



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Francophone pour les Prairies et les
Fourrages

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

www.afpf-asso.fr



AFPF - Maison Nationale des Eleveurs - 149 rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12
Tel. : +33.(0)7.69.81.16.62 - Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Francophone pour les Prairies et les Fourrages

Impacts agronomiques du pâturage de couverts végétaux et de céréales d'hiver par des ovins

V. Verret¹, E. Emonet², L. Sagot³, P. Mischler⁴, D. Gautier⁵, F. Levavasseur⁶.

Les intérêts de faire pâturer les surfaces céréalières par les brebis sont aujourd'hui connus des éleveurs, les effets sur les cultures le sont beaucoup moins. La mise en place d'expérimentations dans le Bassin parisien vise à étudier les impacts agronomiques du pâturage des couverts végétaux et des céréales d'hiver.

RESUME

Les systèmes céréaliers sont en capacité de fournir des biomasses importantes valorisables directement par le pâturage. A travers un dispositif expérimental mis en place chez des agriculteurs du Bassin parisien, cette étude étudie les impacts agronomiques du pâturage de couverts végétaux et des céréales d'hiver par des ovins.

Dans l'étude réalisée, le pâturage des couverts d'interculture n'est pas pénalisant pour la culture suivante. Comparé à un couvert broyé, l'abondance de limaces est réduite de 60 % après pâturage, la disponibilité en azote minéral du sol augmente en moyenne de 6 kg N/ha au semis de la culture de printemps. La structure du sol et le stockage de carbone sont marginalement dégradés. Les céréales pâturées en début de tallage montrent un gain de rendement de 4,8 q/ha.

SUMMARY

Agronomic impacts of sheep grazing on cover crops and winter cereals

Cereal crop-specialized systems can provide significant biomass that can be directly exploited by grazing. Through an experimental system set up with farmers in the Paris Basin, this study investigates the agronomic impacts of grazing winter cover crops and winter cereals by sheep.

In this study, the grazing of cover crops did not penalize the following spring crop. Compared to a mechanical cover crop termination, the abundance of slugs is reduced by 60 % after grazing, the availability of mineral nitrogen in the soil increases on average by 6 kg N/ha when sowing the spring crop. Soil structure and carbon storage are marginally degraded. Cereals grazed at the start of tillering show a yield gain of 4.8 q/ha. Grazing cereals at stem elongation decreased grain yield by 7,5 q/ha.

Sheep grazing in cereal crop specialized systems shows potential to produce animal proteins during autumn and winter, while maintaining cropping system production. We predict a strong interest in these systems in the context of the agroecological transition, whether it be at the plot, farm and territory scales.

Les territoires de grandes cultures, comme le bassin parisien, ont connu au cours du XX^{ème} siècle une érosion rapide des systèmes de polyculture-élevage traditionnels, et la perte de connexion entre productions végétales et animales (Schott *et al.*, 2018). Par exemple, l'Île de France, qui comptait 306 000 ovins en 1955, a vu sa production divisée par 10 en 60 ans (Agreste, 2013b et 2018). Les services écosystémiques liés à cette mixité élevage/culture et à la diversité des systèmes de

culture ont ainsi été progressivement perdus ; bouclage des cycles géochimiques, fertilité des sols, gestion des adventices et bioagresseurs, préservation de la biodiversité, résilience économique, maintien du dynamisme rural, etc (Dumont *et al.*, 2018 ; Bonaudo *et al.*, 2014 ; Leterme, 2019).

Pourtant, les systèmes de culture céréaliers sont en capacité de fournir, sur des surfaces considérables, de la biomasse en quantité et en qualité, valorisable directement par le pâturage d'ovins voire de bovins

AUTEURS

1 : Agrofîle - Agroforesterie et Sols vivants en Ile-de-France, 80 rue des haies F-75020 Paris.

2 : Acta, Station expérimentale ARVALIS, F-91720 Boigneville

3 : Institut de l'Élevage, Le Mourier, F-87800 Saint-Priest-Ligoure

4 : Institut de l'Élevage, 19 bis rue A. Dumas, F-80000 Amiens

5 : Centre Interrégional d'Information et de Recherche en Productions Ovines, Le Mourier, F- 87800 Saint-Priest-Ligoure

6 : Agroparistech, INRAE, UMR ECOSYS Université Paris-Saclay, 1 avenue Lucien Bretenières, F-78850 Thiverval-Grignon

MOTS-CLES : Pâturage, ovin, couverts végétaux, céréales, limaces, bilan humique, rendement, expérimentation, reliquats azotés.

KEY-WORDS: Grazing, sheep, plant cover, cereals, slugs, humic balance, yield, experimentation, nitrogen residues.

REFERENCE DE L'ARTICLE : Verret V., Emonet E., Sagot L., Mischler P., Gautier D., Levavasseur F., (2022). « Impacts agronomiques du pâturage de couverts végétaux et de céréales d'hiver par des ovins ». *Fourrages* 251, 27-37

(Verret *et al.*, 2020). La directive Nitrates de 1991 et le développement de l'agriculture de conservation des sols ont permis l'augmentation des surfaces semées en couverts végétaux pour des bénéfices tant environnementaux qu'agronomiques (Blanco-Canqui *et al.*, 2015). Ces « engrais verts » sont généralement détruits par broyage, roulage ou pulvérisation d'herbicide avant le semis de la culture suivante. Le semis et la destruction des couverts représentent un coût et les agriculteurs déplorent souvent l'absence de valorisation économique de ces biomasses. Ainsi, leur valorisation en tant que fourrage pourrait être obtenue directement par pâturage ovin (Thiessen-Martens et Henz, 2011 ; Barsotti *et al.*, 2013 ; McKenzie *et al.*, 2016). Un intérêt potentiel de cette pratique est d'utiliser le pâturage en tant qu'alternative à la destruction mécanique du couvert, qui présente un coût économique et environnemental.

Historiquement, des troupes ovines pâturaient les chaumes, fanes et adventices entre les cultures et déprimaient les céréales en sortie d'hiver (De Dombasle, 1851). Le pâturage de céréales d'hiver par des ovins durant leur phase végétative est une pratique ancienne, qui a été oubliée en France, mais qui reste d'actualité en Australie et dans les grandes plaines des États-Unis. Pinchak *et al.* (1996) estimait que 30 à 80 % des 8 millions d'hectares de blé semé dans les années 90 dans le Sud des États-Unis étaient pâturés.

En France, développer l'élevage ovin en dehors des zones herbagères très vulnérables aux récentes sécheresses en installant des troupes ovines dans les territoires de grandes cultures, est une option à envisager (Emonet et Seguin, 2019). Cela permettrait de répondre aux enjeux de la filière, puisqu'encore un agneau sur deux consommés en France est actuellement importé (FranceAgriMer, 2022).

Nous posons l'hypothèse que les systèmes céréaliers en quête de durabilité accrue pourraient intégrer des ateliers ovins pâturant les couverts d'interculture et les céréales d'hiver. Le pâturage en plaine céréalière n'a rien de nouveau puisqu'il a été effectué de manière traditionnelle, et que cette pratique persiste à ce jour dans différentes parties du monde. Néanmoins, l'érosion des savoirs traditionnels liés à ces pratiques, et les itinéraires techniques modernes nécessitent l'acquisition de nouvelles références techniques locales et contemporaines sur l'effet de tels pâturages sur les sols et les cultures.

Si les intérêts de faire pâturer les surfaces céréalières par les brebis sont aujourd'hui connus des éleveurs, les effets pour les cultures le sont beaucoup moins. Il convient d'évaluer si le pâturage interfère ou non avec la production, et si les services des couverts ne sont pas remis en cause suite au pâturage, comme le rôle de piège à nitrates par exemple. En effet, les céréaliers sont circonspects quant à l'exportation de nutriments par les ovins et aux impacts sur la structure du sol et sur les cultures. En parallèle, ils estiment que les ovins peuvent accroître la biodiversité

et la fertilité des parcelles par les déjections épandues directement au champ. La littérature grise rapporte des intérêts de ce type de pâturage pour la protection des plantes et la gestion de certains ravageurs comme les limaces, qui prolifèrent généralement dans les couverts végétaux.

La présente étude vise à étudier les impacts agronomiques du pâturage des couverts végétaux et des céréales d'hiver, par la mise en place d'expérimentations dans un réseau d'exploitations agricoles. Dans le cadre de relations entre éleveurs et céréaliers, ces références doivent permettre aux deux parties de mesurer les atouts et les contraintes liés à ces pratiques, dans le but de concevoir des partenariats gagnant-gagnant autant que possible.

