



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

Services écosystémiques fournis par les prairies semi-naturelles et améliorées - synergies, compromis et bouquets de services

R. Lindborg¹, A. Bernués^{2,3}, T. Hartel⁴, A. Helm⁵, R. Ripoll-Bosch⁶

RESUME

Bien que les prairies occupent une part importante des surfaces agricoles et contribuent de manière importante à la production de fourrage, elles restent encore peu identifiées comme fournissant de multiples services écosystémiques (SE). Dans cet article, nous étudions l'utilité du cadre conceptuel des SE pour la gestion des prairies en Europe. Nous nous concentrons sur deux types de prairies très répandus dans l'agriculture européenne : les prairies semi-naturelles (PSN) et les prairies améliorées (PA). Nous présentons une vue d'ensemble des SE fournis par ces deux types de prairies, en considérant les synergies ou compromis entre services, et également leurs associations potentielles (bouquet de service). Nous montrons que les PSN sont capables de générer une gamme plus large de SE que les PA, et qu'il existe des points forts et des points faibles en matière de SE dans les deux types de prairies. Par exemple, les PSN fournissent un bon habitat pour la biodiversité, favorisent la pollinisation, le contrôle biologique et les services culturels, mais sont moins performantes dans la production de biomasse ou l'infiltration de l'eau. Les PA produisent de plus grandes quantités de biomasse pour le fourrage mais contribuent moins aux services culturels. Si les PA et les PSN sont toutes deux probablement nécessaires à la durabilité à long terme de la production alimentaire, un effort plus important de gestion à l'échelle du paysage reste nécessaire pour équilibrer les SE fournis. L'application du concept de SE aux prairies des systèmes agricoles pourrait s'avérer précieuse si elle est utilisée de manière éclairée, en tirant parti de la gestion écologique et économique des prairies pour des systèmes d'élevage durables en Europe.

SUMMARY

Ecosystem services provided by semi-natural and improved grasslands – synergies, trade-offs and bundles

Although grasslands have an extensive global coverage and are important contributors to fodder production, they have received less attention as providers of multiple ecosystem services (ES). In this paper, we investigate the utility of the ES framework for grassland management in Europe. We focus on semi-natural grasslands (SNG) and improved grasslands (IG); both are widespread in European agriculture. We present an overview of the ES delivered by these two grassland types and their potential synergies, trade-offs and bundles. We show that SNG are able to generate a wider range of ES than IG, and that trade-offs between ES exist in both grassland types. For example, SNG are good in providing habitat for biodiversity, pollination, biological control and cultural services, but are poorer in biomass production and for increasing water infiltration, whereas IG produce higher quantities of biomass for fodder but contribute less to cultural services. Both IG and SNG are likely needed for the long-term sustainability of food production, but a larger effort towards landscape-scale management is needed to balance the provision of ES. Applying the ES concept to grasslands in farming systems could be valuable if used in an informed way, leveraging ecologically and economically grassland management for sustainable livestock farming systems in Europe.

AUTEURS

1 : Department of Physical Geography, Stockholm University, Sweden;

2 : Department of Animal Science, Agrifood Research and Technology Centre of Aragon (CITA), Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza, Spain;

3 : AgriFood Institute of Aragon – IA2 (CITA-University of Zaragoza), Zaragoza, Spain;

4 : Faculty of Environmental Science and Engineering, Babes-Bolyai University, Str. Fantanele 30, Cluj-Napoca, Romania;

5 : Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu, J. Liivi 2, 50409 Tartu, Estonia;

6 : Animal Production Systems Group, Wageningen University & Research, P.O. Box 338, 6700 AH Wageningen, the Netherlands

MOTS-CLES : biodiversité, multifonctionnalité, parties prenantes (porteurs d'enjeux), offre et demande, agriculture durable.

KEY-WORDS: biodiversity, multifunctionality, stakeholders, supply and demand, sustainable farming

REFERENCE DE L'ARTICLE : Lindborg R., Bernués A., Hartel T., Helm A., Ripoll-Bosch R. (2023). « Services écosystémiques fournis par les prairies semi-naturelles et améliorées - synergies, compromis et bouquets de services ». *Fourrages* 253, 21-30

Une version antérieure de cet article était une présentation introductive lors de la 29e Assemblée générale de la European Grassland Federation organisée par la France en 2022 (www.europeangrassland.org/). Article d'origine : Lindborg, R., Bernués, A., Hartel, T., Helm, A., & Bosch, R. R. (2022). « Ecosystem services provided by semi-natural and improved grasslands—synergies, trade-offs and bundles ». *Grassland at the heart of circular and sustainable food systems*, 55-63.

