



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

Les prairies au cœur de systèmes de production alimentaire circulaires et durables : quelques éléments de synthèse

O. Huguenin-Elie¹, S. Plantureux², R. Baumont³

RESUME

Le 29^{ème} congrès de la European Grassland Federation s'est penché sur les contributions des prairies au développement de systèmes alimentaires circulaires et durables. Dans cet article, les auteurs résument ce qui, de leur point de vue, ont été les points forts de ce congrès. L'évaluation du bouquet de services fournis par les systèmes d'élevage herbagers a été un de ces points forts, comme l'a été l'exploration des possibilités d'utiliser la diversité des communautés végétales des prairies pour renforcer les performances et la résilience de ces systèmes. À l'échelle de la parcelle, la diversité végétale intra et interspécifique est un soutien important à la productivité et stabilité de la prairie. La diversification des types de prairies entretenues à l'échelle de l'exploitation permet par contre de mieux renforcer la multifonctionnalité du système.

SUMMARY

Grasslands at the heart of circular and sustainable food production systems: some elements of synthesis

The 29th Congress of the European Grassland Federation focused on the contributions of grasslands to the development of circular and sustainable food systems. In this article, the authors summarize, from their point of view, what were the highlights of this congress. The assessment of the service package provided by grassland livestock systems was one of those highlights, as was the exploration of the potential of using the diversity of grassland plant communities to enhance the performance and resilience of these systems. At the plot level, intra- and inter-specific plant diversity is an important support to grassland productivity and stability. On the other hand, diversification of the types of grasslands maintained at the farm level allows to better reinforce the multifunctionality of the system.

Les attentes des sociétés européennes envers les systèmes agricoles basés sur la prairie s'étendent bien au-delà de la production de lait et de viande (Dumont *et al.*, 2016). Les prairies contribuent en effet au maintien de la biodiversité et des populations de pollinisateurs, à la séquestration du carbone dans les sols, à la protection des sols contre l'érosion, à la régulation du cycle de l'eau, ainsi qu'à la création d'espaces de détente (Plantureux *et al.*, 2016). Les prairies jouent également un rôle clé à la fermeture des cycles des éléments fertilisants et sont ainsi un élément essentiel pour la construction de systèmes de production de ruminants circulaires (Vertès *et al.*, 2019 ; Franzluebbers et Martin, 2022). Cependant, la fourniture effective de services écosystémiques par les prairies dépend fortement de la gestion de ces dernières et de leur situation dans le paysage agricole (Duru *et al.*, 2015). De la prairie semi-naturelle riche en espèces à la prairie temporaire d'une ou deux espèces, les objectifs réalisables et les leviers principaux diffèrent fortement. Il

s'agit donc de réfléchir aux possibilités d'utiliser ces différences pour renforcer la durabilité des systèmes herbagers. Il est également nécessaire de prendre en considération les corrélations négatives ou positives existant entre services afin de définir des objectifs réalisables soit à l'échelle de la parcelle, soit à celle de l'exploitation (Lindborg *et al.*, 2022).

Le 29^{ème} congrès de la fédération européenne des herbages (EGF) avait pour thème principal la place des prairies dans les systèmes de production circulaires et durables et il a permis de regrouper des contributions traitant des divers éléments de ce sujet complexe. Il avait notamment pour objectifs de mettre en perspective les prairies et les bouquets de services qu'elles fournissent, d'identifier les synergies entre animaux, prairies et grandes cultures, et d'explorer les possibilités d'utiliser la biodiversité pour renforcer les systèmes herbagers. De manière évidente, le congrès a également abordé la question des effets du changement climatique sur la résilience des prairies et des systèmes fourragers,

AUTEURS

1 : Agroscope, Production Fourragère et Systèmes Herbagers, 8046 Zurich, Suisse

2 : Université de Lorraine, INRAE, LAE, 54000 Nancy, France

3 : Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champagnelle, France

MOTS-CLES : services écosystémiques, multifonctionnalité, diversification, niveau d'intensité

KEY-WORDS: ecosystem services, multifunctionality, diversification, intensity level

REFERENCE DE L'ARTICLE : Huguenin-Elie O., Plantureux S., Baumont R., (2023). « Les prairies au cœur de systèmes de production alimentaire circulaires et durables : quelques éléments de synthèse ». *Fourrages* 253, 101-109

et celle des adaptations indispensables pour y faire face. Nous souhaitons ici mentionner quelques résultats clés présentés durant ce congrès et discuter quelques pistes qui pourraient aider à promouvoir la multifonctionnalité des systèmes d'élevage herbagers.

1. Quelles rôles et perspectives pour les prairies ?

L'importance des prairies pour l'Europe, aussi bien sur le plan de l'utilisation des terres pour la production alimentaire, des services de régulations (voir Lindborg *et al.*, ce numéro), que pour la réussite de la transition agroécologique, a été clairement décrite par Guyomard *et al.* (2022) et Poux et Aubert (2022). Un atout des prairies plurispécifiques face aux incertitudes liées au changement climatique semble être leur adaptabilité et leur capacité à récupérer après une période de stress hydrique (Lüscher *et al.*, 2022). L'avenir des prairies européennes n'en semble pour autant pas être assuré, vu le déclin des surfaces de prairies permanentes durant ces dernières décennies, les réflexions actuelles sur le futur de l'alimentation humaine, ou l'opinion mitigée des agriculteurs – généralement parlant – par rapport à

la place des prairies permanentes dans les systèmes de production. Guyomard *et al.* (2022) soulignent en effet que dans les régions où la part de prairies permanentes dans la surface agricole utile a légèrement augmenté, le moteur de cette augmentation a plutôt été un déclin des grandes cultures qu'une priorisation délibérée des prairies. Les acteurs des systèmes ciblant en premier lieu la production de lait ou de viande considèrent souvent les prairies permanentes comme peu productives et vulnérables au changement climatique (Dumont *et al.*, 2022 ; Schaumberger *et al.*, 2022). Il est donc primordial de mieux caractériser le potentiel et les services et dis-services liés aux systèmes herbagers (Poux et Aubert, 2022; Lindborg *et al.*, 2022). Ceci nécessite le développement de méthodes permettant d'apprécier la valeur économique des services de régulations (Richner *et al.*, 2021; Huber *et al.*, 2022). Dans ce contexte, le congrès a mis l'accent sur les synergies entre la production animale, les prairies et les cultures, et en particulier sur le rôle des prairies pour reconnecter l'élevage et la production végétale dans des systèmes de production circulaires (notamment en termes de gestion des ressources) et respectueux de l'environnement (limitation des impacts négatifs liés aux