1. Matériels et méthodes

1.1. Constitution d'un réseau d'agriculteurs-expérimentateurs

Cette étude a été menée en mettant en place des essais chez 15 agriculteurs d'Ile-de-France et au nord du Loiret. Deux cas de figure se rencontrent : d'une part des polyculteurs-éleveurs ayant un atelier ovin viande pâturant les couverts végétaux et céréales de l'exploitation et ceux de voisins ; d'autre part, des céréaliers et des bergers itinérants disposant de peu de surface, nouant des partenariats pour l'accueil d'une troupe en automne/hiver sur les parcelles céréalières. Une large gamme de pratiques étaient représentées, de l'agriculture conventionnelle à l'agriculture biologique, de systèmes de culture pratiquant le labour à des systèmes sans travail du sol. Les élevages étaient conduits en plein air intégral et d'autres, des systèmes semi-bergerie.

Les essais ont été conçus pour étudier l'impact du pâturage ovin. "toutes choses égales par ailleurs", sans différence de fertilisation ou protection des plantes. Ces expérimentations ont été menées en étroite collaboration avec les agriculteurs, et s'appuient sur les pratiques des fermes, sans que le statut expérimental n'implique de modifications de pratiques cultures ou d'élevage. Les agriculteurs étaient autonomes dans la prise des décisions de gestion, par exemple, pour l'entrée et la sortie des lots, le chargement, la conduite des cultures, etc...

Pour réaliser le pâturage, les parcelles ont été découpées en parcs à pâturer, de taille variable selon les fermes (entre 0,25 ha et 5 ha), en intégrant des parcs "témoins" non pâturés d'une surface minimale de 0,2 ha. Ces témoins étaient au nombre de 1 à 3 selon les possibilités offertes par les agriculteurs, et de manière à répéter les observations. Afin de limiter les biais liés aux conditions de culture et de sol, les essais ont été positionnées dans la zone de la parcelle la plus homogène en termes de sol et potentiel de rendement.

1.2. Pâturage de couverts végétaux

Vingt et un essais de pâturage de couverts végétaux d'interculture ont été conduits entre novembre 2018 et octobre 2021 (tableau 1). Les espèces incluaient des mélanges binaires (féverole, colza), ternaires (avoine, vesce, féverole), et des mélanges comptant jusqu'à plus de dix espèces. Dès le 15 septembre et jusqu'au mois d'avril selon les fermes, des ovins ont été mis au pâturage sur les parcelles en couverts végétaux, par lots de 40 à 390 brebis, avec des chargements instantanés compris entre 12 à 1000 brebis/ha. La plupart des éleveurs optaient pour du pâturage tournant avec une durée de pâturage de 24 à 48 h par parc, et certains recherchaient un compromis avec le temps de travail en allongeant cette durée jusqu'à 31 jours pour un parc. Certains agriculteurs pratiquaient le pâturage jusqu'à ce que la végétation soit réduite au maximum, et d'autres s'autorisaient un résiduel plus important. En sortie d'hiver, les couverts végétaux des parcs témoins ont été gérés comme l'aurait fait l'agriculteur en absence d'ovins, par broyage, roulage ou autre technique, à la date qui lui convenait.

◆ Biomasse

La biomasse disponible au pâturage et la biomasse effectivement consommée par les ovins ont été mesurées par prélèvements dans 3 quadrats minimum de 0,5 m² par modalité (pâturé *versus* témoin) et par répétition, après séchage à l'étuve 48 h.

◆ Limaces

Pour 4 parcelles qui présentaient des populations

de limaces, et sans traitement anti-limace, un comptage des individus a été opéré, en adaptant un protocole proposé par Sarthou *et al.*, (2018). Vers midi, 6 tas de son de blé bio d'un diamètre de 20 cm ont été disposés dans chacune des modalités pâturées et témoins, à 25 m de part et d'autre de la clôture. Les individus présents sur les tas de son, appètent pour les limaces, ont été dénombrés à la nuit tombée vers 21 h. Ces essais ont eu lieu entre mi-novembre et mi-février, pour des chargements instantanés compris entre 50 et 250 brebis/ha.

◆ Compaction

Avant les travaux de mise en culture en sortie d'hiver, et en condition de sol ressuyé, 2 parcelles ont fait l'objet d'évaluation visuelle de la structure du sol, sur l'horizon 0-25 cm, selon la méthode VESS au test bêche (Askari *et al.*, 2013). Brièvement, il s'agit d'extraire une motte de la taille d'un fer de bêche (20 cm * 20 cm * 25 cm), d'identifier des horizons présentant des structures ou morphologies différentes, d'attribuer un score de 1 à 5 à chacun de ces horizons et d'en faire la moyenne pondérée par la hauteur des horizons. La mesure a été réalisée sur 4 mottes par modalité.

◆ Reliquats azotés

L'évolution de l'azote minéral dans le sol a été suivie dans 8 essais afin d'évaluer les effets sur la fertilité chimique. Des carottes de terre ont été prélevées sur l'horizon 0-60 cm, pour mesurer les reliquats azotés en laboratoire agréé. Cet horizon

N° essai	Système	Composition du couvert pâturé	Culture suivante	Effectif du troupeau (ég. brebis)	Date début pâturage	Date fin pâturage	Durée du pâturage	Surface parcelle (ha)	Surface parcs (ha)	Durée d'un parc (jour)	Chargement instantané (brebis/ha)	Protocoles
1	Conventionnel	Féverole, phacélie, navette	Mais grain	350	22/01/2019	10/02/2019	19	20	2	2	175	B, N, R
2	Conventionnel	Phacélie, féverole et radis chinois	Féverole printemps	350	20/12/2018	21/01/2019	32	16	1	2	350	B, N, R
3	Biologique	Vesce, Avoine, Ray-grass	Triticale d'hiver	180	18/11/2019	31/12/2019	43	21	2,5	6	72	B, L, N, R
4	Conventionnel	Colza, féverole, blé	Orge Printemps	85	30/10/2019	04/12/2019	35	7	7	35	12	B, R
5	Biologique	Trèfle, Moutarde, Phacélie, blé, orge, féverole	Betterave sucrière	180	03/02/2020	15/03/2020	41	10	1	1	180	B, R
6	Biologique	Trèfle, blé, orge, moutarde, sorgho, féverole	Betterave sucrière	165	07/11/2019	21/03/2020	135	20	4	21	41	B, N, R
7	Conventionnel	Avoine, pois, radis, moutarde	Betterave sucrière	80	18/10/2019	01/12/2019	44	20	1,5	8	53	B, L, N, R
8	Conventionnel	Avoine, vesce, féverole	Mais grain	350	06/03/2020	18/03/2020	12	10	0,5	1	700	B, N, R
9	Biologique	Trèfle blanc	Triticale d'hiver	40	10/10/2019	27/10/2019	17	13	1	1	40	B, R
10	Biologique	Couvert spontané ravgras	Triticale d'hiver	390	17/11/2019	24/11/2019	7	11	1,5	1	260	R
11	Conventionnel	Diversifié de plus de 10 espèces	Betterave sucrière	170	15/09/2020	19/11/2020	65	18	0,6	2	283	B, L, N, R
12	Conventionnel	Diversifié de plus de 10 espèces	Pois de conserve	150	13/11/2020	12/12/2020	29	20,5	0,7	1	214	B, R
13	Conventionnel	Diversifié de plus de 10 espèces	Betterave sucrière	170	08/12/2020	24/12/2020	16	10	0,7	1	243	B, N, R
14	Biologique	Diversifié	Mais grain	250	23/01/2021	11/02/2021	19	14,5	2	2	125	B, C, L, N, R
15	Biologique	Diversifié	Betterave sucrière	200	02/01/2021	15/03/2021	72	18	4,5	15	44	B,
16	Biologique	Diversifié	Mais grain	200	19/12/2020	03/01/2021	15	10	0,7	1	286	B, C, R
17	Conventionnel	Colza, tournesol, repousses	Mais grain	250	04/12/2020	04/01/2021	31	9	0,25	1	1000	B, R
18	Conventionnel	Colza, tournesol, repousses	Mais grain	250	04/12/2020	04/01/2021	31	9	0,25	1	1000	R
19	Conventionnel	Colza, tournesol, repousses	Féverole printemps	100	04/12/2020	08/01/2021	35	10	0,25	1	400	B, R
20	Conventionnel	Avoine, féverole, radis chinois, tournesol et colza	Mais grain	100	07/02/2021	20/03/2021	41	4,4	0,25	1	400	B, R
21	Biologique	Diversifié de plus de 10 espèces	Sarrasin	180	25/04/2021	30/04/2021	5	10	2	1	90	B

TABLEAU 1 : Caractéristiques des essais de couverts végétaux pâturés et cultures suivantes, et pratiques d'élevage. Dans la colonne « protocoles », B=biomasse, C = compaction, L = limaces, N = Azote, R=Rendement.

