

La revue francophone sur les prairies et les fourrages

The French Journal on Grasslands and Forages

Les articles publiés dans Fourrages sont répertoriés dans : Agris, Resagri, Herbage Abstracts, Rural Development Abstracts, Web of Science, World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts ainsi que par ISI.

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, pour vous
abonner ou pour
soumettre un article
dans la revue :

<https://afpf-asso.fr/informations-sur-la-revue-fourrages>

ISSN papier 0429-2766

ISSN numérique 2402-7294

N° Commission paritaire : 1127 G 82356+

Notre association a pour objectif, depuis 1959 de mieux diffuser les résultats de la recherche autour des fourrages et des prairies. Pour soutenir notre action et adhérer, consultez notre site internet.

COMPARAISON D'UN BOUQUET DE SERVICES RENDUS PAR LES PRAIRIES VALORISÉES ENTRE 3 MÉTHODES DE PÂTURAGE CONTRASTÉES

Mise en situation

Face aux impacts du climat sur les prairies pâturées en continu ou en rotation, cette étude compare ces méthodes au pâturage adaptatif multi paddock (AMP) afin d'évaluer son intérêt et la faisabilité de mise en place dans les systèmes d'élevage bovin français. Elle vise aussi à questionner la gestion de l'herbe pâturée sur des pas de temps longs, ou encore les paiements pour services environnementaux.

Résumé

Les prairies constituent un élément central des systèmes d'élevage herbagers, assurant l'alimentation des animaux et la fourniture de nombreux services. Cependant, la compréhension des effets des différentes méthodes de pâturage sur un bouquet de services reste encore peu documentée. Cette étude analyse les impacts de trois méthodes de pâturage : pâturage continu, pâturage tournant et pâturage adaptatif multi-paddock (AMP) sur plusieurs services rendus : valorisation des prairies, performances animales, séquestration du carbone, diversité faunistique, charge de travail des éleveurs. Un dispositif expérimental a été déployé sur 18 fermes réparties dans 3 régions françaises (Charolais, Normandie et Grand Est) et suivi sur 3 années (2022–2024). L'analyse des données brutes montre que le pâturage tournant optimise la valorisation de l'herbe et la qualité de la ressource fourragère, tandis que le pâturage continu présente des performances intermédiaires associées à une charge de travail d'astreinte réduite. L'AMP montre un potentiel intéressant avec les performances animales les plus élevées et une capacité plus élevée de séquestration du carbone sur l'ensemble du profil de sol 0–60 cm. L'analyse des Carabidés montre que l'AMP semble être au moins aussi favorable à la richesse spécifique que le pâturage tournant, alors que le pâturage continu apparaît comme plus défavorable aux Carabidés, en particulier les individus de milieux fermés et les individus carnivores. Les méthodes de pâturage constituent un levier intéressant pour orienter les systèmes d'élevage vers une meilleure fourniture de services et l'AMP présente un potentiel à creuser étant donné la grande variabilité des données.

Summary

Comparison of a range of services provided by grasslands across 3 contrasting grazing methods

Grasslands are a central component of grassland livestock farming systems, providing food for animals and numerous other services. However, there is still little documentation on the effects of different grazing methods on a range of services. This study analyzes the impacts of three grazing methods—continuous grazing, rotational grazing, and adaptive multi-paddock grazing (AMP)—on several services: grassland enhancement, animal performance, carbon sequestration, wildlife diversity, and farmer workload. An experimental program was deployed on 18 farms in three French regions (Charolais, Normandy, and Grand Est) and monitored over three years (2022–2024). Analysis of the raw data shows that rotational grazing optimizes grass utilization and forage quality, while continuous grazing shows intermediate performance associated with a reduced workload. AMP shows interesting potential with the highest animal performance and a higher carbon sequestration capacity across the entire 0–60 cm soil profile. Analysis of Carabidae shows that AMP appears to be at least as favorable to species richness as rotational grazing, while continuous grazing appears to be less favorable to Carabidae, particularly individuals from closed environments and carnivorous individuals. Grazing methods are an interesting lever for steering livestock systems towards better service provision, and AMP has potential to be explored given the high variability of the data.

Auteurs

Russias R^{1,2}, Gaujour E³, Klumpp K⁴, Rozier S², Labonté A³, Antoine C³, Meunier C³, Delagarde R⁵, Michaud A¹

¹INRAE, UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE, VETAGRO SUP, UMRH, 89 AVENUE DE L'EUROPE, 63370 LEMPDES, FRANCE

²MOY PARK BEEF ORLÉANS, RUE DES PINS, 45400 FLEURY-LES-AUBRAIS, FRANCE

³INSTITUT AGRO DIJON, 26 BD DOCTEUR PETITJEAN, 21000 DIJON

⁴INRAE, VetAgro Sup, UMREP, 5 Chemin de Beaulieu, 63000 Clermont-Ferrand, France

⁵PEGASE, INRAE Institut Agro, 16 Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France

Auteur correspondant :
audrey.michaud@vetagro-sup.fr

Mots clés

Pâturage, services écosystémiques, pâturage régénératif

Key words

Grazing, ecosystem services, regenerative grazing

Références de l'article

Russias R, Gaujour E, Klumpp K, Rozier S, Labonté A, Antoine C, Meunier C, Delagarde R, Michaud A., (2026). Comparaison d'un bouquet de services rendus par les prairies valorisées entre 3 méthodes de pâturage contrastées, *Fourrages* 265, 29-40. <https://doi.org/10.64256/FOU2508>

Article accepté pour publication le 25 mars 2026.

1. Introduction

Les systèmes d'élevage herbagers reposent largement sur les prairies pour l'alimentation animale, mais ces dernières jouent aussi un rôle crucial dans la fourniture de services écosystémiques, c'est-à-dire des bénéfices que les humains tirent des écosystèmes (MEA, 2005). Ces prairies contribuent à la prévention de l'érosion des sols, à la régulation des flux hydriques, à la filtration des polluants minéraux et organiques, et à la préservation de la diversité floristique, faunistique ou microbienne (Le Roux *et al.*, 2008). Elles participent également au stockage du carbone (Mauchamp *et al.*, 2013 ; Michaud *et al.*, 2020). Bien que l'importance des prairies pour la fourniture de services écosystémiques soit reconnue, les effets des différentes méthodes de pâturage sur cette fourniture restent encore peu étudiés, en particulier lorsqu'il s'agit de quantifier simultanément un ensemble de services, et notamment les services rendus par l'élevage. Les services rendus par l'élevage sont définis comme l'ensemble des contributions fournies aux "Hommes" ou à la société par les agroécosystèmes, entretenus par les pratiques d'élevage, et considérant toutes les externalités, intentionnelles ou non, découlant de l'activité d'élevage (Ryschawy *et al.*, 2015). Une méthode de pâturage est définie comme la façon dont sont organisés l'emplacement et le déplacement des animaux dans l'espace et dans le temps (Allen *et al.*, 2011).

En Europe, deux méthodes de pâturage dominent : le pâturage continu (une parcelle principale pâturée toute l'année) et le pâturage tournant (rotation entre plusieurs parcelles) (Leray *et al.*, 2017). Ces méthodes sont orientées vers la maximisation de la productivité plutôt que vers la fourniture de multiples services. Récemment, certaines formes de pâturage tournant ont été développées pour favoriser les services environnementaux, comme le pâturage adaptatif multi-paddock (AMP), apparu dans un contexte de désertification et promu depuis une vingtaine d'années en réponse aux enjeux climatiques. Cette méthode vise à augmenter la restitution de biomasse végétale au sol grâce à (i) un nombre élevé de parcelles, (ii) des temps de séjour courts des animaux sur la parcelle, (iii) de longs temps de repos et (iv) une valorisation des prairies à un stade avancé de développement de sa végétation. Des études réalisées principalement aux États-Unis suggèrent que l'AMP peut améliorer la séquestration du carbone, la structuration du sol et la résilience face aux stress climatiques, tout en maintenant ou augmentant la production fourragère (Teague, 2011 ; Franzluebbers *et al.*, 2019 ; Zhou *et al.*, 2017 ; Mosier *et al.*, 2021). Toutefois, la transposition de ces résultats au contexte européen, caractérisé par des conditions climatiques, pédologiques et socio-économiques différentes, reste incertaine. De plus, les effets de cette méthode sur un bouquet étendu de services, n'ont pas encore été évalués de manière intégrée.