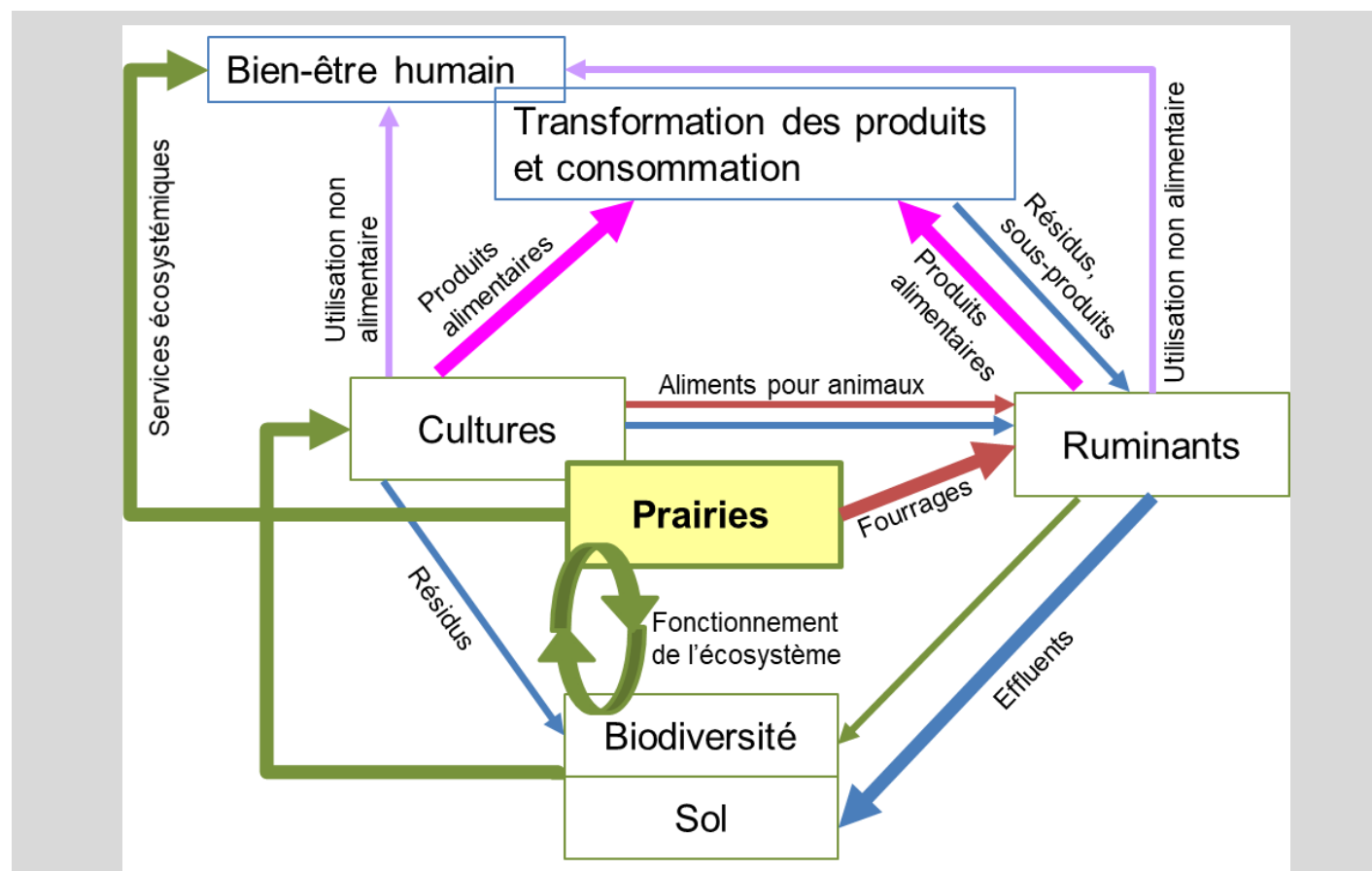


FIGURE 1 : Schéma des éléments et relations abordés durant le 29ème congrès de la fédération européenne des herbages (EGF) qui avait pour thème principal la place des prairies dans les systèmes de production alimentaire circulaires et durables.

Figure 1 : Outline of the elements and relationships discussed during the 29th Congress of the European Grassland Federation (EGF) which focused on the place of grasslands in circular and sustainable food production systems.

pratiques d'exploitation) (Franzlubbers et Martin, 2022 ; figure 1).

2. Comment évaluer les services d'approvisionnement ?

Dans beaucoup de publications, la production de fourrage est utilisée comme une mesure du service d'approvisionnement de la prairie. Cela a aussi été le cas durant le congrès (*e.g.* Lindborg *et al.*, 2022). Avec cette approche, une augmentation de la production résultant d'apports additionnels d'intrants agricoles (fertilisation, irrigation, etc.) est assimilée à une augmentation du service d'approvisionnement. Il nous semble nécessaire de ne tirer de conclusion qu'avec circonspection d'une telle approche, comme discuté en détail par Tibi et Therond (2017). La version V5.1 du CICES (Haines-Young et Potschin, 2018) définit le service d'approvisionnement comme "la contribution de l'écosystème à la croissance des cultures qui peuvent être récoltées et utilisées comme matière première". Le défi est que dans des conditions « *in-natura* », il est quasiment impossible de distinguer la part d'approvisionnement en fourrage qui est assurée uniquement par le fonctionnement de l'écosystème

(sans fertilisation, irrigation, etc.) de la part de production résultant de l'apport d'intrants agricoles. Il est néanmoins important de réfléchir à cette question car l'apport d'intrants peut dans certains cas affaiblir la contribution de l'écosystème à la croissance des plantes. Nous illustrons ceci avec le rendement en matière azotée d'une prairie constituée de graminées et de légumineuses. Cet écosystème fournit de l'azote à la culture principalement par la minéralisation de l'azote organique du sol et par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par les légumineuses (service écosystémique de fourniture d'azote), et peut recevoir des intrants exogènes d'azote *via* la fertilisation. Nous choisissons cet exemple, parce que certaines études ayant utilisé de l'engrais azoté marqué au ^{15}N permettent de quantifier la part du rendement en matière azotée provenant de l'écosystème et celle provenant de l'engrais (*e.g.* Nyfeler *et al.*, 2011 ; figure 2). Il est bien connu que l'apport d'engrais azoté sur une prairie graminées-légumineuses réduit la contribution de la fixation symbiotique à la fourniture en azote de la culture en réduisant la part de légumineuses dans la communauté végétale et l'activité fixatrice de ceux-ci (Nyfeler *et al.*, 2011), comme cela est illustré dans la figure 2. Bien que dans cet exemple le rendement en matière azotée est similaire pour le mélange fertilisé avec