Table 1: Characteristics of grazed cover crop trials and following crop and husbandry practices. In the "protocols" column, B=biomass, C=compaction, L=slugs, N=nitrogen, R=yield.

correspond aux pratiques locales de prélèvement de terre, dans ces terres assez profondes et à bon potentiel agronomique. Le stock d'azote sous forme nitrrique et ammoniacale est évalué par le laboratoire à partir de ces mesures et d'une estimation de la densité apparente par le laboratoire selon le type de sol. Pour chaque modalité, 4 prélèvements ont été constitués d'un mélange de 8 carottes, à 3 dates : quelques jours avant le pâturage, après le pâturage, et au semis de la culture de printemps.

◆ Rendement de la culture suivante

Pour 19 essais conduits jusqu'à la récolte, le rendement de la culture de printemps suivant le couvert pâturé a été évalué par prélèvement de 6 à 8 micro-placettes par modalité et par bloc. Ces cultures de printemps incluaient du maïs (7 essais), de la betterave sucrière (5 essais), de la féverole de printemps (2 essais), du pois de conserve (1 essai), du triticale alternatif (3 essais), et de l'orge de printemps (1 essai).

◆ Modélisation du bilan humique

Un bilan humique a été calculé avec l'outil AMG (Clivot *et al.*, 2019) pour une situation type rencontrée dans les essais d'un couvert végétal monospécifique de moutarde (bien paramétré dans AMG, le plus couramment utilisé dans le Bassin parisien, mais pas le plus recommandé pour le pâturage ovin) semé en août et détruit en décembre soit par pâturage, soit mécaniquement. Cet outil a été mobilisé pour estimer sur un pas de temps annuel, les flux de carbone qu'il n'aurait pas été possible de mesurer à la parcelle. L'utilisation AMG se fait ici dans une situation singulière non prévue par l'outil. Ainsi, le pâturage a été simulé par une récolte de biomasse (correspondant à la partie consommée par les brebis), puis à un

épandage d'urine et de fèces (Vasseur, 2021). Ces hypothèses ont été posées en bonne connaissance du modèle AMG et de son utilisation pour simuler l'effet d'apport de matières organiques afin de respecter au mieux son domaine de validité (Levavasseur *et al.*, 2021). Les rapports carbone / azote des matières solides (végétaux et fèces) ont été mesurés sur des échantillons prélevés au champ. Le C/N de l'urine étant dépendant de la teneur en azote du couvert, il a été déduit des abaques de la littérature (Bloor, 2012 ; Lançon, 1978). Les stocks de carbone estimés par AMG ont ainsi pu être comparés.

1. 3. Pâturage de céréales d'hiver

Dix-sept essais de pâturage de céréales, incluant du blé d'hiver (14 essais) dont une parcelle en semis sous couvert de trèfle blanc, du triticale d'hiver (1 essai), du petit épeautre (1 essai) et du grand épeautre (1 essai), ont été mis en place et conduits jusqu'à la récolte, dont 13 en agriculture biologique (Tableau 2). Les parcelles étaient pâturées majoritairement dans des parcs pendant 1 journée, et jusqu'à 7 jours pour les plus faibles chargements. Les essais se sont déroulés sur une période qui s'étalait de début janvier à fin avril. La décision de mettre les ovins sur les céréales était prise par les agriculteurs, selon des critères de portance des sols, de développement et du stade des céréales (échelle de Zadoks), afin de disposer de suffisamment de ressource alimentaire.

◆ Biomasse

Comme décrit précédemment, les biomasses de céréales proposées et consommées ont été quantifiées, dans trois quadrats minimum de 0,25 m², par modalité.

Essais	Système	Céréales d'hiver pâturées	Effectif du troupeau (équivalent brebis)	Date de début du pâturage	Date de fin du pâturage	Stade de la céréale	Durée de pâturage (j)	Surface de la parcelle (ha)	Taille des parcs (ha)	Durée d'un parc (jour)	Chargement instantané (brebis/ha)
Essai 1	Biologique	Blé d'hiver	140	11/02/2019	15/02/2019	Tallage	3	18	1	1	140
Essai 2	Biologique	Blé d'hiver sous couvert de trèfle	390	15/03/2019	01/04/2019	Montaison	17	21	2,5	2	156
Essai 3	Biologique	Petit épeautre	150	01/04/2020	21/04/2020	Montaison	20	8	8	20	19
Essai 4	Conventionnel	Blé d'hiver	150	22/02/2020	26/02/2020	Fin tallage	4	4,2	0,6	1	250
Essai 5	Conventionnel	Blé d'hiver	100	26/02/2020	04/03/2020	Fin tallage	7	4	0,5	1	200
Essai 6	Biologique	Triticale	145	29/03/2020	10/04/2020	Montaison	12	10	1	1	145
Essai 7	Biologique	Blé d'hiver	165	10/01/2020	25/01/2020	Tallage	15	18	4,5	4	37
Essai 8	Biologique	Blé d'hiver	150	08/01/2020	02/02/2020	Tallage	9	15	2	1,5	75
Essai 9	Biologique	Blé d'hiver	180	26/01/2021	30/01/2021	Tallage	4	5	5	4	36
Essai 10	Biologique	Blé d'hiver	180	11/02/2021	24/02/2021	Fin tallage	13	10	5	6	36
Essai 11	Biologique	Blé d'hiver	260	15/01/2021	19/01/2021	Tallage	4	11	2,5	1	104
Essai 12	Biologique	Blé d'hiver	260	15/02/2021	17/02/2021	Fin tallage	2	5	2,5	1	104
Essai 13	Biologique	Blé d'hiver	240	16/01/2021	19/01/2021	Tallage	3	8	2,5	1	96
Essai 14	Biologique	Blé d'hiver	240	17/02/2021	23/02/2021	Fin tallage	6	5	2,5	2	96
Essai 15	Conventionnel	Blé d'hiver	100	21/02/2021	25/02/2021	Fin tallage	4	8	0,25	1	400
Essai 16	Conventionnel	Blé d'hiver	150	26/02/2021	27/02/2021	Fin tallage	1	14	0,25	1	600
Essai 17	Biologique	Grand épeautre	80	25/02/2021	26/02/2021	Tallage	1	0,25	0,25	1	320

TABLEAU 2 : Caractéristiques des essais de céréales d'hiver pâturées, et pratiques d'élevage.
Table 2 : Characteristics of grazed winter grain trials, and husbandry practices.

◆ Compaction

De la même manière qu'après le pâturage de couverts végétaux, la compaction du sol a été étudiée sur 2 parcelles en pâturage de céréales d'hiver.

◆ Mesures à floraison

A floraison des céréales, plusieurs critères ont été mesurés. Afin d'expliquer la survenue éventuelle de la verse des céréales, la hauteur de 30 épis par modalité a été mesurée. Il apparaissait effectivement dans certains discours d'agriculteur que le pâturage pouvait jouer un rôle de raccourcisseur de la paille, et donc de réduction du risque de verse sur la fin de cycle. La densité des épis étant une composante importante du rendement, et pouvant être impactée par le piétinement, elle a été évaluée sur 6 micro-placettes par modalité.

Afin d'estimer l'impact du pâturage sur les maladies foliaires, une estimation visuelle de la F2 (seconde feuille en partant du haut) a été réalisée sur 30 feuilles par modalité. La maladie dominante était la septoriose. L'oïdium n'a pas été observé dans les champs d'essais.

◆ Rendement des céréales pâturées

Le rendement a été estimé par récolte manuelle des épis dans 6 micro-placettes de 2 rangs prélevés sur 1 m de longueur par modalité, puis battage et séchage du grain à l'étuve. Ces dispositifs n'étaient pas adaptés à l'évaluation des impacts du pâturage sur les adventices, les parcelles présentant des hétérogénéités dues à des foyers d'infestation (ray grass notamment).