L'objectif de ce travail est d'analyser les effets de trois méthodes de pâturage, deux méthodes courantes en France (pâturage continu et tournant) et une méthode innovante (AMP) sur la fourniture d'un bouquet de services (valorisation des prairies, séquestration

de carbone, diversité faunistique, viabilité des systèmes de production). Il s'agit dans cet article de présenter les premiers résultats bruts pour identifier de possibles tendances à valider statistiquement ultérieurement. Ce travail s'inscrit dans deux projets de recherche, nommés Pâturond et Carapat, qui impliquent VetAgro Sup, l'Institut Agro Dijon, l'INRAE, Pilgrim's Europe et McDonald's France, ainsi que des coopératives, des établissements publics locaux d'enseignements et de formation professionnelle agricoles (EPLEFPA), et des éleveurs.

2. Matériel et méthodes

2.1 Un dispositif déployé à l'échelle nationale

Pour répondre à l'objectif du travail, un réseau de 18 fermes commerciales réparties dans trois régions (Charolais (n = 6), Grand Est (n = 5), Normandie (n = 7)), a été mis en place, avec 6 fermes par méthode de pâturage (Figure 1). Les sites couvrent un large gradient géographique et climatique, avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 625 et 1 073 mm (2022-2024), et des températures moyennes allant de 11,3 à 12,8 °C. Les agriculteurs ont été sélectionnés sur la base du volontariat, à partir d'une enquête préliminaire portant sur leurs systèmes d'exploitation et leurs méthodes de pâturage. L'animation du réseau a été effectuée en collaboration avec des coopératives agricoles et un EPLEFPA.

Sur chaque ferme, une des trois méthodes de pâturage (continu, tournant et AMP) a été mise en place durant 3 années (2022, 2023 et 2024), sur un lot de parcelles conduit de manière homogène, constituant ce que nous appelons un système de pâturage. Les fermes testant le pâturage continu ou le pâturage tournant utilisaient déjà ces méthodes. Les fermes adoptant le pâturage AMP ont mis en œuvre cette méthode en modifiant l'un de leurs systèmes initialement conduit en pâturage tournant. Bien qu'une homogénéité entre les méthodes de pâturage fût recherchée, des adaptations aux pratiques de gestion territoriales et aux possibilités des agriculteurs ont été nécessaires. Les prairies suivies étaient majoritairement des prairies permanentes. Les parcelles sélectionnées sont restées identiques en termes de superficie et de gestion tout au long de l'expérimentation. Les animaux suivis étaient des génisses laitières ou à viande âgées de 1 à 2 ans, avec deux situations incluant des génisses de 2 à 3 ans. De nouveaux animaux étaient introduits et retirés chaque année afin de garantir une stabilité en catégorie d'âge pendant l'expérimentation.

2.2 Caractéristiques des méthodes de pâturage et mise en place sur le terrain

Afin d'homogénéiser les méthodes de pâturage suivies, des critères de gestion ont été dégagés de la littérature pour chaque méthode (Tableau 1) et ont facilité la mise en œuvre des méthodes de pâturage lors de leur mise en place et suivi durant les 3 années (Figure 2).

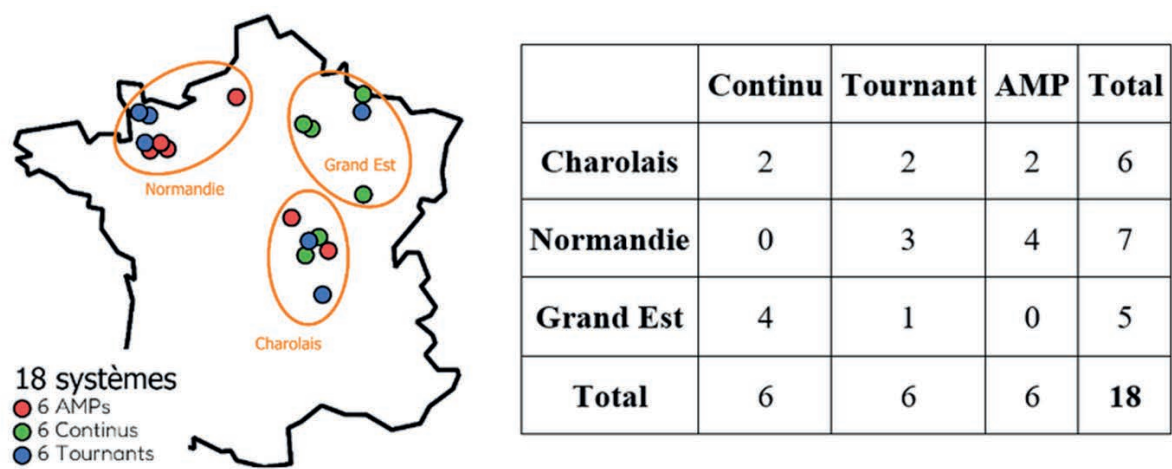


Figure 1 : Répartition des 18 fermes testant les 3 méthodes de pâturage dans les 3 régions

Tableau 1 : Critères de gestion théoriques des différentes méthodes de pâturage utilisés pour la mise en place de l'expérimentation

	Continu		Tournant		AMP	
	Printemps	Été	Printemps	Été	Printemps	Été
Nombre de parcelles	1	1 à 3 (ouverture des parcelles de fauche)	3 à 7	6-15 (ouverture des parcelles de fauche)	15 à 40	
Temps de séjour (jour)	Toute la période		3 à 15		1 à 3	1 à 5
Chargement annuel (UGB/ha)	1,3 à 3,3	0,7 à 1,7	1,66 à 4	0,8 à 2	1,66 à 4	
Chargement instantané (UGB/ha)	1,25 à 3,33	0,7 à 1,7	5 à 60		30 à 200	
Temps de repos (jour) entre passages	Animaux toujours présents dans la parcelle		14-21	28-40	40-80	60-120
Critère d'entrée des animaux dans une parcelle	7-8 cm		8-15 cm		Stade fin montaison épiaison	> 13 cm
Critère de sortie des animaux d'une parcelle	3-6 cm		3-6 cm		50% de la biomasse consommée ou > 7 cm	
Sources	(Doligez et al., 2014 ; Leray et al., 2017)		(Herbe et fourrages Centre, 2014 ; Leray et al., 2017)		(Döbert et al., 2021 ; Mosier et al., 2021)	



Figure 2 : Illustrations de la méthode du pâturage adaptatif multi-paddock (source : Russias R.)

Sur l'expérimentation, les fermes en **pâturage continu** se caractérisaient par un faible nombre de parcelles ($1,56 \pm 1,03$), des temps de séjour longs ($182 \pm 50,2$ jours) et des temps de repos quasi inexistantes. Le chargement annuel y était modéré ($1,17 \pm 0,25$ UGB/ha), pour une saison de pâturage de $213 \pm 14,4$ jours. Celles en **pâturage tournant** présentaient des modalités de gestion intermédiaires, avec un nombre de parcelles plus élevé ($6,83 \pm 4,46$), un chargement annuel plus important ($2,43 \pm 1,33$ UGB/ha) et une durée de pâturage plus courte ($161 \pm 50,8$ jours). En fin de printemps, les temps de séjour et de repos étaient respectivement de $15,4 \pm 12,29$ et $28,7 \pm 15,61$ jours. Enfin, les fermes en **AMP** reposaient sur un nombre élevé de parcelles ($28,7 \pm 10,04$), associé à des temps de séjour courts ($1,83 \pm 0,72$ jour) et des temps de repos longs ($41,9 \pm 9,86$ jours), un chargement annuel intermédiaire ($1,55 \pm 0,40$ UGB/ha) et la plus longue saison de pâturage ($226 \pm 40,8$ jours).