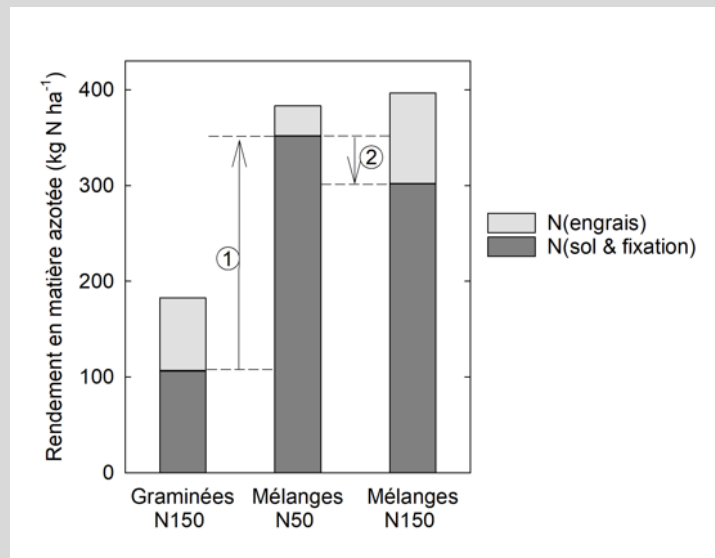


FIGURE 2 : Effets de la composition botanique de la prairie et d'un apport d'engrais azoté sur le rendement en matière azotée, sur la quantité de matière azotée provenant de l'écosystème, c'est-à-dire du sol et de la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses (N(sol & fixation)), et sur la quantité de matière azotée provenant de l'engrais (N(engrais)). Ceci pour des prairies de graminées fertilisées avec 150 kg N ha⁻¹ an⁻¹ et des mélanges graminées-légumineuses fertilisés avec 50 ou 150 kg N ha⁻¹ an⁻¹. La flèche 1 montre l'augmentation de rendement en matière azotée provenant de la fixation azotée, donc par un meilleur fonctionnement de l'écosystème. La flèche 2 montre la diminution de la fourniture en azote par l'écosystème causée par l'application d'engrais azoté sur les mélanges graminées-légumineuses. Les données proviennent d'un essai utilisant des engrais marqués au ^{15}N (Nyfeler *et al.*, 2011).

Figure 2 : Effects of grassland botanical composition and nitrogen fertilizer application on nitrogen yield, on the amount of nitrogen from the ecosystem, i.e. from the soil and symbiotic nitrogen fixation by legumes (N(soil & fixation)), and on the amount of nitrogen from the fertilizer (N(fertilizer)) This is for grassland fertilized with 150 kg N ha⁻¹ year⁻¹ and grass-legume mixtures fertilized with 50 or 150 kg N ha⁻¹ year⁻¹. Arrow 1 shows the increase in nitrogen yield from nitrogen fixation, i.e. from better ecosystem functioning. Arrow 2 shows the decrease in nitrogen supply from the ecosystem caused by the application of nitrogen fertilizer to the grass-legume mixtures. Data are from a trial using ^{15}N -labeled fertilizer (Nyfeler *et al.*, 2011).

150 unités d'azote que pour celui fertilisé avec 50 unités d'azote, il ne nous semble pas correcte d'en conclure que le « service d'approvisionnement » est similaire pour les deux systèmes et préférons le concept adopté par Tibi et Therond (2017) qui définit la production non pas comme un service mais comme un bien agricole.

3. Rôle de la diversité de la communauté végétale de la prairie

L'intérêt porté actuellement aux possibilités de maintenir ou d'améliorer la multifonctionnalité des prairies par le maintien ou la restauration de la diversité de leur communauté végétale, ou par une utilisation de plus d'espèces pour le semis de prairies temporaires, a été très clairement illustré durant ce congrès, tant par la quantité de contributions traitant du sujet que par le grand nombre de services considérés et mis en lien avec cette diversité. Le rôle de cette diversité a été envisagé aussi bien dans les prairies temporaires que dans les prairies permanentes. Si beaucoup se sont penchés sur des questions de productivité (production de biomasse, production laitière, qualité du fourrage ; Baker *et al.*, Patterson *et al.*, Gamper *et al.*, Šidlauskaitė *et al.*, Patton *et al.*, Mesbahi *et al.*, tous 2022), certains ont abordé des questions de pertes en azote réactif (Hearn *et al.*, 2022 ; Cummins *et al.*, 2022) ou l'avantage des mélanges d'espèces pour restaurer les dégâts causés par les campagnols terrestres (Bouchon *et al.*, 2022). En revanche, peu de nouveaux résultats sur le rôle de la diversité pour la compétitivité de la communauté végétale face aux plantes indésirables (Grange *et al.*, 2022) ont été ajoutés au corpus de littérature déjà existant à ce sujet (par ex. Suter *et al.*, 2017 ; Cong *et al.*, 2018 ; Connolly *et al.*, 2018). La composition botanique de la prairie influence également le microbiote du sol et les processus qui lui sont liés (Coskun *et al.*, 2017 ; Fox *et al.*, 2020), ainsi que les populations de pollinisateurs (Cong *et al.*, 2020). Elle agit de ce fait sur un large éventail de services à l'échelle de la parcelle comme à des échelles plus larges. Lüscher *et al.* (2022) résument l'état actuel des connaissances concernant les effets de la diversité végétale sur la résilience des prairies à la sécheresse. Ils concluent que l'utilisation à des fins agronomiques de la diversité végétale intra ou interspécifique peut grandement contribuer à augmenter la résilience des prairies temporaires et permanentes aux aléas climatiques. La recherche sur la physiologie des espèces fourragères pourrait de plus apporter de nouvelles pistes pour améliorer la résilience à la sécheresse des nouvelles variétés (Morvan-Bertrand *et al.*, 2022) et contourner les corrélations négatives qui sont parfois observées entre cette résilience et la productivité sous conditions favorables (Bhandari et Picasso, 2022). Il faut ici souligner l'importance cruciale d'intégrer l'adaptation de la gestion des prairies dans le développement de stratégies d'adaptation au changement climatique. En effet, Luna *et al.* (2022) ont montré, pour les prairies du Massif-central et en

utilisant des données de télédétection, que la gestion des prairies influençait plus leur résilience à la sécheresse que la diversité végétale, bien que cette dernière ait aussi montré un rôle positif dans cette étude. La fréquence des défoliations, par exemple, semble influencer négativement la résilience des prairies à la sécheresse. Un autre exemple est apporté par Huguenin-Elie *et al.* (2022) qui montrent qu'une adaptation du régime et de la hauteur de fauche permet de réduire l'augmentation des populations de setaie glauque, une espèce favorisée par la chaleur et la sécheresse mais de mauvaise qualité fourragère. Les contributions présentées au congrès ont donc indiqué plusieurs pistes pouvant favoriser la fourniture de plusieurs services à l'échelle de la parcelle. Dans le paragraphe suivant, nous discutons des défis rencontrés à cette échelle.