1.4. Analyse statistique

Les données ont été analysées par modèles linéaires multivariés à effet aléatoire, en utilisant la fonction `rma.mv` et la méthode REML du package `metafor v2.4-0` dans le logiciel R, couramment utilisée pour des analyses de données issues de réseaux d'essais multisites ou métaanalyses (Viechtbauer W, 2010). L'effet aléatoire était porté par les essais et les répétitions. Une pondération a été appliquée, inversement proportionnelle à la variance des mesures au sein des modalités. Ce paramétrage a été choisi afin de donner plus de poids dans le résultat aux essais présentant la plus faible variabilité dans les prélèvements au champ, c'est-à-dire les parcelles les plus homogènes (Verret *et al.*, 2017).

2. Résultats

2.1 Pâturage de couverts végétaux

◆ Biomasse

Les couverts disponibles au pâturage présentaient une biomasse moyenne de 2,4 tonnes de matière sèche par ha (TMS/ha). La biomasse consommée a été estimée à 1,25 TMS/ha en moyenne (intervalle de

confiance à 95 % (IC95 %) = [0,94 - 1,55 TMS/ha]), soit 52 % de la biomasse disponible. Certaines espèces considérées comme peu appétentes *a priori* étaient malgré tout consommées. En effet les brebis ont une capacité d'apprentissage : elles peuvent un temps refuser de consommer une espèce car ne l'ont pas encore rencontrée, puis finir par goûter une nouvelle espèce, ce qui se transmet au troupeau par mimétisme. Dans nos essais, cela a concerné, notamment la féverole et la phacélie.

◆ Limaces

Les populations de limaces ont été réduites à court terme de 62 % en moyenne par le pâturage, ce résultat est statistiquement significatif ($p < 0.0001$). Il s'agit essentiellement des limaces noires *Arion hortensis* et grises *Doceras reticulatum* (figure 1). Dans une précédente étude, Ferguson *et al.* (1988) avait atteint ce niveau de réduction de limaces pour un chargement d'environ 500 brebis/ha/jour, ce qui correspondait aussi au niveau de réduction du témoin traité à l'anti-limaces méthiocarbe (retiré du marché depuis). Les mécanismes en jeu reposent vraisemblablement d'une part sur l'ingestion par les brebis des limaces présentes dans les feuilles des espèces en couverts végétaux, et d'autre part par la destruction d'individus par piétinement. Ce piétinement pourrait avoir un effet complémentaire à plus long terme par la destruction d'œufs présents dans les cavités de surface du sol.

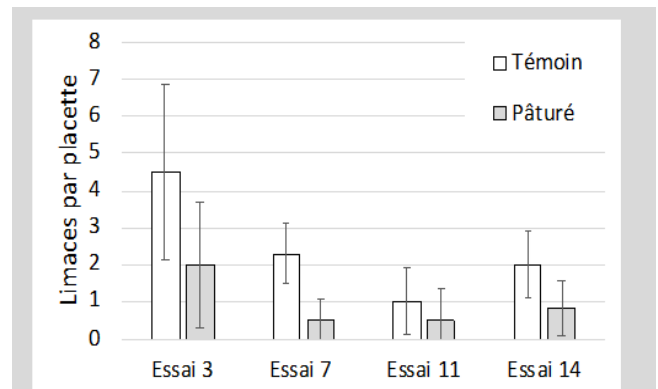


FIGURE 1 : Abondance de limaces dans les placettes d'observations en parc pâturé et parc témoin.

Figure 1 : Abundance of slugs in the observation plots in grazed and control plots.

◆ Compaction

Les scores VESS mesurés au test bêche montrent une augmentation significative de compaction ($p=0,024$), sur l'horizon de surface, pour un essai sur les deux seulement (figure 2). Avec une note moyenne de 2,7 sur une échelle de 1 à 5, la structure des sols est cependant caractérisée entre "intacte" (note 2) à "ferme" (note 3) selon le référentiel d'interprétation de la méthode VESS. Des relevés au pénétromètre, non présentés dans cet article, confirment ces résultats.

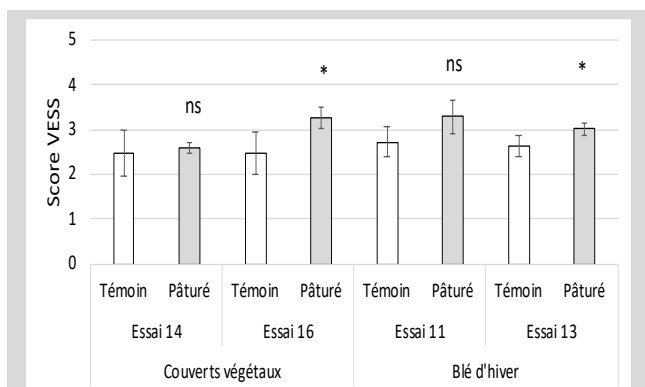


FIGURE 2 : Scores VESS de structure des sols des parcelles pâturées ou témoin (ns : non significatif, * : p<0.05).
*Figure 2 : VESS soil structure scores of grazed and control plots (ns: not significant, *: p<0.05).*

◆ Reliquats azotés

Quelques jours après le pâturage, l'écart entre modalités pâturées et non pâturées dans l'horizon 0-60 cm est de 3 kg N/ha mais est non significatif. La répartition de l'azote minéral dans les différents horizons (0-30 et 30-60 cm) n'a pas été modifiée.

Lors du semis de la culture de printemps, un bonus significatif de 6 kg d'azote total par hectare disponible en plus dans les modalités pâturées a été observé. Cette plus-value est notamment expliquée par une augmentation de la forme nitrique de l'azote (tableau 3).

Cette augmentation est attribuée au retour des pissats riches en urée, qui s'hydrolyse rapidement en ions ammonium puis en ions nitrates, et par la diminution des entrées de carbone dans le sol (Haynes et Williams, 1993).

Forme d'azote en kg N/ha	Avant pâturage	Après pâturage	Au semis de la culture de printemps
N-NH4	+1,34	-1,53 (ns)	-2,08 (ns)
N-NO3	-2,01	+4,97 (*)	+8,05 (***)
N total	-0,67	+ 3,19 (ns)	+5,97 (*)

TABLEAU 3 : Différence de reliquats d'azote sous forme N-NH4, N-NO3 et N total, mesurées dans l'horizon 0-60 cm entre les modalités pâturées et les modalités témoins, aux 3 périodes de mesure, et significativité statistique de la différence des moyennes entre les 2 périodes post-pâturage et situation initiale (ns : non significatif, * : p < 0.05, ** : < 0.01, * : p < 0.001).**

*Table 3: Difference in N-NH4, N-NO3 and total N residues measured in the 0-60 cm horizon between the grazed and control modalities, at the 3 measurement periods, and statistical significance of the difference in means between the 2 post-grazing periods and the initial situation (ns: not significant, *: p < 0.05, **: < 0.01, ***: p < 0.001).*

En effet, dans les essais, le ratio C/N de la biomasse ingérée est réduit de 14 pour les parties aériennes des espèces en couvert à 9 pour les fèces, par la digestion par l'animal puisque 65 % du carbone ingéré par les ruminants est respiré sous forme de CO₂ (Sauvant & Giger-Reverdin, 2009) Il en résulte une plus faible immobilisation de l'azote minéral du sol par la vie du sol. Le piétinement des animaux offre aux micro-organismes une surface de contact importante, ce qui favorise la dégradation de la biomasse.