2.3 Mesures réalisées

Afin de réaliser une évaluation multiservices des 3 méthodes de pâturage, les mesures ont ciblé :

- pour la dimension agronomique, la valorisation des prairies caractérisée par la biomasse disponible, la valeur alimentaire des prairies et la performance animale au pâturage (herbe valorisée, croissance des animaux et production de poids vif par ha) ;
- pour la dimension écologique, la diversité faunistique et la séquestration du carbone ;
- pour la dimension sociale, le temps de travail associé à la méthode de pâturage.

2.3.1 Valorisation des prairies

Production et qualité des prairies

Pour chaque système de pâturage, des parcelles de référence (parcelles représentatives de la diversité floristique présente, identifiées en début d'expérimentation : entre 1 et 6 par système de pâturage) ont été suivies pour mesurer la quantité et la valeur alimentaire de **la biomasse herbagère disponible**, durant les 3 années de suivi. Pour les méthodes de pâturage tournant et AMP, les mesures ont été réalisées à chaque cycle de pâturage, tandis que pour le pâturage continu, 4 relevés ont été effectués au cours de la saison (début de saison, début juin, début août et début octobre). La biomasse a été prélevée dans des quadrats, mesurée en hauteur avant et après coupe grâce à un herbomètre, puis séchée à 60°C pendant 72 heures, permettant par pesées successives de mesurer la teneur en matière sèche de l'herbe et de calculer sa densité. La biomasse calculée à 5cm a ensuite été ramenée à 0 cm afin de correspondre aux standards internationaux. Des analyses chimiques ont été réalisées en laboratoire sur l'ensemble des échantillons (matière minérale, matière azotée totale, fibre au détergent acide, lignine sulfurique) selon des méthodes de référence (Van Soest *et al.* 1991 ; Buckee, 1994 ; Ribeiro Filho *et al.* 2005 ; INRA, 2018),

permettant de calculer deux indicateurs de **valeur alimentaire de l'herbe** : Unité fourragère lait (UFL) et les Protéines digestibles dans l'intestin (PDI) (INRA, 2018).

Performance au pâturage

La performance au pâturage a été évaluée durant les 3 années de suivi par la **quantité d'herbe valorisée** et la **croissance animale**. La quantité d'herbe valorisée par le troupeau a été calculée à partir des relevés de pâturage des éleveurs selon la méthode HerbValo (Delagarde *et al.*, 2017). La croissance des animaux a été mesurée par des pesées de chaque animal en début et fin de saison, permettant de calculer le **gain moyen quotidien (GMQ)**. La production annuelle de poids vif (PV) par hectare a ensuite été estimée en combinant le GMQ moyen, le nombre de journées de pâturage et un facteur correctif tenant compte de l'herbe exportée (fauche) ou importée (complémentation) selon l'équation suivante (1) :

(1) *Production* =

$$\frac{GMQ_{\text{moy}} \times \sum_i^n (\text{Effectif} \times T_{\text{sej}}) \times (1 + \text{corFAUCOM})}{\text{Surf}}$$

Avec,

- Production, la production annuelle de poids vif, en kg PV/ha/année ;
- GMQ_{moy} , le GMQ moyen par ferme et par année en kg de poids vif / jour (kg PV/jour) ;
- $\sum (\text{Effectif} \times T_{\text{sej}})$, le nombre de journées de pâturage par ferme et par année en multipliant l'effectif animal par le temps de séjour (en jour) ;
- corFAUCOM, facteur correctif de la durée du pâturage, pour calculer des journées de pâturage automne. L'objectif est de corriger le gain de poids vif par ha en tenant compte de l'herbe exportée du système par la fauche et de la complémentation importée dans le système. Calculé selon (2), avec HV fauche (kg MS/ha/an) la quantité d'herbe valorisée par la fauche (HV fauche en kg MS/ha/an), Qté comp (kg MS/ha/an) la quantité de complément importé au système et HV total (kg MS/ha/an) la quantité totale d'herbe valorisée, estimé selon la méthode Herbvalo ;

$$(2) \text{ corFAUCOM} = \frac{HV_{\text{fauche}} - Qté_{\text{comp}}}{HV_{\text{total}}}$$

- Surf, la surface totale des parcelles mobilisées pour le pâturage d'un troupeau donné en ha.

2.3.2 Diversité faunistique

Le taxon des Carabidés a été étudié en tant que bioindicateurs de l'état des milieux (Gerlach *et al.*, 2013 ; Rainio and Niemelä, 2003 ; Niemelä *et al.*, 2000).

Les Carabidés ont été capturés de façon passive via la méthode des pièges Barber (Barber, 1931 ; Spence and Niemelä, 1994). Deux sessions de capture ont été conduites en 2024, l'une au printemps (fin avril) et l'autre en été (fin août) afin de tenir compte de la phénologie des espèces. Pour cela, 3 parcelles sur chaque système de pâturage tournant et AMP ont été sélectionnées. Sur chacune de ces parcelles et sur les parcelles en méthode de pâturage continu, 14 pièges ont été posés au printemps et 10 pièges en été. Pour chaque saison de capture, les pièges sont restés ouverts pendant 14 jours. Au total, 588 pièges ont été posés au printemps, et 540 en été.

Un entomologiste spécialisé a effectué l'identification. À partir de ces identifications, les activités-densités (proxy de l'abondance) et les richesses spécifiques en Carabidés de chaque système de pâturage ont été calculées. Afin de vérifier, a posteriori, que l'effort d'échantillonnage était équivalent entre les 18 systèmes de pâturage, cet effort a été évalué par la méthode de bootstrap (Smith and van Bell, 1984) disponible dans le package R-vegan. Les informations sur les régimes alimentaires et les habitats des espèces identifiées ont été collectés dans la littérature scientifique (i.e. Trichard, 2014 ; Jeannel, 1941). À partir de ces données, 3 régimes alimentaires (granivore, carnivore et omnivore), et 4 catégories d'espèces selon leur préférence d'habitats (espèces de milieux fermés, espèces de milieux ouverts, espèces généralistes, espèces sans habitat connu) ont été distingués.

2.3.3 Stockage de carbone dans les sols de prairies

Le stockage de carbone organique du sol a été évalué comme la variation du stock de carbone par unité de surface et de temps ($t \text{ Corg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$) entre un état initial (2022) et un état final (2024), selon la méthode proposée par Hoogsteen *et al.* (2022). Le stock de carbone a été calculé (3) à partir de la densité apparente du sol (quantité de terre fine présente dans un volume de sol connu) et de la teneur en carbone organique de ce sol, intégrées sur une profondeur de 0 à 60 cm.

$$(3) \text{ Stock} = \frac{\text{Teneur en Corg}}{100} \times DA \times \text{Profondeur} \times 100$$

Avec :

- Stock, le stock de carbone organique, en $t \text{ Corg/ha}$;
- Teneur en Corg, la teneur en carbone organique en % ;
- DA, la densité apparente, en g/cm^3
- Profondeur, l'horizon de sol considéré, en m.

Les prélèvements ont été réalisés dans les parcelles de référence définies pour les mesures de la biomasse. Afin de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale intra-parcellaire, chaque parcelle de référence a été stratifiée en plusieurs zones de prélèvement

de 2 m x 2 m chacune (2 à 4 zones par parcelle), correspondant en moyenne à 7,16 zones par hectare. Le positionnement des zones a été défini à partir d'orthophotographies et de données topographiques, en évitant les zones perturbées. Dans chaque zone, des prélèvements de sol ont été réalisés pour les analyses de carbone et pour la mesure de la densité apparente. Pour réaliser les analyses chimiques, 4 prélèvements à 3 horizons différents ont été effectués (0–20 cm, 20–40 cm et 40–60 cm), puis regroupés en 3 échantillons, 1 par horizon et par zone.

La densité apparente a été mesurée par un carottage volumique sur chaque zone de prélèvement sur les horizons 0–10 cm, 10–20 cm et 20–30 cm, en état initial. Pour les horizons plus profonds, la densité apparente a été estimée à l'aide de fonctions de pédotransfert spécifiques à chaque parcelle cible, puis validée par quelques carottages profonds réalisés en état final. Comme suggéré par Hoogsteen *et al.* (2022), ces fonctions ont été développées, en utilisant les données propres à chaque parcelle cible (teneur en carbone, teneur en azote, profondeur, identifiant de ferme), selon des modèles linéaires mixtes (R^2 conditionnel de 0,83).