4. Conflit d'objectifs liés à l'intensité de gestion et options à l'échelle de la parcelle

L'intensité de gestion influence grandement la fourniture de biens et de services par les prairies (Duru *et al.*, 2015), ainsi que le rôle des prairies pour la conservation de la biodiversité (Sabatier *et al.*, 2015). À l'échelle de la parcelle, l'optimum peut se situer à des niveaux d'intensité très différents selon le service considéré : forte intensité pour la fourniture de fourrage digestible et riche en énergie (Herrmann *et al.*, 2005 ; Trott *et al.*, 2004), intensité intermédiaire pour la séquestration du carbone dans les sols (Pellerin *et al.*, 2020 ; Klumpp et Fornara, 2018 ; Soussana et Lemaire, 2014 ; Ward *et al.*, 2016), faible intensité pour la conservation de la biodiversité (Huguenin-Elie *et al.*, 2018). Il existe donc de sérieux conflits d'objectifs entre différents services le long du gradient d'intensification (Figure 3a). Certaines des mesures de gestion préconisées, comme la promotion d'une diversité fonctionnelle ciblée, peuvent être bénéfiques pour plusieurs objectifs agricoles et environnementaux simultanément (Teixeira *et al.*, 2015 ; Suter *et al.*, 2021). Un autre exemple est l'utilisation de pâturages boisés (agroforesterie), qui favorisent conjointement le stockage du carbone dans le sol (Franzluebbers *et al.*, 2017 ; Fornara *et al.*, 2018 ; Howlett *et al.*, 2011), la distribution saisonnière de la disponibilité de l'herbe dans les climats à sécheresse estivale (Seddaiu *et al.*, 2018) et la biodiversité (Moreno *et al.*, 2016 ; Ferreiro-Dominguez *et al.*, 2022). Certains arbres peuvent également représenter une source de fourrage complémentaire à l'herbe durant l'été (Mesbahi *et al.*, 2022). De plus, certaines de ces mesures, comme les deux citées ci-dessus, peuvent être combinées au niveau d'une même parcelle. Malheureusement, ces mesures ou combinaisons de mesures ne permettent pas de pleinement résoudre les conflits d'objectifs survenant à l'échelle de la parcelle le long du gradient

d'intensification (en particulier entre la quantité de biens agricoles produits et services écosystémiques). L'état actuel des connaissances indique que ce défi doit être relevé au niveau de l'exploitation ou du paysage.

renforcer la résilience socio-économique des exploitations herbagères face aux aléas climatiques ou économiques. Le rôle de la diversité des types de prairies pour faire face aux aléas climatiques est également

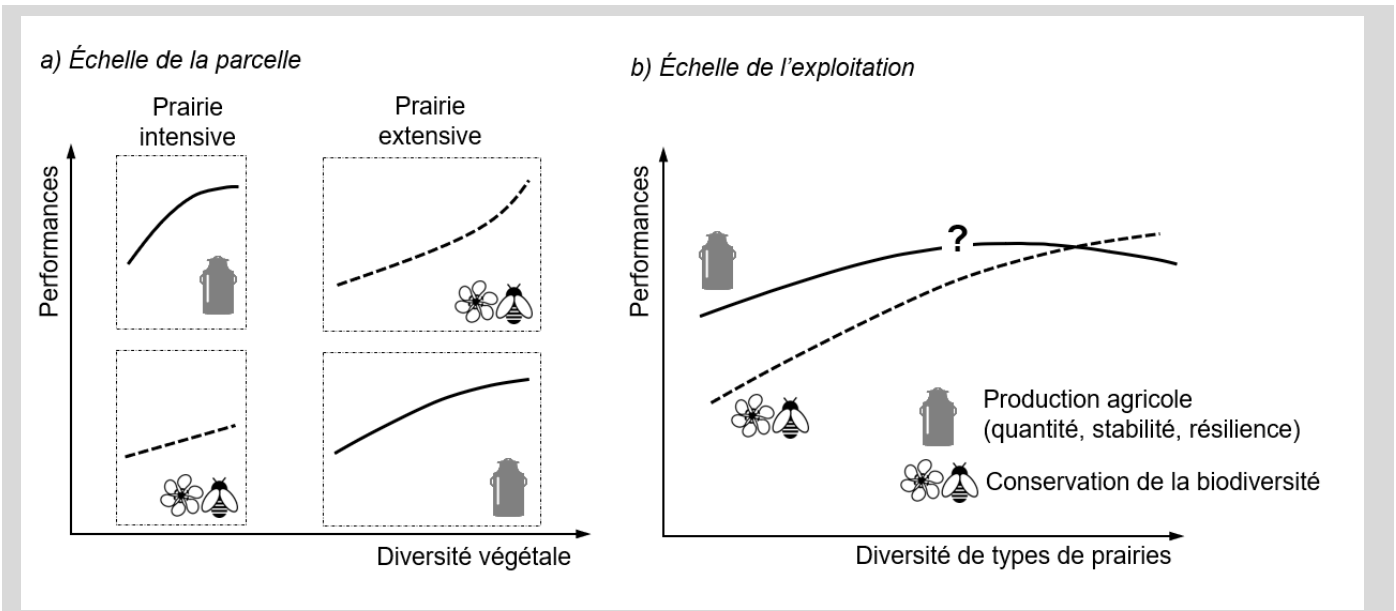


FIGURE 3 : Représentation schématique de la relation entre diversité et performances du système. a) À l'échelle de la parcelle et aussi bien pour les prairies intensives que pour les prairies extensives, la diversité végétale renforce le rôle de la prairie pour la production agricole et son rôle pour la conservation de la biodiversité. L'intensité de gestion a cependant une influence plus importante. Cette dernière détermine les niveaux possibles de diversité de la communauté végétale, et limite clairement soit la production soit l'intérêt de la prairie pour la biodiversité. b) À l'échelle de l'exploitation, une certaine diversité de types de prairies renforce la production agricole et est en même temps positive en termes de conservation de la biodiversité (pour un système orienté production). L'optimum de diversité en types de prairies n'a pas encore été déterminé. Adapté selon Biggs *et al.* (2012).