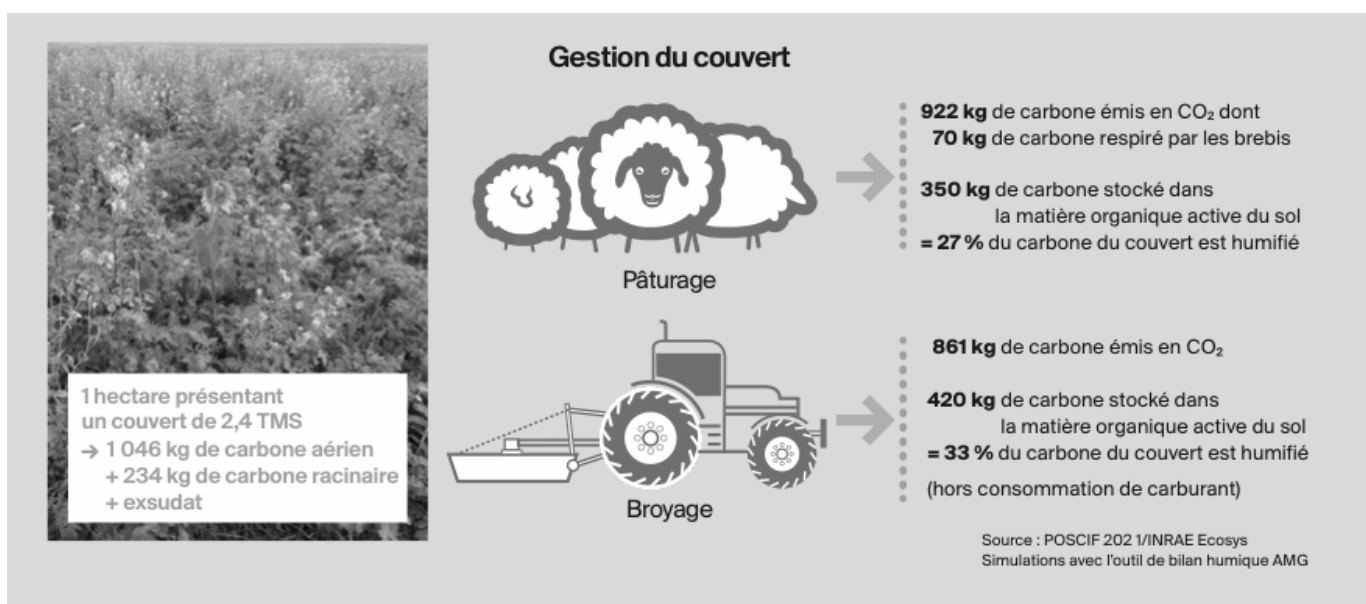


FIGURE 3 : Devenir du carbone du couvert végétal en fonction de s'il est pâturé par les ovins ou broyé par l'agriculteur.
Figure 3 : Carbon fate of the canopy depending on whether it is grazed by sheep or mowed by the farmer.

◆ **Modélisation du bilan humique de la parcelle**

Le bilan humique d'un couvert d'interculture d'une biomasse de 2,4 TMS/ha consommée à 52 % comme vu précédemment, entraîne une diminution de stockage de 70 kg de carbone, par rapport à la situation témoin, en grande partie du fait de la respiration du ruminant (figure 3). Ainsi, 27 % du carbone du couvert est humifié en situation pâturée, contre 33 % dans le cas du couvert témoin. Cela représente respectivement 350 kg de carbone et 420 kg de carbone stockés dans le sol.

◆ **Rendement de la culture suivante**

Dans cette étude, le rendement de la culture suivant le couvert pâturé n'est pas significativement différent de la modalité témoin (figure 4 : +2,4 % en faveur de la modalité pâturée p=0,159, IC95 % [-1 % et +6 %]). Le type de système (conventionnel versus biologique) n'impacte pas le résultat (p=0,561), ni le type de culture (p=0,767). Les effectifs d'essais sont insuffisants pour pouvoir analyser les impacts sur le rendement au regard des pratiques d'élevage (chargement, pâturage tournant, etc.) qui sont trop hétérogènes dans le réseau d'agriculteurs mobilisé.

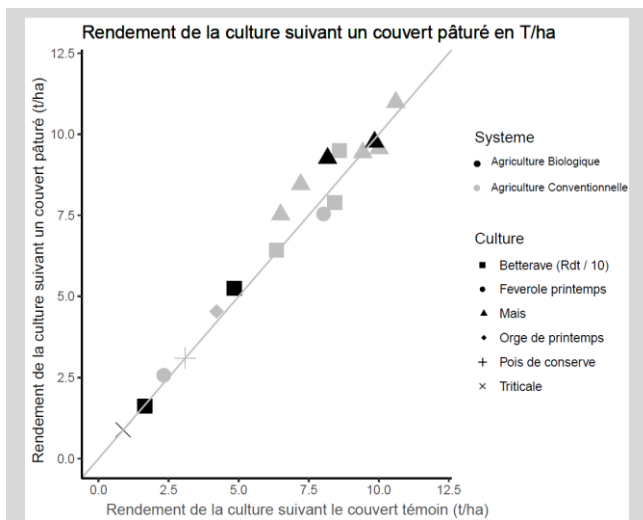


FIGURE 4 : Rendements des cultures en modalité pâturée et témoin, en tonne par hectare (sauf betterave, rendement divisé par 10 pour des questions d'échelles).

Figure 4 : Crop yields in grazed and control modalities, in tons per hectare (except beet, yield divided by 10 for scaling reasons).

2.2. Pâturage de céréales d'hiver

◆ **Biomasse**

Lors du pâturage entre janvier et mars, les parcelles présentaient une biomasse moyenne de 0,57 TMS/ha (IC95 % = [0,36 - 0,78 TMS/ha]). La consommation par les ovins représentait alors 0,36 TMS/ha en moyenne (IC95 % = [0,22 - 0,50 TMS/ha]), soit 63 % de la biomasse disponible.

◆ **Compaction**

Comme c'était le cas après pâturage de couvert, le pâturage de céréales d'hiver impacte le score VESS des parcelles étudiées (figure 2). Le score VESS augmente de 0,57 point pour l'essai 11 (non significatif, p=0,059) et de 0,38 point pour l'essai 13 (significatif, 0,042). La compaction localisée sur le premier horizon de 10 cm, reste cependant non problématique selon les agriculteurs.

◆ **Mesures à floraison**

La hauteur de l'épi à floraison n'est significativement impactée que si la céréale est pâturée après le début de la montaison (tableau 4). La réduction de hauteur moyenne est alors de 5,6 cm, et le pâturage joue dans ce cas un rôle de régulateur qui pourrait se traduire par une réduction du risque de verse (Amos *et al.*, 2016, Harrison *et al.*, 2011). Néanmoins, en absence de verse dans les parcelles suivies y compris dans les parcs témoins lors des 3 années d'étude, ce phénomène n'a pas pu être étudié.

Variable	Effet moyen du pâturage	Effet selon le stade		
		Tallage	Fin tallage	Montaison
Hauteur de l'épi à floraison (cm)	-1,6 [-3,3 ; +0,2] p=0,079	-0,1 [-2,6 ; +2,4] p=0,923	-1,5 [-4,2 ; +1,1] p=0,250	-5,6 [-9,7 ; -1,5] p=0,007
Densité d'épis à floraison (%)	-1 [-10 ; +8] p=0,808	+0,4 [-10,1 ; +12,1] p=0,939	-1,1 [-11,9 ; +11,0] p=0,846	-7,5 [-24,4 ; +13,1] p=0,445
Nécrose foliaire à floraison (%)	-56 [-67 ; -43] p<0,001	-56 [-69 ; -38] p<0,001	-67 [-78 ; -52] p<0,001	-54 [-77 ; -5] p=0,035
Rendement (q/ha)	-0,3 [-3,5 ; +2,5] p=0,810	+4,8 [+0,8 ; +8,9] p=0,019	-3,4 [-7,5 ; +0,8] p=0,109	-7,4 [-15,2 ; +0,3] p=0,061

TABLEAU 4 : Effets du pâturage ovin sur les variables mesurées à floraison et à maturité des céréales pâturées en hiver. Les données sont présentées ainsi : effet moyen, intervalle de confiance à 95%, p-value.

Table 4: Effects of sheep grazing on measured variables at flowering and maturity of winter-grazed cereals. Data are presented as: mean effect, 95% confidence interval, p-value.

Le pâturage, quel que soit le stade de la céréale, n'a pas impacté la densité d'épis (en moyenne, -1 % pour les céréales pâturées, p=0,808, tableau 4), comme cela a pu être observé par Dann *et al.*, (1983) et Lollato

et al., (2017). L'hypothèse posée par les agriculteurs, selon laquelle le pâturage favorise le tallage et la densité d'épis n'est donc pas vérifiée.

La nécrose foliaire, attribuée majoritairement à de la septoriose, a été systématiquement réduite (de 56 % en moyenne), indépendamment du stade de pâturage. En consommant les feuilles, les ovins ont permis d'aérer le couvert, ce qui limite le développement de l'inoculum, qui par ailleurs a pu aussi être ingéré par les ovins, limitant les contaminations vers les feuilles supérieures.