Les prairies couvrent environ 40 % de la surface terrestre et représentent environ 65 % de la surface agricole mondiale (Dengler *et al.*, 2020). Par rapport aux forêts, par exemple, les services écosystémiques (SE) multiples rendus par les prairies ont bien moins été pris en considération (Bargett *et al.*, 2021 ; Diaz *et al.*, 2015). C'est regrettable, car les prairies sont importantes pour la production alimentaire et les prairies gérées de manière extensive contribuent également au maintien d'une biodiversité élevée et de processus écologiques clés (par exemple, la pollinisation ou la régulation de l'eau) à l'échelle locale et du paysage (Dengler *et al.*, 2020). Les prairies portent également des valeurs culturelles exceptionnelles. Par exemple en tant qu'héritages d'anciens systèmes d'utilisation des terres ou de par leur valeur esthétique (Plieninger *et al.*, 2015) elles sont classées comme "habitats à haute valeur naturelle" par l'UE.

Il y a à peine 100 ans, la plupart des animaux d'élevage européens pâturaient encore des prairies semi-naturelles au sein de systèmes de pâturage multifonctionnels et à haute valeur naturelle et culturelle (Hartel *et al.*, 2018, Velado-Alonso *et al.*, 2020), alors qu'actuellement une grande partie de la production animale se fait sur des prairies ou des terres cultivées monofonctionnelles et technologiquement améliorées (Naylor *et al.*, 2005). En conséquence, les prairies européennes ont connu un fort déclin au cours du siècle dernier (Bargett *et al.*, 2021). De plus, l'absence de gestion suffisante (entretien, exploitation) voire l'abandon de certaines surfaces prairiales constitue une menace majeure pour les populations du monde entier, en particulier pour les sociétés qui dépendent directement des multiples SE qu'elles fournissent, tels que la nourriture, le combustible, les fibres et les produits médicinaux, mais également les diverses valeurs culturelles qu'elles soutiennent (Bengtsson *et al.*, 2019).

Trois grands types de prairies peuvent être différenciés au sein des systèmes de production agricole : les prairies naturelles, semi-naturelles et améliorées sur le plan agronomique (Bengtsson *et al.*, 2019 ; Bullock *et al.*, 2011 ; Lemaire *et al.*, 2011 ; Peeters *et al.*, 2014). Les prairies naturelles (le « biome prairie » au sens écologique) sont des zones naturelles principalement créées par des processus prélevant régulièrement la biomasse produite par des incendies et/ou le pâturage de la faune sauvage (Bengtsson *et al.*, 2019), mais pouvant également être utilisées par le bétail. Les prairies semi-naturelles (PSN) sont surfaces ayant une longue histoire de gestion traditionnelle par le pâturage ou la fauche (Dengler *et al.*, 2020). En Europe, les PSN représentent une composante importante du patrimoine culturel et naturel. Dans le cadre de la politique agricole commune de l'UE, elles sont reconnues comme des terres agricoles à haute valeur naturelle et figurent à l'annexe I de la directive "Habitats". Les PSN nécessitent généralement d'être pâturées par bétail ainsi qu'un certain degré de gestion

humaine directe (par exemple, le contrôle de l'embroussaillage, la fauche) pour leur entretien, et seront généralement envahies par des arbustes et des arbres si elles sont abandonnées (Queiroz *et al.*, 2014). Les prairies améliorées (PA) sont des surfaces résultant du labour, c'est-à-dire d'anciens champs arables, ou des prairies mécanisables, qui ont été retournés et semés avec des variétés d'espèces fourragères (améliorées ou non natives) à fort potentiel de production. Le terme "amélioré" fait référence à une « gestion moderne », technologique et à forte intensité de capital, comprenant la fertilisation artificielle, la monoculture et/ou une forte densité de bétail (Pilgrim *et al.*, 2010). Il n'existe pas de seuil précis entre la PSN et la PA, et avec le temps, une PA peut devenir une PSN, en fonction par exemple de l'état des nutriments, de l'humidité, de la disponibilité d'espèces prairiales « typiques » (ou natives) dans la banque de semences ou dans le paysage environnant (pluie de graines), et de leur gestion (Dengler *et al.*, 2020). En raison de la grande variété des types de prairies et de leurs contextes environnementaux, écologiques, historiques, technologiques et socioculturels au sein desquels elles ont évolué, l'identification des modèles universels d'offre et de demande de SE est importante et complexe, et n'a pas encore été suffisamment abordée (par exemple, Bengtsson *et al.*, 2019 ; Hartel *et al.*, 2018 ; Herzon *et al.*, 2022).