Figure 3 : Schematic representation of the relationship between diversity and system performance. a) At the plot level and for both intensive and extensive grasslands, plant diversity enhances the role of the grassland for agricultural production and its role for biodiversity conservation. However, management intensity has a more important influence. The latter determines the possible levels of diversity of the plant community, and clearly limits either the production or the biodiversity value of the grassland. b) At the farm level, a certain diversity of grassland types enhances agricultural production and is at the same time positive in terms of biodiversity conservation (for a production-oriented system). The optimum diversity of grassland types has not yet been determined. Adapted from Biggs *et al.* (2012).

5. Bouquets de services à l'échelle de l'exploitation

L'exploitation agricole offre des options intéressantes pour atteindre des objectifs multiples en ciblant différents services sur différentes parcelles de l'exploitation, comme le rapportent White *et al.* (2019) pour des systèmes de polyculture-élevage. Ceci est également le cas pour les systèmes herbagers, dans lesquels l'intensité de gestion des prairies peut être modulée entre les différentes parcelles en fonction des services ciblés en priorité. En effet, les prairies gérées de manière différenciée et évoluant par conséquent vers différents types de prairies (c'est-à-dire des prairies avec des communautés végétales contrastées) présentent des atouts et des faiblesses distincts en ce qui concerne la fourniture de services (Duru *et al.*, 2014). Dumont *et al.* (2022) expliquent comment une diversification des types de prairies à l'échelle de l'exploitation peut aussi

souligné par l'étude de Plantureux *et al.* (2022) qui montre que le changement climatique impacte différemment les différents types de prairies. Face aux incertitudes liées au changement climatique, la résilience future des exploitations agricoles en matière de production fourragère exige donc le maintien d'une diversité de types de prairies. Le travail de Geffroy *et al.* (2022) complète la réflexion autour de la piste « diversification » pour réduire la vulnérabilité des exploitations en montrant que la stabilité économique ne va pas toujours de pair avec une meilleure stabilité au niveau de la production : dans leur étude, les exploitations laitières basées sur un système herbe-maïs (plus de 20 % de maïs) ont une meilleure stabilité au niveau de la production laitière mais sont moins robustes d'un point de vue économique que les exploitations très herbagères.

En ce qui concerne la fonction productive des prairies, la digestibilité du fourrage et la teneur en protéines diminuent avec l'augmentation de la maturité

des plantes, mais une défoliation très fréquente visant à récolter un fourrage jeune et facilement digestible réduit généralement le rendement annuel en termes de biomasse (Pontes *et al.*, 2007). Par conséquent, l'optimisation simultanée de la qualité du fourrage et du rendement en biomasse est avantageusement gérée à l'échelle de l'exploitation. En effet, la plupart des exploitations élèvent des animaux dont les besoins en énergie et en protéines diffèrent (animaux à différents stades de croissance ou de lactation, parfois différentes espèces ou races) et qui ont donc d'autres exigences alimentaires. Une alimentation trop riche des génisses, par exemple, peut nuire à la capacité d'ingestion en fourrage durant la période productive de leur existence (Sejrsen et Purup, 1997). Par conséquent, un compromis efficace peut consister à donner la priorité à la qualité du fourrage sur les surfaces nécessaires au bétail le plus exigeant, et donner la priorité à la production d'un fourrage plus grossier sur le reste de la surface. Cela implique d'ajuster la fréquence de défoliation des différentes parcelles pour servir les objectifs globaux de l'exploitation, ce qui à moyen terme conduit à des compositions botaniques contrastées sur les différentes parcelles (Duru *et al.*, 2015 ; Dumont *et al.*, 2022).

En combinant différents types de prairies au niveau de l'exploitation, certaines gérées de façon intensive et d'autres de façon extensive, il semble possible pour l'éleveur de mieux concilier des objectifs de production et de conservation de la biodiversité qu'en appliquant une gestion plus uniforme à une intensité intermédiaire. En effet, le niveau d'intensité intermédiaire entre une utilisation agricole extensive et une utilisation très intensive réduit significativement le rendement en énergie digestible par rapport à une gestion intensive (Nemecek *et al.*, 2011), tout en réduisant significativement la fonction de la prairie pour la conservation de la biodiversité par rapport à une gestion extensive (Gossner *et al.*, 2016 ; à noter qu'une

intensité de gestion intermédiaire peut favoriser l'abondance de certains taxons d'arthropodes sans réduire leur richesse spécifique, comme l'ont montré Lessard-Therrien *et al.*, 2018). Au contraire, l'hétérogénéité de la gestion des prairies au niveau de l'exploitation, dans l'espace et dans le temps, peut être bénéfique pour la biodiversité sans nuire à la productivité globale (Sabatier *et al.*, 2015). C'est ce qu'a aussi démontré un système de pâturage tournant qui a exclu une parcelle du pâturage pendant deux mois au cours de la principale période de floraison (Ravetto Enri *et al.*, 2017). Huguenin-Elie *et al.* (2014) ont comparé des exploitations-type en zone de montagne qui utiliseraient le même nombre de prairies, mais avec une hétérogénéité de gestion contrastée (Tableau 1). Pour ce faire, ils ont utilisé 107 relevés botaniques de prairies d'une même vallée et construit les exploitations-type en combinant les quatre types de prairies définies dans l'étude. Il en ressort que la combinaison de deux niveaux d'intensité et deux situations dans le paysage permet à l'exploitation d'héberger un nombre d'espèces végétales similaire à une exploitation entièrement extensive, malgré le fait qu'une partie des surfaces soit utilisée intensivement pour la production de fourrage. Cela s'explique par des cortèges d'espèces distincts dans les différents types de prairies (diversité beta). La complémentarité entre prairies gérées de manière intensive et prairies semi-naturelles a également été constatée pour la faune du sol (Deru *et al.*, 2018). Cela ne veut pas dire pour autant qu'une diversification maximale soit la plus efficace pour atteindre les objectifs recherchés. En effet, Biggs *et al.* (2012) suggèrent que la complexité croissante des systèmes de plus en plus diversifiés peut conduire, après un certain seuil de diversification, à trop complexifier le pilotage du système et de ce fait à réduire sa capacité d'adaptation. Il existerait donc un optimum à un niveau intermédiaire de diversification à l'intérieur du système (Figure 3b) et ce niveau devrait pouvoir tendre vers une diversification