◆ Rendement des céréales pâturées

A maturité, on constate un effet important sur le rendement du stade de la céréale lors du pâturage. Alors qu'un pâturage en début de tallage (stades Z21 à Z23 sur l'échelle de Zadoks) conduit à un gain de rendement significatif de 4,8 q/ha en moyenne ($p=0,019$), les bénéfices sur le rendement s'amenuisent à mesure que le pâturage est réalisé sur un blé au stade plus avancé du blé. Un pâturage en fin de tallage (au-delà de Z24) ne présente pas d'effet significatif, mais le pâturage de céréales ayant commencé la montaison (Z30), après le stade "épi 1 cm", pénalise le rendement de 7,4 q/ha en moyenne (résultat en limite de significativité). Au regard des résultats précédents, le gain de rendement obtenu pourrait être dû à une moindre nuisibilité des maladies de feuille, et à d'autres phénomènes qui seront discutés en fin d'article.

Dès lors, on constate que la hauteur de l'épi réduite par le pâturage à montaison décroît avec le rendement. Il n'est pas possible de confirmer l'intérêt attendu du pâturage ovin vis-à-vis de la verse. Cette hypothèse, héritée des anciens, est ainsi réinterrogée au regard de l'évolution des pratiques agricoles : niveau de fertilisation limité en bio, progrès génétique des variétés, qui ont permis de réduire les risques de verse.

Enfin, la portance du sol lors du pâturage, caractérisée selon 4 classes, n'a pas montré d'effet significatif sur le rendement des céréales ($p=0.682$).

Discussion

La présente étude s'est intéressée aux impacts agronomiques de ces pâturages pour en évaluer l'impact positif ou négatif. En effet, les agriculteurs et en particulier les céréaliers sans élevage appréhendent les dégâts potentiels des ovins sur leurs cultures. Il s'agissait de leur montrer l'innocuité de cette pratique sur leurs cultures de vente.

Les résultats démontrent que les productions végétales ne sont, en moyenne, pas impactées par le pâturage des couverts végétaux. Une étude conduite par ailleurs, en mobilisant le modèle de culture STICS sur du maïs donne un rendement supérieur en parcelle

pâturée compris entre 1,1 % et 2,9 %, selon différents types de sol (Vasseur B. 2021).

Cicek et al., (2014) avaient également rapporté une absence d'impact négatif ou positif du pâturage ovin de couverts sur le rendement de la culture suivante. Dans la littérature, des augmentations de rendement de la culture suivant le pâturage avec des ovins ou bovins ont été rapportées (Carvalho et al., 2018). Elles sont expliquées par la diversification du système de culture (Maughan et al., 2009), le retour d'azote minéral au sol *via* les déjections (Francis et al., 1998 ; Maughan et al., 2009 ; Pitta et al., 2013) et la réduction de l'immobilisation de l'azote en réponse à la réduction de la quantité de biomasse retournée au sol (Francis et al., 1998 ; Thiessen Martens and Entz, 2011 ; Pitta et al., 2013). Par ailleurs, le pâturage peut aussi avoir un effet bénéfique sur la disponibilité en eau pour la culture suivante. En effet, l'eau du sol : le pâturage détruit généralement plus précocement le couvert que lorsque l'agriculteur se décide à le détruire mécaniquement ou chimiquement. Dans des situations de faible précipitation printanière et de destruction mécanique tardive, la croissance du couvert en sortie d'hiver consomme de l'eau du sol, qui de fait ne peut plus être disponible pour le développement de la culture de printemps (Blanco-Canqui et al., 2015).

Si les résultats du pâturage de céréales ont pu apparaître variables *a priori*, nos travaux permettent de préconiser un pâturage avant l'atteinte du stade montaison et en situation de portance suffisante pour les animaux (pour ne pas dégrader le couvert par piétinement). Le pâturage des céréales par des ovins a précédemment été étudié notamment en Australie et aux Etats-Unis, dans des contextes climatiques bien différents du Bassin parisien. Cependant, comme pour nos essais, le début de la montaison est clairement identifié comme le stade à ne pas dépasser pour ne pas affecter la phase reproductive (Dove et Kirkegaard, 2014 ; Harrison et al., 2011 ; Virgona et al., 2006). Friscke et al., (2015) ont constaté des variations des rendements de blé entre -7 q/ha et + 6 qx/ha, avec une majorité de situations avec perte de rendement par rapport aux témoins. Une méta-analyse de 270 études de pâturage de céréales indique une perte moyenne de rendement de 7 % avec une gamme de variation de -35 % à +75 % selon les situations (Harrisson et al., 2011). Les conditions d'obtention d'effets positifs ou négatifs sur le rendement ont pu être identifiées. Outre l'importance du stade du pâturage, les auteurs observent qu'une bonne implantation de la culture conditionne l'atteinte d'un bonus de rendement suite au pâturage. Les conditions climatiques à la reprise de végétation jouent aussi sur l'issue de la culture. Ainsi, le décalage phénologique causé par le pâturage permet d'éviter des gels tardifs en conditions extrêmes. Par ailleurs, lors de déficits hydriques printaniers, une céréale pâturée transpire moins et conserve l'eau du profil pour les stades clés d'élaboration du rendement (Dove et Kirkegaard, 2014 ; Harrison et al., 2011 ; Virgona et al., 2006). A ces conditions le pâturage des

couverts végétaux et des céréales d'hiver conduit au stade favorable (céréales en cours de tallage) permet d'augmenter la productivité d'une parcelle, en produisant en plus des céréales, des protéines animales *a minima* sans compromettre le rendement des cultures (Bell *et al.*, 2015).

Ces biomasses agricoles revêtent un intérêt particulier pour l'élevage. Le pâturage de couverts de cultures présente l'intérêt de réduire la pression de pâturage sur les prairies à la sortie de l'hiver et augmente la disponibilité en fourrage pour la saison (Lollato *et al.*, 2017). Les parcelles céréalières n'étant généralement pas fréquentées par les herbivores, elles sont *a priori* indemnes de parasites ce qui présente un intérêt sanitaire supposé, mais non démontré scientifiquement à notre connaissance. Ces biomasses sont présentes en abondances dans les plaines céréalières. D'après le recensement agricole, on estime à 70 000 ha les surfaces implantées en couverts végétaux en Île-de-France, autant de surface en repousses spontanées (colza notamment) et quatre fois plus de surfaces en céréales d'hiver (Agreste, 2013a). Les valeurs fourragères des principales espèces de couverts (trèfle d'Alexandre, avoine, pois, vesce), mesurées dans une précédente étude, sont considérées comme intéressantes : entre 0,86 et 0,92 UFL et entre 88 et 132 g de PDI par kg de matière sèche (Sagot L., 2018). De même, la valeur fourragère des céréales est toute aussi intéressante, avec une moyenne de 1,02 UFL/kg/MS et 99 g de PDI par kg de matière sèche (Sagot L., 2021). Cependant, la biomasse des couverts est aléatoire car soumise aux risques de mauvaises levées et de sécheresses estivales, de plus en plus fréquentes avec le changement climatique. Au stade pâturable, les céréales présentent une biomasse plus faible (d'autant plus que les semis sont tardifs, comme dans les systèmes en protection intégrée) et moins diversifiée que les couverts, et seraient davantage mobilisés dans les systèmes où l'autonomie fourragère est critique. La sécurité de ces systèmes réside dans l'opportunité de rechercher les biomasses au-delà des frontières de la ferme, du fait de la mobilité de la troupe, avec une limite sur le temps de transport lié aux contraintes et surveillance du troupeau, et à la consommation de carburant qui va avec.

Dans ces essais, les règles de bon sens concernant le surpâturage ont été respectées par les agriculteurs, dans le triple intérêt du bien-être animal, du maintien des performances d'élevage, et de l'entretien de l'état structural des sols. En pâturage hivernal et en conditions humides, une compaction superficielle apparaît, sans que celle-ci ne soit préoccupante pour les agriculteurs. Un état de portance des sols suffisant est un facteur à considérer avant de conduire le troupeau au pâturage, principalement pour garantir le bien-être animal, car nos résultats n'ont pas permis de corréliser les impacts sur le rendement avec la portance du sol lors du pâturage.

Cette étude montre aussi une disponibilité accrue de l'azote au semis de la culture suivante.

Les simulations STICS conduites en parallèle des essais au champ, ont confirmé que ces résultats et ont montré que la période de pâturage du couvert (novembre ou février) influait peu sur l'écart de disponibilité en azote entre les modalités et sur le risque de lessivage (0 à +2 kg N/ha) ou de volatilisation (0 à +4 kg N/ha) (Vasseur 2021). Ainsi les risques environnementaux liés au risque de l'azote semblent limités.