Les échantillons destinés à réaliser des analyses chimiques ont été séchés, tamisés à 2 mm et analysés pour la détermination du carbone organique par combustion sèche après décarbonatation. Des analyses complémentaires de fertilité des sols (azote total, phosphore assimilable, pH, granulométrie, CEC et potassium échangeable) ont été réalisées selon les méthodes référencées sur un sous-ensemble d'échantillons afin de caractériser les conditions pédologiques des sites. Les échantillons pour mesure de la densité apparente ont été séchés et traités selon la méthode décrite par Herfurth *et al.* (2015), permettant de séparer terre fine ($< 2 \text{ mm}$), cailloux et racines par tamisages et rinçages successifs. Les calculs de densité apparente ont intégré les corrections liées au tassement du sol et à la présence de cailloux.

2.3.4 Charge de travail des éleveurs selon les méthodes de pâturage

La charge de travail a été qualifiée via un questionnaire quantitatif inspiré du bilan travail (Cournut & Chauvat, 2012), réalisé en 2022 et 2023, en se focalisant sur les tâches liées à la gestion du système de pâturage. Trois indicateurs ont été mesurés : le travail d'astreinte (tâches régulières et peu différables - ex : changer les animaux de parcelle) associé à la méthode de pâturage, le travail de saison (tâches concentrables ou annuelles - ex : les fauches) en lien avec la méthode de pâturage et le travail total (somme du travail d'astreinte et du travail de saison), incluant également l'installation initiale du système de pâturage.

2.4 Traitement des données

Une analyse descriptive des données a été effectuée en moyennant les données de chaque éleveur sur chaque année expérimentale (1 à 3 selon les indicateurs), puis en moyennant par méthode de pâturage.

3. Résultats

3.1 Valorisation des prairies

3.1.1 Biomasse disponible et valeur alimentaire des prairies

La biomasse disponible à 0 cm a varié selon les trois méthodes de pâturage. Au début du printemps, la biomasse disponible est supérieure pour le pâturage tournant : 4,7 t MS/ha pour le pâturage tournant contre 3,9 t MS/ha pour l'AMP et 3,4 t MS/ha pour le pâturage continu, avec une variabilité d'environ 1,0 tMS/ha pour chaque méthode de pâturage (Tableau 2). En fin de printemps, c'est l'AMP qui a la biomasse la plus importante (6,2 t MS/ha) suivi du pâturage tournant (5,1 t MS/ha). Le pâturage continu présente la biomasse la plus faible (4,2 t MS/ha). Les biomasses restent supérieures en été pour l'AMP avec 5,2 t MS/ha contre 3,3 t MS/ha en continu et 4,7 t MS/ha en tournant. En automne, le pâturage tournant montre des valeurs légèrement supérieures à l'AMP (4,3 t MS/ha en tournant contre 4,1 t MS/ha en AMP) ; les valeurs en continu sont plus faibles (2,5 t MS/ha) en continu.

La qualité de la ressource, en termes de valeurs d'UFL et de PDI au début du printemps sont proches entre les trois méthodes de pâturage, avec une variabilité importante : 1,17 UFL en continu ($\pm 0,09$), 1,11 UFL en tournant ($\pm 0,06$) et 1,12 UFL en AMP ($\pm 0,05$) et 101,2 g PDI/kg MS ($\pm 9,5$) en continu, 95,5 g PDI/kg MS en tournant ($\pm 7,1$) et 95,2 g PDI/kg MS ($\pm 5,2$) en AMP. Le pâturage continu montre des valeurs légèrement supérieures. En fin de printemps, la valeur alimentaire diminue pour les 3 méthodes de pâturage. Le pâturage tournant reste la méthode qui permet de maintenir une valeur alimentaire plus élevée (0,99 UFL/kg MS et 86 g PDI/kg MS). Le pâturage continu présente alors les valeurs les plus faibles (0,91 UFL/kg MS et 79 g PDI/kg MS). En été et automne ces valeurs sont plus faibles ; le pâturage tournant reste toujours la méthode de pâturage qui permet d'avoir des valeurs alimentaires les plus élevées (entre 0,95 et 1,05 UFL/kg MS et entre 85 et 99 g PDI/kg MS) alors que l'AMP montre les valeurs les plus faibles (entre 0,88 et 0,98 UFL/kg MS et entre 79 et 92 g PDI/kg MS).

3.1.2 Performance au pâturage

La quantité d'herbe valorisée varie pour les trois méthodes de pâturage. Le pâturage tournant est la méthode qui permet de valoriser le plus d'herbe avec 6491 kg de MS valorisés par ha et par an (± 2860 kg MS/ha/an). Le pâturage continu est celui qui valorise le moins d'herbe avec 4586 kg de MS/ha/an (± 1473 kg MS/ha/an) ; l'AMP a une valorisation intermédiaire avec 5247 kg MS/ha/an (± 1511 kg MS/ha/an).

La performance au pâturage est également estimée par les performances animales et notamment la croissance des génisses. Les données de poids des animaux durant les 3 années de suivi montrent des différences de GMQ entre les trois méthodes de

pâturage. Si l'AMP ressort avec un GMQ moyen de 0,67 kg PV/animal/jour ($\pm 0,1$ kg PV/animal/jour) contre 0,53 kg PV/animal/jour ($\pm 0,23$ kg PV/animal/jour) pour le pâturage continu et 0,48 kg de PV par animal et par jour ($\pm 0,19$ kg PV/animal/jour) pour le pâturage tournant, ces données mettent en évidence une grande variabilité. L'AMP se distingue également si on considère la production de poids vif par hectare avec 369 kg PV/ha/an. Le pâturage tournant et particulièrement le pâturage continu induisent des productions de poids vifs plus faibles avec respectivement 298 et 230 kg PV/ha/an.

3.2 Analyse de la diversité faunistique

Sur les 2 sessions de capture et l'ensemble des pièges posés, 118 espèces de carabidés ont été identifiées : 101 espèces lors de la session de printemps (dont 41 espèces propres à cette session) et 77 espèces lors de la session d'été (dont 17 espèces propres à cette session). Il faut signaler également parmi ces espèces, 2 espèces rares en France - *Amara strenua* et *Amara rufipes* - et une autre est observée seulement pour la seconde fois en Bourgogne, *Bembidion tethys*.

3.2.1 Richesses spécifiques selon la méthode de pâturage

Les richesses spécifiques par système varient entre 14 et 51 espèces (en excluant un système en pâturage continu où les bovins ont détruit la quasi-totalité des pièges lors des 2 sessions). Le pâturage continu présente la richesse spécifique moyenne de Carabidés la plus faible ($22,2 \pm 5,6$ espèces ; Tableau 2), en deçà du pâturage tournant ($28,8 \pm 8,7$) et de l'AMP ($34,5 \pm 9,9$ espèces).

La richesse spécifique totale observée est la plus élevée en AMP (86 espèces) et en pâturage tournant (85 espèces) contre seulement 66 espèces en pâturage continu (Tableau 2). Cependant, chaque méthode possède des espèces propres (Tableau 2), montrant des communautés distinctes entre méthodes de pâturage. Les quantifications des richesses spécifiques moyennes par système montrent que la Normandie est plus favorable aux Carabidés que les 2 autres régions, Charolais et Grand-Est (respectivement 35,4 espèces, 23,7 espèces et 24,5 espèces).

3.2.2 Ecologie des espèces de Carabidés piégés

Une répartition très similaire des espèces est observée entre les méthodes de pâturage, que ce soit selon leur régime alimentaire (granivore/carnivore/omnivore) ou leur habitat favori (Figures 3 et 5). En revanche, la répartition des individus capturés diffère. Les carnivores sont plus représentés en AMP (44%) qu'en pâturage tournant (32%) et continu (19%) (Figure 4). De plus, le pâturage continu se distingue par une proportion d'individus de milieux ouverts environ 3 fois plus élevée, et par des proportions plus faibles d'individus de milieux fermés et généralistes (Figure 6).