Échelle parcelle		Échelle exploitation	
Type de prairies	Richesse spécifique	Exploitations-type	Richesse spécifique
IF: Intensif, fond de vallée (n=40)	31 ± 0.9	1 type de prairies, 20 parcelles IF	110 ± 8.6
IV: Intensif, versants de la vallée (n=18)	40 ± 2.1	1 type de prairies, 20 parcelles EV	175 ± 5.3
EF: Extensif, fond de vallée (n=14)	40 ± 2.5	2 types de prairies, 12x IF + 8x EF	155 ± 8.9
EV: Extensif, versants de la vallée (n=35)	46 ± 1.7	4 types, 5x IF + 5x IV + 5x EF + 5x EV	169 ± 9.3

TABLEAU 1 : Nombre d'espèces de plantes vasculaires à l'échelle de la parcelle pour quatre types de prairies de montagne, et à l'échelle de l'exploitation pour quatre exploitations-type, toutes avec 20 parcelles, mais qui gèreraient un seul, deux ou les quatre types de prairies. Les exploitations-type ont été modélisées en tirant au sort pour chaque type de prairies le nombre de parcelles correspondant à partir d'un total de 107 prairies de la vallée dont la composition botanique était connue (100 rééchantillonnages par exploitation-type ; Huguenin-Elie *et al.*, 2014). Intensif : prairies gérées de manière intensive.

Table 1 : Number of vascular plant species at the plot level for four mountain grassland types, and at the farm level for four model farms, all with 20 plots, but which would manage one, two or all four grassland types. Typical farms were modeled by randomly drawing for each grassland type the corresponding number of plots from a total of 107 grasslands in the valley with known botanical composition (100 resamples per typical farm; Huguenin-Elie *et al.*, 2014). Intensive: intensively managed grasslands.

plus élevée grâce à l'amélioration des outils d'aide à la décision. Pour améliorer l'efficacité de la diversification des prairies pour la conservation de la biodiversité comme pour la fourniture de services de régulation, il convient de tenir compte de l'emplacement des différents types de prairies dans le paysage afin d'optimiser la connectivité entre les surfaces favorables à la biodiversité et l'emplacement des parcelles par rapport aux autres éléments du paysage, comme par exemple les cours d'eau (Angelone et Holderegger, 2009 ; Kremen *et al.*, 2007 ; Casal *et al.*, 2018).

Conclusion

Nous concluons que le bouquet de services écosystémiques fourni par les systèmes herbagers peut être optimisé en combinant des mesures d'amélioration spécifiques à l'échelle de la parcelle avec des mesures promouvant la diversité de types de prairies à l'échelle de l'exploitation. En effet, l'échelle de l'exploitation et la diversification des types de prairies offrent la possibilité de s'attaquer aux conflits d'objectifs rencontrés à l'échelle de la parcelle et liés au fait qu'au niveau d'une seule prairie, une intensité de gestion donnée ne permet en aucun cas d'optimiser à la fois la production de biens agricoles et la fourniture d'un large éventail de services. Une diversité optimale des types de prairies est donc un élément clé pour améliorer la multifonctionnalité des systèmes herbagers et leurs rôles dans le développement de systèmes de production circulaires et durables. Les comptes rendus du 29^{ème} congrès de la fédération européenne des herbages (Grassland Science in Europe, Volume 27, 2022), en réunissant résultats de recherches actuelles et analyses bibliographiques autour de ce sujet, représentent ainsi un pas vers une meilleure compréhension des interactions complexes entre prairies et autres éléments des systèmes de production.

Accepté pour publication le 09 mai 2023

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Angelone S., & Holderegger R., (2009) : « Population genetics suggests effectiveness of habitat connectivity measures for the European tree frog in Switzerland », *J. Appl. Ecol.*, 46, 879-887.
- Baker S., Lynch M.B., Godwin F., Kelly A., Boland T.M., Evans A.C.O., Murphy P.N.C. and Sheridan H., (2022) : « Multispecies swards exceed the productivity of perennial ryegrass monocultures under a beef rotational grazing system », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 340-342.
- Bhandari K.B., Picasso V.D., (2022) : « Assessing resilience of lucerne cultivars to drought stress in Wisconsin, United States », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 355-357.
- Biggs R., Schlüter M., Biggs D., Bohensky E. L., Burn Silver S., Cundill G., Dakos V., Daw T. M., Evans L. S., Kotschy K., Leitch A. M., Meek C., Quinlan A., Raudsepp-Hearne C., Robards M. D., Schoon M. L., Schultz L., & Wes, P.C., (2012) : « Towards principles for enhancing the resilience of ecosystem services », *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 37, 421-448.
- Bouchon M., Louault F., Vassal N., Michelin Y., Pomiès D. and Bloor J.M.G., (2022) : « Overseeding and rehabilitation of degraded upland grasslands after *Arvicola terrestris* outbreaks », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 358-360.
- Casal L., Durand P., Akkal-Corfini N., Benhamou C., Laurent F., Salmon-Monviola J., & Vertès F., (2018) : « Optimal location of set-aside areas to reduce nitrogen pollution: A modelling study », *J. Agric. Sci.*, 156, 1090-1102.
- Cong W., Dupont Y.L., Sørengaard K., Eriksen J., (2020) : « Optimizing yield and flower resources for pollinators in intensively managed multi-species grasslands », *Agric. Ecosyst. Environ.*, 302, 107062.
- Cong W.-F., Suter M., Lüscher A. and Eriksen J., (2018) : « Species interactions between forbs and grass-clover contribute to yield gains and weed suppression in forage grassland mixtures », *Agric. Ecosyst. Environ.*, 268, 154-161.
- Connolly C., Sebastià M.-T., Kirwan L., Finn J.A., Llorba R., Suter M. ... and Lüscher A., (2018) : « Weed suppression greatly increased by plant diversity in intensively managed grasslands: A continental-scale experiment », *J. Appl. Ecol.*, 55, 852-862.
- Coskun D., Britto D.T., Shi W., Kronzucker H.J., (2017) : « Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition », *Nature Plants*, 3(6), 1-10.
- Cummins S., Finn J.A., Richards K.G., Lanigan G.J., Grange G., Brophy C., Cardenas L.M., Misselbrook T.H., Reynolds C.K. and Krol D.J., (2022) : « Strong beneficial effects of grassland sward diversity on reducing nitrous oxide emissions and emissions intensity », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 364-366.
- Deru J. G. G., Bloem J., de Goede R., Keidel H., Kloen H., Rutgers M., ... Van Eekeren N., (2018) : « Soil ecology and ecosystem services of dairy and semi-natural grasslands on peat », *Appl. Soil Ecol.*, 125, 26-34.
- Dumont B. (coord.), Dupraz P. (coord.), Aubin J., Benoit M., Bouamra-Mechemache Z., Chatellier V., ... Donnars C., (2016) : « Rôles, impacts et services issus des élevages en Europe », Synthèse de l'expertise scientifique collective. France: INRA
- Dumont B., Franca A., López-i-Gelats F., Mosnier C., et Pauler C. M., (2022) : « Diversification increases the resilience of European grassland-based systems but is not a one-size-fits-all strategy », *Grass Forage Sci.*, 77, 247-256.
- Duru M., Jouany C., Theau J. P., Granger S., & Cruz P., (2014) : « A plant-functional-type approach tailored for stakeholders involved in field studies to predict forage services and plant biodiversity provided by grasslands », *Grass Forage Sci.*, 70, 2-18.
- Duru M., Theau J. P. & Martin G., (2015) : « A methodological framework to facilitate analysis of ecosystem services provided by grassland-based livestock systems », *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.*, 11, 128-144.
- Ferreiro-Domínguez N., Rigueiro-Rodríguez A. and Mosquera-Losada M.R., (2022) : « Flora biodiversity in silvopastoral systems under *Pinus radiata* D. Don in Galicia (NW Spain) », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 379-381.
- Fornara D. A., Olave R., Burgess P., Delmer A., Upson M., & McAdam J., (2018) : « Land use change and soil carbon pools: evidence from a long-term silvopastoral experiment », *Agrofor. Syst.*, 92, 1035-1046.
- Fox A., Lüscher A., Widmer F., (2020) : « Plant species identity drives soil microbial community structures that persist under a following crop », *Ecology and evolution*, 10, 8652-8668.
- Franzluebbers A.J. and Martin G., (2022) : « Reconnecting cropping and livestock operations to enhance circularity and avoid ecological collapse », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 505-514.
- Franzluebbers A. J., Chappell J. C., Shi W., & Cabbage F. W., (2017) : « Greenhouse gas emissions in an agroforestry system of the southeastern USA », *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 108, 85-100.
- Gamper H.A., Mairhofer F., Ceccon C., Matteazzi A., Gauly M. and Peratoner G., (2022) : « Grass-clover leys for a sustainable N yield: Trifolium pratense cultivar x mixture effects », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 397-399.
- Geffroy K., Auberger J., Busnot S., Carof M., Jacquot A.L., Novak S., Parnaudeau V., Puech T., Vertès F., Viaud V., Wilfart A. and Godinot O., (2022) : « A multicriteria method to evaluate the resilience of grass-based dairy farms to climate change in Brittany », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 400-402.