La structure du sol ou le stockage de carbone ont été en contrepartie marginalement dégradés. Cependant, ces dégradations sont à relativiser. La structure du sol n'a pas été dégradée au point d'être problématique pour la production végétale, et les pertes de carbone induites par le pâturage sont faibles. Le pâturage des couverts augmente la teneur en matière organique des sols en comparaison à une période d'interculture en sol nu, comme le montrent Tracy et Zhang, (2008) et Maughan, (2009). Les bénéfices sociaux et pour la biodiversité des sols (Bloor *et al.*, 2012) ne font pas l'objet de cette étude mais comptent pour beaucoup dans les motivations des agriculteurs à remettre les ovins au pâturage.

D'après les données d'enquêtes des pratiques des agriculteurs partenaires, et en mobilisant l'outil d'évaluation multicritères Systerre®, la destruction du couvert par les ovins permet au céréalier d'économiser en moyenne 29 minutes de temps de tracteur, 28€ de charges de mécanisation (hors main d'œuvre) et 8,5 litres de carburant par hectare pâturé, comparativement à l'utilisation d'un broyeur mécanique. Si 52 % du couvert est effectivement consommé par les brebis, la réduction de biomasse de couvert suffit alors à se passer du broyage mécanique pour les opérations culturales suivantes (labour, travail superficiel, semis direct, *etc.*). Une approche plus systémique d'évaluation multicritères de ces systèmes a été conduite indépendamment de ces essais agronomiques et démontrent que de nombreux indicateurs environnementaux (bilan carbone, consommation d'énergie, efficacité énergétique) et économiques (marge nette) sont améliorés dès lors que les biomasses agricoles sont valorisées au pâturage en hiver, en alternative à une conduite en bergerie avec affouragement de stocks achetés ou constitués sur la ferme (Moesch, 2020 ; Verret *et al.*, 2020).

Ainsi, sur la base des partenariats conduits chez les agriculteurs ayant participé à cette étude, et de ces résultats, le bénéfice réciproque semble effectivement atteint, ce qui aboutit à des relations d'accueil de troupeau par des céréaliers sans échange monétaire en Île-de-France. Les éleveurs restent généralement seuls responsables de la surveillance troupeau, et la gestion des clos, sans impact sur le temps de travail du céréalier, mais avec une nouvelle dimension de convivialité. Les intérêts agronomiques de cette pratique et ses co-bénéfices font que le retour des ovins

au pâturage en plaine céréalière constitue effectivement un pas vers l'agroécologie.

Les perspectives de développement de ces systèmes semblent importantes (Havet *et al.*, 2020 ; Verret *et al.*, 2020) étant données les surfaces concernées et la demande en viande produite localement (l'Île-de-France ne produit que 1.7 % de la viande qu'elle consomme, toutes espèces animales confondues. Source : Conseil régional d'Île-de-France). Des complémentarités sont à trouver avec des parcours pastoraux dans le territoire, en synergie avec les agriculteurs voisins (céréaliers mais aussi arboriculteurs, viticulteurs, *etc.*) et les gestionnaires d'espaces naturels et verts pour augmenter la production de services écosystémiques par ces troupeaux "multi-services. L'élevage ovin itinérant serait un modèle à promouvoir notamment dans le cadre de l'installation de jeunes agriculteurs car cette activité ne nécessite pas de lourd investissement ni de coût foncier.

Cependant, les freins au développement de ces systèmes sont importants. Les candidats à l'installation restent peu nombreux, et plutôt attirés par la province où le foncier et le coût de la vie sont plus abordables que dans le Bassin parisien. Il s'agit de travailler à l'installation d'éleveurs, en favorisant l'attractivité de l'activité, faisant connaître les opportunités chez les céréaliers, et en développant une offre de formation locale spécifique à l'élevage de plaine. Les filières d'élevage franciliennes ayant décliné doivent dorénavant être soutenues pour répondre aux besoins des éleveurs. A titre d'exemple, seulement deux abattoirs prennent en charge les ovins dans la région, et les vétérinaires ruraux sont rares. Le « plan d'avenir pour l'élevage francilien », voté en 2022 par la Région, entend répondre à ces enjeux pour les dix prochaines années, en lien avec des projets alimentaires territoriaux (PAT). Ces modes d'élevage traditionnels continuent d'interroger sur leurs conduites (dimensionnement des troupes, finition des agneaux) et leurs performances (viabilité, vivabilité), ce qui doit faire l'objet de futures études, puis de mesures de soutien particulières s'ils sont jugés désirables d'un point de vue social et environnemental.

Conclusion

En conclusion, le pâturage ovin en plaine céréalière présente des intérêts agronomiques qui doivent inciter les céréaliers à accueillir des troupes sur leurs parcelles, et les polyculteurs-éleveurs à valoriser les ressources pâturables déjà disponibles dans les systèmes de culture, et à favoriser ces ressources au bénéfice de la couverture des sols. La présente étude fait la démonstration que ce pâturage s'opère sans affecter les performances des systèmes de culture. Le pâturage de plaine céréalière est une opportunité pour alimenter des troupes ovines consécutives d'octobre à mars, en complémentarité

temporelle avec l'exploitation d'autres surfaces fourragères plus classiques au printemps et en été. Nous prédisons d'un fort intérêt de ces systèmes dans le cadre de la transition agroécologique, que ce soit à l'échelle de la parcelle, de la ferme et du territoire.

Remerciements

Les auteurs remercient les agriculteurs-expérimentateurs qui ont participé à la conduite des essais et l'élaboration des résultats, les stagiaires mobilisés dans le cadre de cette étude, et ses financeurs : l'ADEME, le Conseil Régional d'Île-de-France et l'Union Européenne par le FEADER et les dispositifs LEADER portés par les groupes d'actions locaux du Parc Naturel Régional du Gâtinais Français et du sud Seine-et-Marne.

Article accepté pour publication le 17 juillet 2022

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agreste (2013a). « Île-de-France. Productions végétales en Ile-de-France : une présence renforcée des grandes cultures au cours d'une décennie difficile pour les productions de légumes et cultures spécialisées ». n°126, 1-18.
- Agreste (2013b). « Île-de-France. Productions animales : baisse des cheptels et concentration renforcée des exploitations ». n° 127, 1-16.
- Agreste (2018). « Conjoncture : En 2017, léger repli de la production ovine ». n° 324, 1-5.
- Amos D., Fradgley N., Costanza A., (2016). « Can black grass be controlled by grazing sheep? ». *Organic Resarch Center*, n°121.
- Askari M.S., Cui J., Holden N.M., (2013). « The visual evaluation of soil structure under arable management ». *Soil and Tillage Research* 134, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.06.004>
- Barsotti J.L., Sainju U.M., Lenssen A.W., Montagne C., Hatfield P.G., (2013). « Crop yields and soil organic matter responses to sheep grazing in US northern Great Plains ». *Soil & Tillage Research* 134:133-141.
- Bell L., Harrison M., Kirkegaard J., (2015). « Dual-purpose cropping – capitalising on potential grain crop grazing to enhance mixed-farming profitability ». *Crop & Pasture Science*, 66, i-iv. https://doi.org/10.1071/CPv66n4_FO
- Blanco - Canqui H., Shaver T.M., Lindquist J.L., Shapiro C.A., Elmore R.W., Francis C.A., Hergert G.W. (2015). « Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils ». *Agronomy Journal* 107, 2449-2474. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0086>
- Bloor J.M.G., Jay-Robert P., Morvan A.L., Fleurance G., (2012). « Déjections des herbivores domestiques au pâturage : caractéristiques et rôle dans le fonctionnement des prairies ». *INRAE Productions Animales* 25, 45-56. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2012.25.1.3196>
- Bonaudo T., Bendahan A.B., Sabatier R., Ryschawy J., Bellon S., Leger F., Magda D., Tichit M., (2014). « Agroecological principles for the redesign of integrated crop-livestock systems ». *Eur. J. Agron.* 57, 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010>
- Carvalho P.C. de F., Barro R.S., Barth A., Nunes P.A. de A., Moraes A. de, Anghinoni I., Bredemeier C., Bayer C., Martins A.P., Kunrath T.R., Santos D.T., dos, Carmona F. de C., Barros T., Souza W., de Almeida G.M., de Caetano L.A.M., Cecagno D., Arnuti F., Denardin L.G. de O., Bonetti J. de A., Toni C.A.G., de Borin J.B.M., (2018). « Integrating the pastoral component in agricultural systems ». *R. Bras. Zootec.* 47. <https://doi.org/10.1590/rbz4720170001>
- Cicek H., Thiessen Martens J.R., Bamford K.C., Entz M.H., (2014). « Effects of grazing two green manure crop types in organic farming systems: N supply and productivity of following grain crops ». *Agriculture, Ecosystems & Environment, Integrated Crop-Livestock System Impacts on Environmental Processes* 190, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.028>
- Clivot H., Mouny J.-C., DUPARQUE A., Dinh J.-L., Denoroy P., Houot S., Vertes F., Trochard R., Bouthier A., Sagot S., Mary B., (2019). « Modeling soil organic carbon evolution in long-term arable experiments with AMG model ». *Environmental Modelling and Software* 118, 99- 113. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.04.004>

