans les filières bovines, apprivoiser le changement climatique. La méthode déployée dans le cadre de Climalait et Climaviande. *Fourrages*, 244, 9-18

Petit M.-S., Reau R., Deytieux V., Schaub A., Cerf M., *et al.* (2012). Systèmes de culture innovants : une nouvelle génération de réseau expérimental et de réseau de compétences. Innovations Agronomiques, 2012, Casdar "Innovation et Partenariat", 25, pp.99-123.

Surault F., Huyghe C., Sampoux J.-P., Labre D., Barre P., Louarn G., Juliet B. (2024). Weed control, protein and forage yield of seven grass species in lucerne-grass associations. Field Crop Research 309 (1), pp.109308. DOI : 10.1016/j.fcr.2024.109308

Thorey P., Boyer C. (2024). Évaluation de ressources fourragères pour le pâturage estival des chèvres en contexte séchant du sud Ardèche et en AOP Picodon. *Fourrages*, 260.

Weber S., Wissocq A., Jouy L., Berodier M. (2018). Outil d'évaluation et de conception d'alternatives innovantes multi-performantes. Poster, Phloème.