Tableau 2 : Résultats des mesures effectuées sur plusieurs services (moyennes brutes sur 3 années de suivi. ET= Ecart Type)

Indicateur	Unité	Continu		Tournant		AMP	
		Moy	ET	Moy	ET	Moy	ET
Biomasse disponible à 0 cm début printemps	kg MS/ha	3370	843	4692	1318	3980	655
Biomasse disponible à 0 cm fin printemps	kg MS/ha	4216	1641	5151	1225	6197	1208
Biomasse disponible à 0 cm été	kg MS/ha	3343	1040	4748	1065	5157	1138
Biomasse disponible à 0 cm automne	kg MS/ha	2520	552	4354	773	4095	1336
PDI début printemps	g/kg MS	101,23	9,53	95,46	7,15	95,24	5,17
PDI fin printemps	g/kg MS	78,83	6,97	85,47	7,2	82,21	5,18
PDI été	g/kg MS	81,54	9,17	84,89	6,05	79,04	5,11
PDI automne	g/kg MS	105,92	10,78	99,13	4,97	92,4	7,69
UFL début printemps	UFL/kg MS	1,17	0,09	1,11	0,05	1,12	0,05
UFL fin printemps	UFL/kg MS	0,91	0,07	0,99	0,07	0,95	0,04
UFL été	UFL/kg MS	0,9	0,09	0,96	0,06	0,89	0,06
UFL automne	UFL/kg MS	1,31	0,1	1,06	0,01	0,99	0,08
GMQ	k g P V / j r / animal	0,53	0,23	0,48	0,19	0,67	0,1
Production de poids vif	kgPV/ha/an	230	99	298	1795	369	104
Quantité d'herbe valorisée	kgMS/ha/an	4586	1472,5	6491	2860	5248	1511,5
Richesse spécifique moyenne en Carabidés observée par système	espèce	22,2	5,6	28,8	8,7	34,5	8,9
Richesse spécifique totale en Carabidés	espèce	66	-	85	-	86	-
Richesse spécifique totale en Carabidés propre à la méthode de pâturage	espèce	12	-	11	-	13	-
Stockage de carbone sur 0-60 cm	tCorg/ha/an	1,2	6,7	1,6	4,05	2,6	5,2
Stockage de carbone sur 0-20 cm	tCorg/ha/an	0,25	2,83	1,13	1,98	1,21	1,49
Stockage de carbone sur 20-40 cm	tCorg/ha/an	0,14	2,11	0,08	1,32	1,26	2,06
Stockage de carbone sur 40-60cm	tCorg/ha/an	0,84	1,64	0,45	1,77	0,18	1,69
Travail d'astreinte	heure/ha/mois	0,5	0,4	1,7	1	0,8	0,3
Travail d'installation du système	heure/ha	15,1	14,2	6,5	3,4	11,3	5,2
Travail de saison	heure/ha/an	2,8	0,9	1,8	1,4	1,3	1,05
Travail total	heure/ha/an	20,9	15	19,7	7,96	17,7	4,65

PDI : Protéines digestibles dans l'intestin ; UFL : unité fourragère lait ; GMQ : gain moyen quotidien

3.3 Séquestration de carbone

Les résultats du stockage de carbone présentent une grande variabilité. Au total, sur une profondeur de sol de 60 cm, l'AMP est la méthode de pâturage qui semble stocker le plus de carbone ($2,6 \pm 5,2$ t Corg/ha/an) contre $1,6 (\pm 4,1$ t Corg/ha/an) pour le pâturage tournant et $1,2 (\pm 6,7$ t Corg/ha/an) pour le pâturage continu mais avec une très forte variabilité. Le stockage par profondeur étudiée (0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm) diffère selon les méthodes de pâturage. Sur les profondeurs 0-20 cm et 20-40 cm, l'AMP reste la méthode de pâturage qui stocke le plus de carbone ($1,2 \pm 1,5$ et $1,3 \pm 1,2$ t Corg/ha/an) devant le pâturage tournant ($1,23 \pm 2$ et $0,08 \pm 1,3$ t Corg/ha/an) et continu ($0,25 \pm 2,8$ et $0,14 \pm 2,1$ t Corg/ha/an). Cette hiérarchie change pour la profondeur 40-60 cm

où le stockage de carbone en pâturage continu est supérieur ($0,84 \pm 1,6$ t Corg/ha/an) par rapport au pâturage tournant ($0,44 \pm 1,8$ t Corg/ha/an) et à l'AMP ($0,18 \pm 1,7$ t Corg/ha/an).

3.4 Temps de travail associé à chaque méthode de pâturage

Les trois méthodes de pâturage présentent un temps total de travail proche (entre 18 et 21 h/ha/an, avec 18 h/ha/an en AMP et 21 h/ha/an en continu), mais des différences sont mises en évidence sur le travail d'astreinte, d'installation et de saison (Tableau 2). Le travail lié à l'installation du pâturage continu, tournant ou AMP est variable y compris selon les fermes. Le pâturage continu demande plus de temps d'installation (15 ± 14 h/ha), avec une forte variabilité selon les fermes et les matériaux utilisés, contre 11 ± 5 h/ha en AMP et 6 ± 3 h/ha en pâturage tournant.

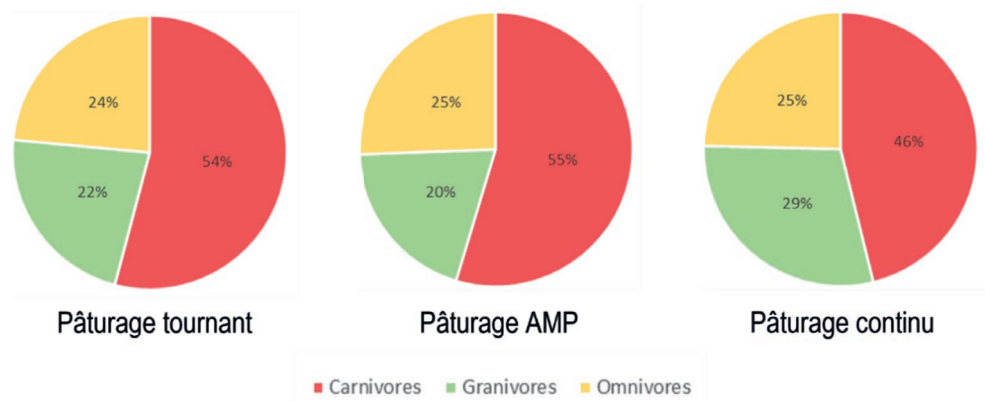


Figure 3 : Proportion d'espèces de Carabidés selon leur régime alimentaire (carnivore, granivore ou omnivore) en fonction de la méthode de pâturage expérimentée (tournant, AMP ou continu)

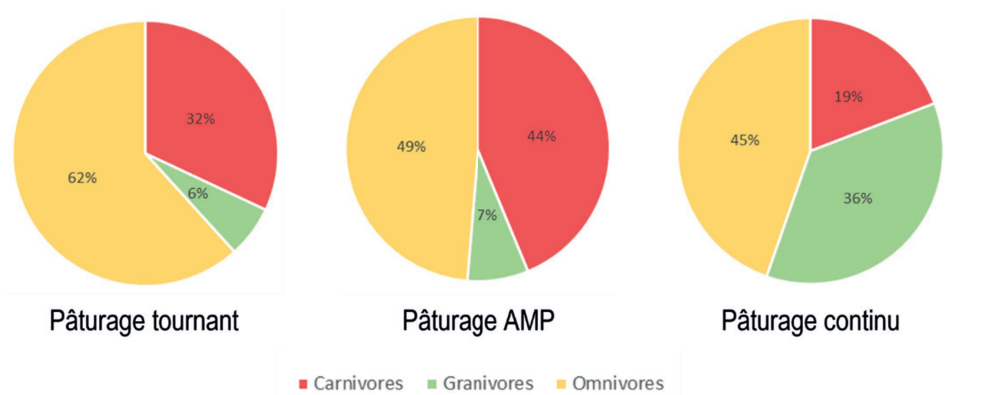


Figure 4 : Proportion d'individus de Carabidés selon leur régime alimentaire (carnivore, granivore ou omnivore) en fonction de la méthode de pâturage expérimentée (tournant, AMP ou continu)