- Dann PR., Axelsen A., Dear BS., Williams ER., and Edwards CBH., (1983). « Herbage, grain and animal production from winter-grazed cereal crops ». *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 23(121) 154 - 161. <https://doi.org/10.1071/EA9830154>
- De Dombasle M., (1851). « Le calendrier du bon cultivateur ou Manuel de l'agriculteur praticien ». Éditions Bouchard Huzard.
- Dove H., Kirkegaard J., (2014). « Using dual-purpose crops in sheep-grazing systems ». *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94, 1276–1283. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6527>
- Dumont B., Groot J.C.J., Tichit M., (2018). « Review: Make ruminants green again – how can sustainable intensification and agroecology converge for a better future? ». *Animal* 12, 210–219. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001350>
- Emonet E., Seguin V., (2019). « La réintroduction d'élevage dans un territoire spécialisé en grande culture est-elle durable ? Évaluation multicritère de scénarios de recouplage ». *Innovations Agronomiques* 72, 163-179. <https://dx.doi.org/10.15454/CQS3WD>
- Ferguson C.M., Barratt B.I.P., Jones P.A., (1988). « Control of the grey field slug (*Deroceras reticulatum* (Muller)) by stock management prior to direct-drilled pasture establishment ». *J. Agr. Sci.* 111:3, 443-449. <https://doi.org/10.1017/S0021859600083611>
- FranceAgriMer, (2022). « Fiche filière -viande ovine ». <https://www.franceagrimer.fr/Mediatheque/INSTITUTIONNEL/PUBLICATIONS/ETABLISSEMENT/2022/Les-fiches-de-FranceAgriMer-2022/Fiche-filiere-Ovine>
- Francis G.S., Bartley K.M., Tabley F.J., (1998). « The effect of winter cover crop management on nitrate leaching losses and crop growth ». *The Journal of Agricultural Science* 131, 299–308. <https://doi.org/10.1017/S0021859698005899>
- Frischke A., Hunt J., McMillan D., Browne C., (2015). « Forage and grain yield of grazed or defoliated spring and winter cereals in a winter-dominant, low-rainfall environment ». *Crop and Pasture Science* 66(3-4):308-317. <https://doi.org/10.1071/CP14273>
- Haynes R.J., Williams P.H., (1993). « Nutrient Cycling and Soil Fertility in the Grazed Pasture Ecosystem ». *Advances in Agronomy* 49, 119–199. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60794](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60794)
- Harrison M.T., Evans J.R., Dove H., Moore A.D., Harrison M.T., Evans J.R., Dove H., Moore A.D., (2012). « Dual-purpose cereals: can the relative influences of management and environment on crop recovery and grain yield be dissected? ». *Crop Pasture Sci.* 62, 930–946. <https://doi.org/10.1071/CP11066>
- Havet A., Lescoat P., Péchoux S., Pissonnier S., Verret V., (2020). « Développer l'élevage ovin en plaine céréalière d'Île-de-France : une utopie ? », 3R *Rencontres Recherches Ruminants* 2020. <http://www.journees3r.fr/sip.php?article4811>
- Lançon J., (1978). « Les restitutions du bétail au pâturage et leurs effets ». *Fourrages* 75, 55-88.
- Leterme P., Nesme T., Regan J., Korevaar H., (2019). « Environmental Benefits of Farm- and District-Scale Crop-Livestock Integration ». *Agroecosystem Diversity. Elsevier*, pp. 335-349. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00021-2>
- Levavasseur F., Mary B., Houot S., (2021). « C and N dynamics with repeated organic amendments can be simulated with the STICS model ». *Nutr Cycl Agroecosyst* 119, 103–121. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10106-5>
- Lollato R.P., Marbuger D., Holman J.D., Tomlinson P., Presley D., Edwards J.T., (2017). « Dual-purpose wheat - Management for forage and grain production ». *Great Plains Grazing*.
- McKenzie S. C., Goosey H. B., O'Neill K. M., & Menalled F. D., (2016). « Impact of integrated sheep grazing for cover crop termination on weed and ground beetle (Coleoptera:Carabidae) communities ». *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 218, 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.11.018>
- Maughan M.W., Flores J.P.C., Anghinoni I., Bollero G., Fernández F.G., Tracy B.F., (2009). « Soil quality and corn yield under crop-livestock integration in Illinois ». *Agronomy J.* 101, 1503– 1510. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0068>
- Moesch F., (2020). « Apports de l'évaluation multicritère dans la mise en place de systèmes intégrés grandes cultures - ovins en Ile-de-France ». *Mémoire de fin d'études*. Agroparistech.
- Pinchak W.E., Worrall W.D., Caldwell S.P., Hunt L.J., Worrall N.J., Conoly M., (1996). « Inter-relationships of forage and steer growth dynamics on wheat pasture ». *Journal of Range Management* 49(2), 126-130. <http://dx.doi.org/10.2307/4002681>
- Pitta C.S.R., Pelissari A., Da Silveira A.L.F., Adami P.F., Sartor L.R., Assmann T.S., Migliorini F., (2013). « Decomposition and nitrogen release in areas with and without grazing and its influence on corn ». *Seminar : Ciências Agrarias* 34-2, 905–920. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p905>
- Sagot L., (2018). « Cet automne, mes brebis pâturent les couverts végétaux ». Brochure CIIRPO - IDELE. ISBN 978-2-36343-870-6.
- Sagot L., Verret V., (2021). « Lorsque les céréales se pâturent ». *Conférence Tech-Ovin*. 8-9 septembre 2021, Bellac, France.
- Sarthou J.P., Chabert A., Jamault A., (2018). « Protocole de suivi des populations de limaces ». Consulté en ligne en avril 2018 : <https://agriculture-de-conservation.com/Protocole-de-suivi-des-populations-de-limaces.html>
- Sauvat D., Giger-Reverdin S., (2009). « Les variations du bilan carbone des ruminants d'élevage ». *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, Déc. 2009, Paris, France. pp.229-232,
- Schott C., Mignolet C., Puech T., (2018). « Dynamiques passées des systèmes agricoles en France : une spécialisation des exploitations et des territoires depuis les années 1970 ». *Fourrages*, 235, 153-161.
- Thiessen Martens, J.R., Entz, M.H., (2011). « Integrating green manure and grazing systems: A review ». *Can. J. Plant Sci.* 91: 811–824. <https://doi.org/10.4141/cjps10177>
- Tracy B.F., Zhang Y., (2008). « Soil Compaction, Corn Yield Response, and Soil Nutrient Pool Dynamics within an Integrated Crop-Livestock System in Illinois ». *Crop Science* 48, 1211–1218. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.07.0390>
- Vasseur B., (2021). « Effets du pâturage ovin de couverts végétaux et de cultures d'hiver sur les cycles de carbone et de l'azote ». Mémoire de master.
- Verret V, Gardarin A, Makowski D, Lorin M., Cadoux S., Butier A., Valantin-Morison M., (2017). « Assessment of the benefits of frost-sensitive companion plants in winter rapeseed ». *Eur. J. Agron.* ;91 :93–103. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.006>
- Verret V., Emonet E., Claquin M., Rougier M., Sagot L., Mischler P., Gautier D., (2020). « Recoupler grandes cultures et élevages ovins par le pâturage, en vue de systèmes économes en Île-de-France ». *Innovations Agronomiques*. 80, 55-68. <https://dx.doi.org/10.15454/fjkk-6d10>
- Viechtbauer W., (2010). « Conducting meta-analyses in R with the metafor package ». *J Stat Softw.* 36(3):1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>
- Virgona J., Gummer F., and Angus J., (2006). « Effects of grazing on wheat growth, yield, development, water use, and nitrogen use ». *Australian Journal of Agricultural Research* 57(12) 1307-1319. <https://doi.org/10.1071/AR06085>