L'objectif de cet article est de montrer l'utilité du concept de SE pour la gestion durable des prairies en Europe. Nous commençons par présenter le cadre conceptuel des SE relatif à la gestion des terres agricoles. Ensuite, nous présentons une vue d'ensemble des SE considérés séparément (service par service) ou en association (bouquets de services) fournis par les prairies européennes. Nous nous concentrons sur les prairies semi-naturelles (PSN) et les prairies améliorées (PA), qui sont les deux principaux types contributeurs aux SE européens (Figure 1). Grâce à une étude de la littérature, ainsi qu'à notre propre expérience de recherche, nous avons sélectionné les SE les plus courants liés aux prairies et analysé les synergies, les compromis et leur association au sein de « bouquets de services » dans les types de PSN et PA. Nous terminons en suggérant des orientations de recherche futures et en expliquant comment la gestion des SE de manière informée (raisonnée) peut augmenter la durabilité des futurs systèmes d'élevage en Europe.

Le cadre conceptuel des services écosystémiques

Les services écosystémiques sont les biens et les avantages directs et indirects que les populations tirent des écosystèmes (Haines-Young et Potschin, 2018 ; MA, 2005). Néanmoins, le concept de SE suscite encore des controverses dans la communauté des chercheurs (Richter *et al.*, 2021), et les cadres adoptés, par exemple

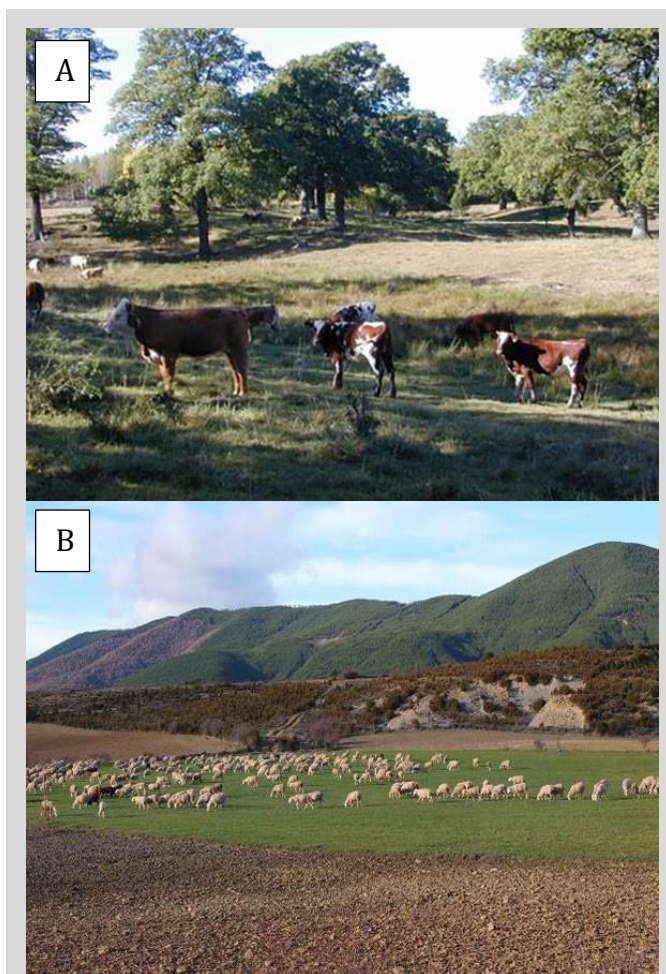


FIGURE 1 : Illustration d'une (A) prairie semi-naturelle (PSN) en Suède, et (B) d'une prairie améliorée (PA) en Espagne.

Figure 2: Illustration of an (A) semi-natural grassland (SNG) in Sweden, and (B) an improved grassland (IG) in Spain.