- Gossner M. M., Lewinsohn T. M., Kahl T., Grassein F., Boch S., Prati D., ... Allan E., (2016) : « Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities », *Nature*, 540, 266-269.
- Grange G., Brophy C. and Finn J.A., (2022) : « Drought and plant diversity effects on the agronomic multifunctionality of intensively managed grassland », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 403-405.
- Guyomard H., Pinto-Correia T., et Rouet-Leduc J., (2022) : « Why and how to support the supply of non-provisioning ecosystem services by European grasslands through the Common Agricultural Policy? », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 3-15.
- Haines-Young R. & Potschin M.B., (2018) : « Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure », Available from www.cices.eu
- Hearn C., Egan M., Lynch M.B. and O'Donovan M., (2022) : « Nitrate concentrations of leachate collected from perennial ryegrass and plantain monocultures after dairy cow urination », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 167-169.
- Herrmann A., Kelm M., Kornher A., & Taube F., (2005) : « Performance of grassland under different cutting regimes as affected by sward composition, nitrogen input, soil conditions and weather - a simulation study », *Eur. J. Agron.*, 22, 141-158.
- Howlett D. S., Mosquera-Losada M. R., Nair P. K., Nair V. D., & Rigueiro-Rodríguez A., (2011) : « Soil carbon storage in silvopastoral systems and a treeless pasture in northwestern Spain », *J. Environ. Qual.*, 40, 825-832.
- Huber R., LeClerc'h S., Buchmann N., & Finger R., (2022) : « Economic value of three grassland ecosystem services when managed at the regional and farm scale », *Sci. Rep.*, 12(1), 4194.
- Huguenin-Elie O., Schmid H., Odermatt M., Stutz C.J., Gago R., Lüscher A., (2022) : « Strengthening the resilience of grasslands against the unpalatable C4 grass *Setaria pumila* », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 409-411.
- Huguenin-Elie O., Davik J., Hovstad K. A., Taugourdeau S., Zehnder T., & Plantureux S., (2014) : « D3.7 Final report describing options for improving biodiversity in grassland-based ruminant production systems by differentiated grassland management at the farm level », Multisward (FP7-244983). www.multisward.eu
- Huguenin-Elie O., Delaby L., Klumpp K., Lemaufiel-Lavenant S., Ryschawy J., & Sabatier R., (2018) : « The role of grasslands in biogeochemical cycles and biodiversity conservation », In A. Marshall, & R. Collins (Eds.), *Improving grassland and pasture management in temperate agriculture* (pp. 3-29). Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing.
- Klumpp K. & Fornara D. A., (2018) : « The carbon sequestration of grassland soils – climate change and mitigation strategies », *Grassl. Sci. Eur.*, 23, 509-519.
- Kremen C., Williams N. M., Aizen M. A., Gemmill-Herren B., LeBuhn G., Minckley R., ... Ricketts T. H., (2007) : « Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change », *Ecol. Lett.*, 10, 299-314.
- Lessard-Therrien M., Humbert J.-Y., Hajdamowicz I., Stańska M., Klink R. V., Lischer L., & Arlettaz R., (2018) : « Impacts of management intensification on ground-dwelling beetles and spiders in semi-natural mountain grasslands », *Agric. Ecosyst. Environ.*, 251, 59-66.
- Lindborg R., Bernués A., Hartel T., Helm A. and Ripoll-Bosch R., (2022) : « Ecosystem services provided by semi-natural and improved grasslands – synergies, trade-offs and bundles », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 55-66.
- Luna D., Pottier J., Picon-Cochard C., (2022) : « Assessment of grassland sensitivity to drought in the Massif Central region using remote sensing », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 427-429.
- Lüscher A., Barkaoui K., Finn J. A., Suter D., Suter M., & Volaire F., (2022) : « Using plant diversity to reduce vulnerability and increase drought resilience of permanent and sown productive grasslands », *Grass Forage Sci.*, 77, 235-246.
- Mesbahi G., Jawahir A., Berthet M., Ginane C., Delagarde R., Chargelègue F., Novak S., (2022) : « Rethinking grasslands in 3D: feeding preferences of dairy cows between temperate fodder trees ». *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 436-438.
- Mesbahi G., Poutaraud A., Bayeur C. and Plantureux S., (2022) : « Taxonomic and functional biodiversity positively influence agronomic characteristics of permanent grassland », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 439-441.
- Moreno G., Gonzalez-Bornay G., Pulido F., Lopez-Díaz M. L., Bertomeu M., Juárez E., & Díaz M., (2016) : « Exploring the causes of high biodiversity of Iberian dehesas: the importance of wood pastures and marginal habitats », *Agrofor. Syst.*, 90, 87-105.
- Morvan-Bertrand A., Grandin A., Coulon M., Dubois V., Moulin P., Prud'homme M.-P., (2022) : « Involvement of fructans in the protection of leaf meristems of grassland species during drought », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 442-444.
- Nemecek T., Huguenin-Elie O., Dubois D., Gaillard G., Schaller B., & Chervet A., (2011) : « Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production », *Agric. Syst.*, 104, 233-245.
- Nyfeler D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E., & Lüscher A., (2011) : « Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources », *Agric. Ecosyst. Environ.*, 140, 155-163.
- Patterson J.D., Herron E.R., Mocarska M., Gordon A.W. and Young G.K., (2022) : « Overyielding in multi-species swards under simulated grazing management », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 457-459.
- Patton J., Lawless A., Grange G. and Finn J., (2022) : « Comparison of milk production of Holstein cows grazing perennial ryegrass or multispecies swards », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 460-462.
- Pellerin S. et Bamière L. (pilotes scientifiques), Launay C., Martin R., Schiavo M., Angers D., ... et Réchauchère O., (2020) : « Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? », Rapport scientifique de l'étude, INRA (France), 540 p.
- Plantureux S., Pires B., Mariau A., Salagnat T., Barrier P., (2022) : « Effect of climate change on forage production at plot/farm level – a case study in Vosges (France) », *Grassland Science in Europe* 27, 466-468.
- Plantureux S., Bernués A., Huguenin-Elie O., Hovstad K., Isselstein J., McCracken D., ... Vackar D., (2016) : « Ecosystem service indicators for grasslands in relation to ecoclimatic regions and land use systems », *Grassl. Sci. Eur.*, 21, 524-547.
- Pontes L. S., Carrère P., Andueza D., Louault F., & Soussana J.-F., (2007) : « Seasonal productivity and nutritive value of temperate grasses found in semi-natural pastures in Europe: responses to cutting frequency and N supply », *Grass Forage Sci.*, 62, 485-496.
- Poux X., et Aubert P. M., (2022) : « Permanent grassland and ruminants are a key component of the agroecological transition in Europe – findings from the 'Ten Years For Agroecology' scenario. Grassland at the heart of circular and sustainable food systems, 16 », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 16-28.
- Ravetto Enri S., Probo M., Farruggia A., Lanore L., Blanchetete A., & Dumont B., (2017) : « A biodiversity-friendly rotational grazing system enhancing flower-visiting insect assemblages while maintaining animal and grassland productivity », *Agric. Ecosyst. Environ.*, 241, 1-10.
- Richter F., Jan P., El Benni N., Lüscher A., Buchmann N., & Klaus V. H., (2021) : « A guide to assess and value ecosystem services of grasslands », *Ecosyst. Serv.*, 52, 101376.
- Sabatier R., Durant D., Hazard L., Lauvie A., Lecrivain E., Magda D., ... Tichit M., (2015) : « Towards biodiversity-based livestock farming systems: review of evidence and options for improvement », *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 10 (020), 1-13.
- Schaumberger A., Klingler A. & Herndl M., (2022) : « Impact of drought stress and climate change on yield and forage quality of grassland. », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 472-474.
- Seddaiu G., Bagella S., Pulina A., Cappai C., Salis L., Rossetti I., ... Roggero P. P., (2018) : « Mediterranean cork oak wooded grasslands: synergies and trade-offs between plant diversity, pasture production and soil carbon », *Agrofor. Syst.*, 92, 893-908.