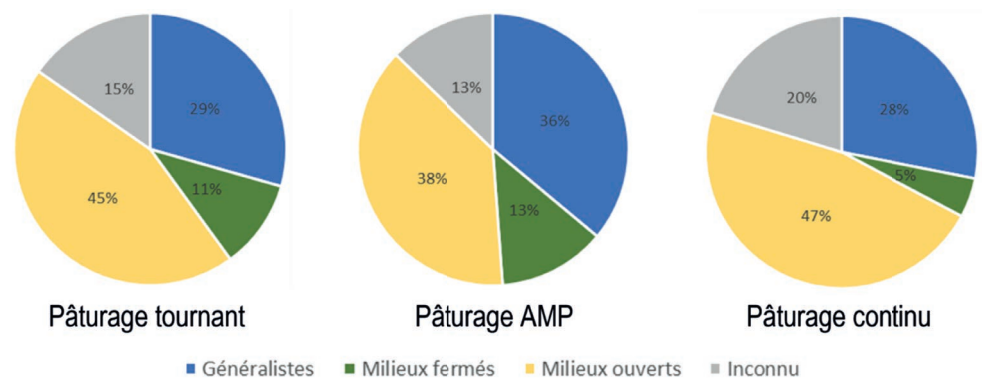


Figure 5 : Proportion d'espèces de Carabidés selon leur préférence en termes d'habitat (espèces généralistes, milieux ouverts, milieux fermés, inconnu) en fonction de la méthode de pâturage expérimentée (tournant, AMP ou continu)

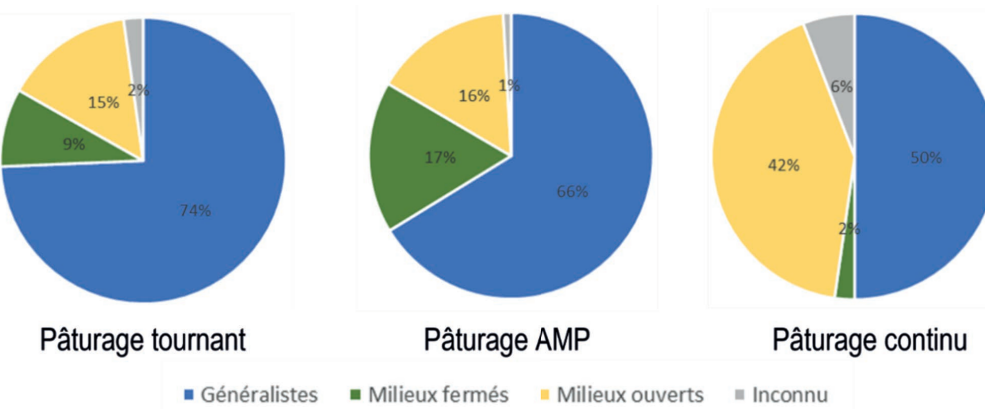


Figure 6 : Proportion d'individus de Carabidés selon leur préférence en termes d'habitat (espèces généralistes, milieux ouverts, milieux fermés, inconnu) en fonction de la méthode de pâturage expérimentée (tournant, AMP ou continu)

Les dispositifs en pâturage continu sont le plus souvent effectués avec du fil de fer en dur contrairement au pâturage AMP et tournant qui utilisent généralement des clôtures électriques. Le travail de saison est le plus élevé en continu ($2,8 \pm 0,90$ h/ha/an), intermédiaire en tournant ($1,8 \pm 1,43$ h/ha/an) et le plus faible en AMP ($1,3 \pm 1,05$ h/ha/an), en lien avec une absence de mécanisation dans cette dernière méthode. En revanche, le temps d'astreinte est le plus faible pour le pâturage continu (0,4 h/ha/mois) et le plus élevé pour le pâturage tournant (2 h/ha/mois), tandis que l'AMP est à 1 h/ha/mois.

4. Discussion générale

4.1 L'AMP : une méthode de pâturage qui montre des intérêts

Cette première analyse des données brutes permet de mettre en évidence plusieurs tendances intéressantes de l'AMP en termes de services rendus malgré une forte variabilité des données (Tableau 3). Comme attendu, la biomasse disponible est supérieure en AMP (notamment en fin de printemps), tandis que la valeur alimentaire apparaît en revanche la plus faible des trois méthodes, même si les résultats montrent des effets moins négatifs qu'attendus. En revanche, les performances des animaux ne semblent pas impactées puisqu'on observe les performances animales les plus élevées en AMP. Cela peut s'expliquer par l'ingestion d'un fourrage plus âgé en termes de stade de développement mais compensée par la présence de légumineuses et d'autres dicotylédones peut-être plus tardives et plus feuillues (Baumont *et al.*, 2008) et une diversité de strates présentes. Une analyse de la flore sera réalisée et permettra d'apporter des éléments supplémentaires d'explication. Il serait aussi pertinent d'identifier plus finement les choix alimentaires en AMP, avec une biomasse disponible importante pour mieux comprendre ces résultats.

Les résultats de l'AMP sur la diversité des Carabidés sont également encourageants, et s'appuient sur des efforts d'échantillonnages comparables entre les méthodes de pâturage. Selon la procédure de bootstrap, le protocole a permis d'identifier entre 83% et 91% des espèces de carabidés potentiellement présentes selon les systèmes de pâturage. En moyenne, 84,4% des espèces potentiellement présentes ont été capturées en pâturage continu, 86,2% en AMP et 86,9% des espèces en pâturage tournant. La richesse spécifique élevée (177 espèces) identifiée confirme le rôle des prairies permanentes pour héberger une importante diversité en Carabidés (Da Silva *et al.*, 2008), parfois rare (Barber *et al.*, 2022). De même, la différence de composition entre les 2 saisons de piégeage confirme aussi la dynamique des communautés de carabidés au cours de l'année (Gnetti *et al.*, 2015).

Les différences observées en termes de richesses spécifiques et notamment la plus faible richesse en pâturage continu confirment des résultats obtenus aux Etats-Unis sur d'autres arthropodes (Schmid *et al.*, 2024) ou encore ceux obtenus en Suisse

(Grandchamps *et al.*, 2005) et en Suède sur les Carabidés favorisés par des intensités de pâturage élevées (Söderström *et al.*, 2001). La répartition des méthodes de pâturage n'étant pas homogène entre les régions, les premiers résultats de richesse spécifique totale moyennée par système devront être confirmés par des analyses complémentaires. La Normandie apparaît toutefois plus favorable aux Carabidés, probablement en raison d'un climat océanique plus humide et peu contrasté, ainsi que de sols sableux/limoneux peu pierreux (Teofilova, 2018 ; Gudleifsson, 2005). Les piégeages réalisés confirment cela puisque 82 espèces ont été identifiées en Normandie, dont 27 espèces sont propres à la Normandie, alors que 70 espèces et 63 espèces ont été identifiées respectivement dans le Charolais et dans le Grand-Est (dont 12 espèces et 11 espèces propres à chacune de ces 2 régions), suggérant des communautés régionales distinctes.

La littérature reste relativement limitée sur la description des habitats et des régimes alimentaires des Carabidés. La forte proportion d'individus carnivores en AMP peut s'expliquer par le fait que les espèces carnivores ont souvent un régime alimentaire plus spécialisé, engendrant une plus grande sensibilité de ces espèces aux perturbations du milieu ; perturbations qui profitent davantage aux espèces plutôt opportunistes généralistes (Purvis et Fadl, 2002). Or, le pâturage par les bovins induit des perturbations au travers du piétinement, des dépôts de fèces, et de l'abroustissement (Pozsgai *et al.*, 2022). Les méthodes AMP et tournant laissent la possibilité pour les individus de se réfugier dans les parcelles sans animaux pâturant, contrairement au pâturage continu où toute la parcelle est continuellement susceptible d'être piétinée en totalité. Ceci pourrait expliquer d'une part la plus forte proportion d'individus de milieux ouverts en pâturage continu et d'autre part, l'observation d'une plus forte proportion d'individus de milieux fermés en AMP et en pâturage tournant, les parcelles non pâturées disposant d'une végétation plus haute et parfois plus dense pouvant être perçue comme des milieux fermés par les Carabidés.