MA (2005) ou CICES (voir Haines-Young et Potschin, 2018) et/ou les approches d'évaluation peuvent différer selon les utilisateurs (Richter *et al.*, 2021). Malgré ces débats théoriques la communauté scientifique s'est intensivement intéressée à l'association entre les différents SE (bouquets de services) et les caractéristiques des écosystèmes telles que la biodiversité, les fonctions et leurs structures. La place sociale de ce concept a également été questionnée en tant qu'outil permettant d'éclairer la prise de décision en vue d'une gestion durable du socio-écosystème (Saidi et Spray, 2018). De nombreuses études se sont concentrées sur l'évaluation des SE individuels, sur les compromis (relation antagoniste entre deux ou plusieurs SE) et les synergies (relation synergique entre deux ou plusieurs SE) entre les SE, ou sur l'identification et l'analyse des associations entre plusieurs services, appelés bouquets de SE. Un bouquet de services est compris comme un ensemble de services qui se produisent ensemble dans l'espace et le temps. Les bouquets de services sont souvent recherchés dans

la prise de décision, car ils pourraient améliorer les actions de gestion pour favoriser conjointement le plus grand nombre possible de SE (par exemple, Raudsepp-Hearne *et al.*, 2010).

L'association entre les services peut toutefois varier en fonction du type d'écosystème et de son utilisation. Dans les systèmes agricoles gérés de manière intensive, l'augmentation des services d'approvisionnement (production de nourriture et de viande, production de bois) se fait souvent au détriment des services de régulation (par exemple, régulation du cycle de l'eau, fertilité des sols, séquestration du carbone, contrôle biologique) et des services de soutien (biodiversité) (Foley *et al.*, 2005 ; MA, 2005). Les échelles spatiales et temporelles auxquelles on raisonne sont toutes deux cruciales pour comprendre la façon dont ces SE sont générés (et fournis). Cette dépendance d'échelle aura donc une incidence sur les compromis, les synergies et les bouquets de services, car les différents SE sont générés à des échelles différentes (de la parcelle au paysage ; du temps court au temps long) (Kleijn *et al.*, 2011). Bien qu'il soit évident que le flux des SE n'est pas statique, ce point n'a guère retenu l'attention, tant dans le domaine scientifique que dans la pratique (Rau *et al.*, 2020).

Pour comprendre la valeur des SE des prairies, il convient de prendre en compte à la fois l'offre (la capacité d'un écosystème à fournir un service) et la demande (la quantité et le type de services demandés (utilisés) par les populations, mais aussi les demandes (utilisations) potentielles futures) (Lamarque *et al.*, 2011). Pourtant, la plupart des études sur les SE ne font pas la distinction entre l'offre et la demande de SE (Yahdjian *et al.*, 2015), et ne visent pas à traiter les inadéquations entre les SE. Les avantages (c'est-à-dire les gains de bien-être) associés à un service écosystémique particulier dépendent largement de la façon dont les différents acteurs de la société perçoivent ou attachent de la valeur à ce service écosystémique, ce qui pourrait être à l'origine de conflits entre des parties prenantes ayant des intérêts différents.

Les prairies peuvent générer une grande diversité de SE (par exemple, D'Ottavio *et al.*, 2016 ; Bengtsson *et al.*, 2019 ; Sollenberger *et al.*, 2019 ; Zhao *et al.*, 2020), parmi lesquels nous avons sélectionné les douze plus pertinents pour la PA et la PSN à inclure dans l'étude bibliographique. La sélection des SE s'est basée sur les critères suivants : (1) saisir des exemples clés de catégories de SE d'approvisionnement, de régulation et de culture, et (2) représenter les différentes régions bioculturelles d'Europe. Les services de soutien ont souvent été exclus des évaluations des SE (Khan, 2020 ; Haines-Young et Potschin, 2018 ; Price, 2014) et n'ont donc pas été pris en compte dans ce document. En outre, la biodiversité est discutée en relation avec le service de régulation que constitue la fourniture d'habitats.

Les SE générés par les prairies semi-naturelles et améliorées

Il y avait une nette différence dans la fourniture des SE entre PSN et PA, où la PSN a montré un potentiel plus élevé pour générer la plupart des services à des niveaux relativement élevés, par rapport à la PA (Tableau 1). Certains SE, comme les SE liés à l'eau ou au stockage et la séquestration du carbone, ont été fréquemment étudiés, en particulier pour les PA, mais sans tellement mobiliser le cadre conceptuel des SE (Sollenberger *et al.*, 2019). Les informations sur la pollinisation et le contrôle biologique étaient particulièrement pauvres pour la PA. Il est clair que la génération de SE dépend de la taille de la prairie, de

l'échelle d'analyse et du contexte paysager dans lequel elle se trouve.