- Sejrsen K., & Purup S., (1997) : « Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review. », *J. Anim. Sci.*, 75, 828-835.
- Šidlauskaitė G., Kemešytė V. and Kadžiulienė Ž., (2022) : « Responses of perennial ryegrass cultivars and their mixtures to white and red clovers as companion species in swards », *Grassl. Sci. Eur.*, 27, 475-477.
- Soussana J.-F. & Lemaire G., (2014) : « Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems », *Agric. Ecosyst. Environ.*, 190, 9-17.
- Suter M., Hofer D. and Lüscher A., (2017) : « Weed suppression enhanced by increasing functional trait dispersion and resource capture in forage ley mixtures », *Agric. Ecosyst. Environ.*, 240, 329-339.
- Suter M., Huguenin-Elie O., & Lüscher A., (2021) : « Multispecies for multifunctions: combining four complementary species enhances multifunctionality of sown grassland », *Sci. Rep.*, 11(1), 1-16.
- Teixeira R. F. M., Proença V., Crespo D., Valada T., & Domingos T., (2015) : « A conceptual framework for the analysis of engineered biodiverse pastures », *Ecol. Eng.*, 77, 85-97.
- Tibi A. & Therond O., (2017) : « Evaluation des services écosystémiques rendus par les écosystèmes agricoles. Une contribution au programme EFSE. Synthèse du rapport d'étude », Inra (France), 118 pages.
- Trott H., Wachendorf M., Ingwersen B., & Taube F., (2004) : « Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland », *Grass Forage Sci.*, 59, 41-55.
- Vertès F., Delaby L., Klumpp K., & Bloor J., (2019) : « C-N-P uncoupling in grazed grasslands and environmental implications of management intensification », *Agroecosystem diversity*, Academic Press, 15-34.
- Ward S. E., Smart S. M., Quirk H., Tallowin J. R., Mortimer S. R., Shiel R. S., ... Bardgett R. D., (2016) : « Legacy effects of grassland management on soil carbon to depth », *Glob. Change Biol.*, 22, 2929-2938.
- White P. J. C., Lee M. A., Roberts D. J., & Cole L. J., (2019) : « Routes to achieving sustainable intensification in simulated dairy farms: The importance of production efficiency and complimentary land uses », *J. Appl. Ecol.*, 1-12.