L'AMP montre des tendances intéressantes en termes de séquestration du carbone. Ces résultats sont en adéquation avec les études déjà menées sur l'AMP (Mosier *et al.*, 2021). Cependant seules 3 années ont été mesurées, avec une mise en place de la méthode récente contrairement aux deux autres méthodes en place depuis plus longtemps sur les fermes. Il est donc nécessaire, comme prévu dans le projet, de prolonger le suivi à au moins 5 ans pour consolider les résultats et limiter la variabilité observée.

En termes de temps de travail, l'AMP est une méthode qui ne demande pas plus de temps que le pâturage continu ou tournant, malgré un système plus complexe et les idées reçues liées au nombre de parcelles. Le travail d'astreinte est réduit grâce à l'investissement sur l'installation du dispositif avec un aménagement bien pensé, des fils facilement déplaçables et un réseau d'eau mis en place dès le démarrage de la pratique. Le surcroît de travail d'astreinte en tournant peut s'expliquer par une non-corrélation entre les temps de séjour et la fréquence de visite des éleveurs (les éleveurs viennent voir leurs animaux régulièrement, quelle que soit la méthode) et un

Tableau 3 : Synthèse des tendances des effets des trois méthodes de pâturage sur les services étudiés, notation qualitative proposée à partir des tendances observées sur les données

Plus une méthode présente de « + », plus elle semble favoriser l'indicateur

Indicateur	Continu	Tournant	AMP
Biomasse végétale disponible	+	++	+++
Qualité de la ressource	++	+++	+
Valorisation de l'herbe	+	+++	++
GMQ	++	+	+++
Production de poids vif/ha	+	++	+++
Diversité des Carabidés	+	++	++
Séquestration de carbone	+	++	+++
Temps de travail	+	+	+

chargement annuel plus élevé et donc plus d'animaux à observer à chaque visite. Le travail de saison en AMP est réduit, grâce à une absence totale de mécanisation durant l'expérimentation.

Bien qu'il y ait une grande variabilité dans les données, l'AMP a souvent les écarts les plus faibles ce qui laisse penser que la méthode AMP est plus régulière dans le temps. Des traitements statistiques incluant les effets années et la situation géographique restent à effectuer pour étudier les effets d'autres facteurs et les effets statistiques des tendances observées. Ce travail permet d'avoir un premier retour de la méthode de pâturage pour des animaux à faibles besoins. Dans un second temps il sera important de tester cette méthode de pâturage sur des animaux à plus forts besoin comme les vaches laitières, où la valeur alimentaire de l'herbe plus faible en AMP pourrait être préjudiciable sur les indicateurs de productions animales en AMP.

4.2 Les méthodes de pâturage : un levier d'action pour concilier plus de services et plus de résilience

Jusqu'à présent, peu d'études ont été effectuées sur les effets des méthodes de pâturage sur les services rendus ; celles-ci étaient centrées sur quelques services ou alors s'intéressaient aux conséquences de chargements animaux très différents (Barnes and Denny, 1991 ; Gutman and Seligman, 1979).

Ce travail réalisé en France sur un large bouquet de services et pour 3 méthodes de pâturage contrastées, montre un effet des méthodes de pâturage. Les méthodes de pâturage mises en place dans un objectif de production comme le pâturage tournant ou continu privilégient les services associés à la production agricole. En revanche, des méthodes de pâturage telles que l'AMP semblent favoriser plutôt des services environnementaux, mais sans négliger exagérément le service de production agricole. Ce travail concerne actuellement quelques services rendus parmi ceux proposés par Ryschawy *et al.* (2015), particulièrement les services les plus susceptibles d'évoluer selon les méthodes de pâturage. Une analyse à l'échelle des systèmes d'élevage conduits selon certaines méthodes de pâturage permettrait de compléter l'approche proposée par les auteurs.

Ce travail avait pour objectif de tester chaque méthode de pâturage de manière stricte et totale. Dans un contexte agricole complexe et changeant où la résilience des systèmes est importante, on peut envisager de ne plus privilégier une méthode de pâturage pour un lot d'animaux. Cibler une méthode de pâturage telle que l'AMP sur quelques parcelles cibles du système durant quelques années, ou alterner plus régulièrement les méthodes de pâturage, pourrait apporter plus de souplesse au système et donc plus de résilience. Cela permettrait également d'éviter l'apparition d'effets négatifs comme le développement de petits ligneux pour l'AMP ou une baisse de diversité floristique dans les systèmes tournants rapides (Gaujour *et al.*, 2011). Cela pourrait aussi présenter un intérêt en termes de services rendus. En effet, si ces effets positifs sur un large panel de services (y compris de production) engendrés par l'AMP sont confirmés, cela ouvrira des perspectives intéressantes : notamment, la question de la rémunération des services autres que ceux associés à la production agricole, tels que les paiements pour services environnementaux. De telles démarches sont par exemple testées pour améliorer la qualité de l'eau (notamment) en amont du bassin versant de la Seine *via* la réimplantation de prairies permanentes qui pourraient, à terme, un jour peut-être, être gérées par du pâturage AMP.

5. Conclusion

Cette étude met en évidence que les méthodes de pâturage influencent la production fourragère et les performances animales, mais aussi sur d'autres services tels que la séquestration de carbone, la diversité de la faune et la charge de travail des éleveurs. Les méthodes historiquement orientées vers la productivité, telles que le pâturage continu et tournant, favorisent avant tout la valorisation de l'herbe et la qualité de la ressource, tandis que l'AMP se distingue par une biomasse plus élevée, de meilleures performances animales à l'hectare et une capacité accrue de séquestration de carbone, malgré une valeur alimentaire moyenne plus faible. La variabilité observée entre sites et années, ainsi que la durée encore limitée du suivi, invitent à prolonger les observations afin de consolider ces résultats et de mieux prendre en compte les effets du contexte pédoclimatique. C'est le cas de ce travail qui

se poursuit deux années supplémentaires. Néanmoins, ces travaux soulignent le rôle central des stratégies de pâturage comme levier pour concilier production, services environnementaux et résilience des systèmes d'élevage, et ouvrent des perspectives sur la reconnaissance et la valorisation des services écosystémiques rendus par les prairies.

Remerciements

Nous remercions les agriculteurs pour leur implication dans le projet ainsi que les coopératives et lycées agricoles qui ont permis le suivi des fermes.