La plupart des indicateurs issus du cadre d'analyse des SE évalués dans cette revue de la littérature concernaient les services de régulation et moins les services culturels et d'approvisionnement (Tableau 1). Il a été constaté que la production de biomasse était plus élevée dans les PA que dans les PSN, bien que des différences apparaissent en fonction du lieu (Sollenberger *et al.*, 2019). La productivité des prairies est généralement augmentée par des innovations technologiques, telles que l'irrigation et la fertilisation, et est liée à l'intensité d'utilisation comme la fréquence des coupes et le chargement animal. Comme les PA sont souvent d'anciens champs arables,

Services rendus par les écosystèmes	Degré de confiance	Remarques	Référence
Production de biomasse végétale (production de fourrage)	BE	Production généralement plus élevée dans les PA que dans les PSN	Zisenis <i>et al.</i> , 2011
Produits "sauvages" (produits spontanément par l'écosystème natif)	EI	Les PSN sont de meilleurs fournisseurs que les PA, principalement en raison des connaissances et valeurs écologiques historiques.	Sucholas <i>et al.</i> , 2017; Torralba <i>et al.</i> , 2018; Vári <i>et al.</i> , 2020
Fourniture d'habitats (maintien d'habitats diversifiés et/ou favorables aux juvéniles)	BE, NC	Les PSN sont de meilleurs fournisseurs, mais peu d'études sont menées dans les PA	Dengler <i>et al.</i> , 2020; Wilson <i>et al.</i> , 2012
Pollinisation (pollinisation des cultures et des fleurs sauvages)	BE, NC	Peu d'études établissent un lien direct entre la PSN, la PA et les cultures. La PSN est importante pour la pollinisation dans le paysage	Werling <i>et al.</i> , 2014; Taki <i>et al.</i> , 2010
Lutte biologique (lutte contre les parasites pour augmenter la production agricole)	EI	Peu d'études établissent un lien direct entre PSN et PA et la production agricole.	Jonsson <i>et al.</i> , 2014
Capture du carbone (piégeage du carbone par la photosynthèse)	NC, NR	La capture du carbone est généralement plus élevée dans la PA, mais les résultats ne sont pas concluants et dépendent du site.	Sollenberger <i>et al.</i> , 2019; Chang <i>et al.</i> , 2021
Stockage du carbone (puits de carbone dans le sol)	BE	La capture du carbone est généralement plus élevée dans les PSN	Dlamini <i>et al.</i> , 2016; Sollenberger <i>et al.</i> , 2019
Contrôle de l'érosion (réduction du ruissellement et stabilisation du sol)	NC	La végétation pérenne des PSN peut empêcher le ruissellement et la stabilité des sols, contrairement aux PA	Pligim <i>et al.</i> , 2010; Fu <i>et al.</i> , 2011
Quantité d'eau (capacité d'infiltration et de stockage)	NR	Potentiellement important mais dépendant du site	Sollenberger <i>et al.</i> , 2019; Posthumus <i>et al.</i> , 2010; Guo <i>et al.</i> , 2020
Qualité de l'eau (épuration de l'eau par l'infiltration)	EI, NC	Potentiellement assurée par la PSN, mais pourrait être diminuée dans les PA	Cadman <i>et al.</i> , 2013; Sollenberger <i>et al.</i> , 2019
Tourisme/récréation (possibilités de loisirs)	EI, NC	Lien évident avec les niveaux élevés de biodiversité et à la multifonctionnalité des PSN, mais moins claire avec les PA	Hönigova <i>et al.</i> , 2012; Martino and Muenzel, 2018
Patrimoine culturel (activités historiques, héritages et valeurs biologiques)	BE	Le patrimoine culturel est fortement lié aux PSN, mais pas aux PA	Fischer <i>et al.</i> , 2008; Lindborg <i>et al.</i> , 2008; Bullock <i>et al.</i> , 2011

¹ Services de fourniture (gris), services de régulation (gris clair) et services culturels (blanc). Les degrés de confiance énumérés sont basés sur le modèle à quatre boîtes pour la communication qualitative selon la procédure de l'IPBES (IPBES, 2018). BE = bien établi ; EI = établi mais incomplet ; NR = non résolu ; NC = non concluant.