Références bibliographiques

- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., Mclvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., & Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, 66 (1), 228. doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x
- Barber, H.S. (1931). Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46:259–266.
- Barber, N.A., Sauer, N., Krauss, J., & Boetzel, F.A. (2022). Grazing conserves threatened carabid beetles in seminatural calcareous grasslands better than mowing, especially at low intensities. *Biodiversity and Conservation*, 31: 2857–2873. doi.org/10.1007/s10531-022-02463-0
- Barnes, D. L., & Denny, R. P. (1991). A comparison of continuous and rotational grazing on veld at two stocking rates. *Journal of the Grassland Society of Southern Africa*, 8(4), 168173. doi.org/10.1080/02566702.1991.9648285
- Baumont, R., Aufrère, J. J., Niderkorn, V., Andueza, D., Surault, F., Peccatte, J.-R., Delaby, L., & Pelletier, P. (2008). La diversité spécifique dans le fourrage : Conséquences sur la valeur alimentaire. *Journées de l'AFPF*, 114. https://afpf-asso.fr/acte/la-diversite-specifique-dans-le-fourrage-consequences-sur-la-valeur-alimentaire
- Buckee, G. K. (1994). Determination of total nitrogen in barley, malt and beer by Kjeldahl procedures and the Dumas combustion method—Collaborative trial. *Journal of the Institute of Brewing*, 100(2), 5764. https://doi.org/10.1002/jib.1994.100.2.57
- Cournut, S., & Chauvat, S. (2012). L'organisation du travail en exploitation d'élevage : Analyse de 630 Bilans Travail réalisés dans huit filières animales. *INRAE Productions Animales*, 25(2), 101112. doi.org/10.20870/productions-animales.2012.25.2.3201
- Da Silva, P.M., Aguiar, C.A.S., Niemelä, J., Sousa, J.P., & Serrano, A.R.M. (2008). Diversity patterns of ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) along a gradient of land-use disturbance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124(3–4) : 270–274. doi.org/10.1016/j.agee.2007.10.007
- Delagarde, R., Caillat, H., & Fortin, J. (2017). HerbValo, une méthode pour estimer dans chaque parcelle la quantité d'herbe valorisée par les ruminants au pâturage. *Fourrages*, 229, 5561. https://afpf-asso.fr/article/herbvalo-une-methode-pour-estimer-dans-chaque-parcelle-la-quantite-d-herbe-valorisee-par-les-ruminants-au-paturage
- Döbert, T.F., Bork, E.W., Apfelbaum, S., Carlyle, C.N., Chang, S.X., Khatri-Chhetri, U., Sobrinho, L.S., Thompson, R., & Boyce, M.S. (2021). Adaptive multi-paddock grazing improves water infiltration in Canadian grassland soils. *Geoderma* 401, 115314.
- Doligez, P., Doligez, E., Trillaud-Geyl, C., & Marnay, L. (2014) : Pâturage tournant ou continu pour les prairies destinées aux chevaux, FCE, http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil/lequipaedia/alimentation/prairies-et-paturage/paturage-tournant-ou-continu-pour-les-prairies-destinees-aux-chevaux.html
- Franzuebbers A. J., Poore M. H., Freeman S. R., & Rogers J. R. (2019). Soil-surface nutrient distributions in grazed pastures of North Carolina. *Journal of Soil and Water Conservation*, 74(6), 571–583
- Gaujour, E., Amiaud, B., Mignolet, C., Plantureux, S. (2011). Factors and processes affecting plant diversity in permanent grasslands. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 133–160.
- Gerlach, J., Samways, M., Pryke, J. (2013). Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *Journal of Insect Conservation*, 17, 831–850.
- Gnetti, V., Bombi, P., Vigna Taglianti, A., Bologna, M.A., D'Andrea, E., Cammarano, M., Bascietto, M., De Cinti, B., & Matteucci, G. (2015). Temporal dynamic of a ground beetle community of Eastern Alps (Coleoptera Carabidae). *Bulletin of Insectology* 68 (2): 299–309.
- Grandchamp, A.C., Bergamini, A., Stofer, S., Niemelä, J., Duelli, P., & Scheidegger, C. (2005). The influence of grassland management on ground beetles (Carabidae, Coleoptera) in Swiss montane meadows. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 110, 307–317.
- Gudleifsson, B.E. (2005). Beetle species (Coleoptera) in hayfields and pastures in northern Iceland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109, 181–186.
- Gutman, M., & Seligman, N. G. (1979). Grazing management of mediterranean foothill range in the upper Jordan River Valley. *Journal of Range Management*, 32(2), 8692. doi.org/10.2307/3897548
- Herbe et fourrages Centre, 2014. Guide du pâturage. La méthode préconisée pour les éleveurs bovins viande et ovins de la région Centre. 40 pages.
- Herfurth, D. (2015). Impact des pratiques de gestion sur le stockage du carbone dans le sol des écosystèmes prairiaux. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01343375
- Hoogsteen, M. J. J., Breure, A. M., & van Ittersum, M. K. (2022). Monitoring soil organic matter on grassland farms: An exploratory analysis. *Geoderma*, 405, 115456. doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115456
- INRA. (2018). *Alimentation des ruminants* (4^e éd.). Editions QUAE. 728 pages.
- Jeannel, R. (1941). Faune de France, tome 39 : Coléoptères Carabiques, tome 1. 577 pages.
- Leray, O., Doligez, P., Jost, J., Pottier, E., & Delaby, L. (2017). Présentation des différentes techniques de pâturage selon les espèces herbivores utilisatrices. *Fourrages* 229, 11–16.
- Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.-P., & Trommetter, M. (éditeurs) (2008). Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France). 178 pages.
- Mauchamp, L., Gillet, F., Mouly, A., & Badot, P.-M. (2013). Les prairies : biodiversité et services écosystémiques. Presses universitaires de Franche-Comté, Collection Pratiques et Techniques. 134 pages.
- MEA (2005). Ecosystems and human well-being : Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. 137 pages.
- Michaud, A., Plantureux, S., Baumont, R., & Delaby, L. (2020). Les prairies, une richesse et un support d'innovation pour des élevages de ruminants plus durables et acceptables. *INRAE Productions Animales*, 33(3), 153172. doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.3.4543
- Mosier, S., Apfelbaum, S., Byck, P., Calderon, F., Teague, R., Thompson, R., & Cotrufo, M. F. (2021). Adaptive multi-paddock grazing enhances soil carbon and nitrogen stocks and stabilization through mineral association in southeastern U.S. grazing lands. *Journal of Environmental Management*, 288, 112409. doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112409
- Niemelä, J., Kotze, J., Ashworth, A., Brandmayr, P., Desender, K., New, T., Penev, L., Samways, M., & Spence, J. (2000). The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network. *Journal of Insect Conservation*, 4: 3–9.
- Pozsgai, G., Quinzó-Ortega, L., & Littlewood, N. (2022). Grazing impacts on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) abundance and diversity on semi-

- natural grassland. *Insect Conservation and Diversity*, 15, 36–47.
- Purvis, G., Fadl, A. (2002). The influence of cropping rotations and soil cultivation practice on the population ecology of carabids (Coleoptera: Carabidae) in arable land. *Pedobiologia* 46(5) : 452-474.
- Rainio, J., Niemelä, J. (2003). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12: 487-506.
- Ribeiro Filho, H. M. N., Delagarde, R., Peyraud, J. L. (2005). Herbage intake and milk yield of dairy cows grazing perennial ryegrass swards or white clover/perennial ryegrass swards at low- and medium-herbage allowances. *Animal Feed Science and Technology*, 119(12): 1327. doi.org/10.1016/j.anifeeds.2004.12.009
- Ryschawy, J., Tichit, M., Bertrand, S., Allaire, G., Plantureux, S., Aznar, O., Perrot, C., Guinot, C., Josien, E., Lasseur, J., Aubert, C., Tchakérian, E., & Disenhaus, C. (2015). Comment évaluer les services rendus par l'élevage ? Une première approche méthodologique sur le cas de la France. *INRA Productions Animales*, 28(1), 2338. https://doi.org/10.20870/productions-animales.2015.28.1.3008
- Schmid, R.B., Welch, K.D., Teague, R., Lundgren, J. (2024). Adaptive paddock (AMP) pasture management increases arthropod community guild diversity without increasing pests. *Rangeland Ecology and Management*, 94(4): 141-148. DOI:10.1016/j.rama.2024.03.001
- Smith, E. P., Van Bell, G. (1984). Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics* 40 (1) : 119-129.
- Söderström, B., Svensson, B., Vessby, K., Glimskär, A. (2001). Plants, insects and birds in semi-natural pastures in relation to local habitat and landscape factors. *Biodiversity and Conservation*, 10, 1839–1863.
- Spence, JR., Niemelä, JK. (1994). Sampling carabid assemblages with pitfall traps: madness and the method. *The Canadian Entomologist*, 126(3):881-894. doi:10.4039/Ent126881-3
- Teague, R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B., Conover, D. M. (2011). Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(34), 310322. doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.009
- Teofilova, T.M. (2018). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in grasslands: model for assessment of the species diversity and ecosystem condition in Bulgaria. *North-Western Journal of Zoology*, 14 (1), 1-12.
- Trichard, A. (2014). Effets des pratiques locales et du paysage sur des communautés en interaction : la prédation des adventices par les carabidae en semi-direct. Thèse de doctorat. Ecole Doctorale Environnement-santé - Université de Bourgogne.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 35833597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
- Zhou G., Zhou X., He Y., Shao J., Hu Z., Liu R., Zhou, H., Hosseinibai, S. (2017). Grazing intensity significantly affects belowground carbon and nitrogen cycling in grassland ecosystems: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 23(3), 1167-1179. doi.org/10.1111/gcb.13431