Tableau 1 : Services écosystémiques les plus importants générés par les prairies améliorées (PA) et semi-naturelles (PSN).¹

Table 1: Most important ecosystem services generated from improved (IG) and semi-natural grasslands (SNG).

la production de biomasse est généralement beaucoup plus élevée en raison de la fertilité des sols ou des pratiques de fertilisations passées ou actuelles. La capacité des PSN à agir en tant que fournisseurs d'habitats, en particulier pour accueillir une grande biodiversité, est bien documentée, bien que des différences apparaissent en fonction des conditions biophysiques locales (Dengler *et al.*, 2020 ; Kok *et al.*, 2020a). Elles sont également importantes pour le maintien et la dispersion des organismes à l'échelle du paysage (Dengler *et al.*, 2020). Les prairies améliorées, ayant des niveaux de nutriments plus élevés et des variétés à haut rendement, n'atteignent pas le même niveau élevé de biodiversité. Cela peut toutefois changer avec le temps si les sols des PA perdent des éléments nutritifs au fur et à mesure qu'elles vieillissent (se pérennisent) (Sexton et Emery, 2020). Le semis de graminées ou de légumineuses spécifiques (souvent présent dans les PSN) pourrait également augmenter la biodiversité de manière significative sans compromettre la qualité du fourrage ou la santé des ruminants (Hamacher *et al.*, 2021).

La pollinisation et la lutte biologique générés dans les PSN peuvent avoir un effet positif direct sur la richesse globale des insectes et également sur la production agricole adjacente à la prairie (Jonsson *et al.*, 2014 ; Taki *et al.*, 2010 ; Werling *et al.*, 2014). Certaines études montrent un effet positif de la PSN dans le paysage sur le nombre de pollinisateurs, et à l'inverse, un déclin des plantes qui en dépendent peut se produire si les populations de pollinisateurs diminuent (Potts *et al.*, 2010). Cependant, Wood *et al.* (2013) ont montré que, bien que l'abondance des plantes à fleurs soit similaire entre les légumineuses et les graminées, l'abondance et la diversité des groupes de pollinisateurs étaient plus importantes pour ceux associés aux légumineuses qu'aux graminées. Il convient de noter que certaines espèces de pollinisateurs rares ont uniquement été trouvées dans l'habitat de fleurs sauvages.

Le rôle des prairies dans l'atténuation du changement climatique est fréquemment discuté, en particulier sous l'angle du stockage du carbone dans les prairies permanentes, car elles peuvent en stocker de grandes quantités dans le sol (Lal, 2004 ; Smith, 2014 ; Sousanna *et al.*, 2010). Bien que la séquestration du carbone augmente avec l'accroissement des apports en nutriments (par exemple, Kätterer *et al.*, 2012 ; Sollenberger *et al.*, 2019 ; mais voir Skinner, 2013), la capture et le stockage du carbone dans les sols des prairies sont réduits par le pâturage intensif (Dlamini *et al.*, 2016). Les prairies naturelles converties en prairies semées améliorées peuvent augmenter la séquestration de C organique, tandis que la conversion en silvopastoralisme a augmenté la fraction de C associée aux minéraux (Adewopo *et al.*, 2015). Cela suggère que l'intensification de la conduite favorise la séquestration du C du sol, et que l'intégration d'arbres améliore la stabilité du C du sol. On peut donc conclure que le stock

du carbone est plus élevé dans les PSN que dans les PA, tandis que la capacité de capture (stockage) du carbone peut être plus élevée dans les PA. Cependant, si les PA sont labourées, de grandes quantités de C sont libérées. Si la capacité de stockage est élevée après la conversion de terres arables en prairies (Franzluebbers et Stuedemann, 2009), cette capacité est limitée dans le temps jusqu'à ce que le sol atteigne une limite de saturation (Smith, 2014). Une façon d'augmenter le stock de C dans les sols des prairies PA est de réduire la pression du pâturage, car la réduction du carbone par le pâturage n'est que partiellement compensée par l'apport d'engrais minéraux (Eze *et al.*, 2018). Cela permettra également de réduire les émissions de gaz à effet de serre générées par les herbivores domestiques au pâturage (Manzana et White, 2019).

Les SE liés à l'eau sont actuellement considérés avec une importance mineure dans les prairies européennes, mais cela pourrait évoluer (Lamarque *et al.*, 2011). En général, la qualité de l'eau est affectée négativement par les engrais (augmentation de N et P) et les taux de chargement élevés, augmentant la charge en nutriments dans les eaux de ruissellement (Sollenberger *et al.*, 2019). Cela suggère que les PA, avec des quantités élevées de nutriments dans le sol et des taux de chargement élevés, auront un impact négatif sur la qualité de l'eau. La qualité de l'eau sous les PSN est généralement considérée comme meilleure et pourrait être encore améliorée à certains endroits, où la capture de l'eau et l'augmentation de l'infiltration pourraient atténuer les effets négatifs des fortes pluies (Cadman *et al.*, 2013). Les prairies de plaine d'inondation et les prairies côtières, bien que toutes deux deviennent des types de PSN de plus en plus rares en Europe, sont très pertinentes pour réguler et atténuer les impacts négatifs par inondations des rivières ou par submersions de la mer. Les prairies côtières atténuent les impacts de l'élévation du niveau de la mer et servent de tampon contre l'intensification des processus d'érosion côtière (Posthumus *et al.*, 2010). Les prairies permanentes contribuent aussi grandement à atténuer l'érosion (Pligrim *et al.*, 2010), notamment par rapport aux terres cultivées (Cerdan *et al.*, 2010). Comme la végétation permanente est très efficace pour empêcher le ruissellement et stabiliser les sols, les PSN sont, en général, plus efficaces dans le contrôle de l'érosion que les PA dont la végétation est établie sur une période plus courte.

Bien que de nombreuses PSN sont protégées pour leurs hautes valeurs culturelles et biologiques, les activités récréatives sont souvent liées à des dimensions spatiales plus large (paysage), ce qui rend difficile la séparation de la contribution au service entre les prairies semi-naturelles les prairies améliorées (Bullock *et al.*, 2011) ou l'effet l'hétérogénéité globale du paysage. Contrairement aux PA, les PSN sont appréciées pour leur patrimoine culturel lié à une utilisation extensive et à une gestion traditionnelle (Fischer *et al.*, 2008 ; Lindborg *et al.*, 2008). Certaines sont situées sur

d'anciens lieux sacrés tels que des tumuli et ont été maintenues ouvertes par le bétail pendant des milliers d'années (Lindborg *et al.*, 2008). La gestion traditionnelle des prairies en termes de fenaison a joué et joue encore un rôle important dans la cohésion sociale entre les villageois (Stenseke 2009). Les « produits sauvages » (champignons, baies, plantes médicinales, fruits d'arbustes et d'arbres) issus de la PSN étaient autrefois très appréciés dans toute l'Europe (Vari *et al.*, 2020). Aujourd'hui, l'importance des « produits sauvages » diminue, en partie à cause des réglementations et normes associées à la PSN, et en partie à cause des changements de société, de culture et de valeurs, ce qui fait que ces produits sont moins présents sur le marché.

Compromis et synergies entre les SE et bouquets de SE

Des compromis¹ et des synergies ont été clairement détectés dans la PSN et la PA (Figure 2). Par exemple, les PSN sont efficaces pour fournir de la « nourriture sauvage », un habitat pour la biodiversité, la pollinisation, le contrôle biologique et les services culturels, mais sont relativement pauvres pour capturer le carbone et améliorer la quantité et la qualité de l'eau (Figure 2). En comparaison, les PA produisent des

quantités plus importantes de biomasse et contribuent moins à la pollinisation et au captage du carbone. Le compromis entre la production de biomasse et la fourniture d'habitats naturels (amélioration de la biodiversité) est établi comme un compromis fondamental (Foley *et al.*, 2005, Kok *et al.*, 2021b). Des études expérimentales ont montré qu'un nombre accru d'espèces végétales peut augmenter la production primaire. Dans une expérience incluant la richesse en espèces des prairies herbacées, on a constaté que le stockage annuel de carbone dans le sol augmentait avec le nombre d'espèces (Tilman *et al.*, 2006). Cependant, ces expériences sont difficiles à transposer dans les systèmes existants car elles n'incluent qu'un nombre relativement faible d'espèces (1-16 espèces), alors que la richesse en espèces dans les PSN peut atteindre 60 espèces végétales par mètre carré (Wilson *et al.*, 2012). En général, la relation entre la richesse en espèces et l'accumulation de C dans le sol était incohérente dans la littérature publiée, bien qu'une plus grande biodiversité augmente la résistance aux perturbations en stabilisant la productivité des prairies et les SE dépendant de la productivité (Isbell *et al.*, 2015).

Les bouquets² de SE de la PSN ont été analysés par Bengtsson *et al.* (2019), qui ont détecté trois bouquets : l'un dominé par les SE de l'eau et comprenant également la production de biomasse végétale, un deuxième

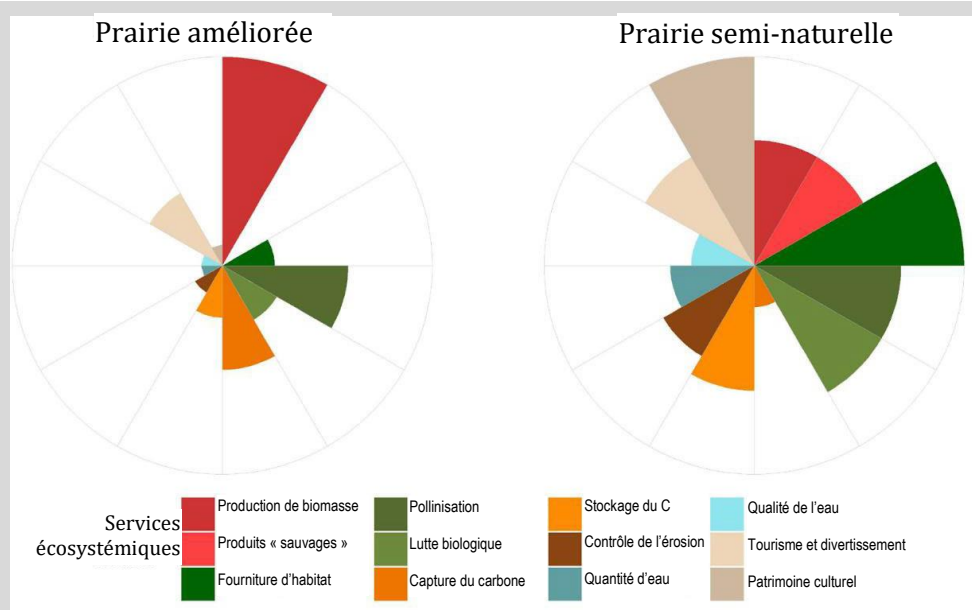


FIGURE 2 : Services écosystémiques (SE) les plus importants générés par les prairies améliorées et les prairies semi-naturelles, voir définition Tableau 1. Les estimations des SE sont en partie basées sur la littérature existante (Tableau 1) et en partie sur les connaissances des auteurs (pour les SE pour lesquels le terme de confiance est faible, Tableau 1).
Figure 2: Most important ecosystem services (ES) generated from improved grasslands and semi-natural grasslands, see definition Table 1. The ES estimates are partly based on existing literature (Table 1) and partly on the authors' knowledge (for those ES where the confidence term is low, Table 1).

¹ Note des traducteurs : ici « compromis » (au sens “trade-off”) signifie que l'on ne peut pas avoir les deux services au même niveau, et que l'augmentation de l'un se traduit par une diminution de l'autre. Le compromis résulte du niveau minimum que l'on souhaite maintenir sur un des deux services

et donc accepter que l'autre ne soit pas rendu à son niveau maximum.

² Ensembles de services écosystémiques interdépendants et récurrents

composé d'un certain nombre de SE culturels liés à la production animale, et un troisième composé des services de régulation de la pollinisation et du contrôle biologique, indirectement liés à la biodiversité. Cela montre que les regroupements sont formés à travers les catégories classiques issues du MA (2005), et sont liés à la géographie physique de la PSN, ainsi qu'aux indicateurs et aux fonctions écologiques qui sous-tendent les SE. Bien qu'elles n'aient pas fait l'objet d'une analyse statistique, des tendances quelque peu similaires ont également été observées dans notre synthèse, où la fourniture d'habitats, la pollinisation, le biocontrôle, le patrimoine culturel et le stockage du sol dans les PSN pourraient former un bouquet, en raison de la gestion historique (par exemple, Herzog *et al.*, 2022). Les bouquets potentiels pour la PA n'étaient pas aussi clairs, bien que la production de biomasse et la capture du carbone soient clairement liées. Les SE présents dans chaque groupe sont susceptibles d'être gérés ensemble.

L'offre et la demande de services écosystémiques

La recherche a montré que la mesure dans laquelle les SE se traduisent par un bien-être social dépend des politiques, des institutions formelles et informelles et des relations de pouvoir au sein de la communauté locale (détermine l'accès aux SE), ainsi que des valeurs détenues individuellement (Horcea-Milcu *et al.*, 2016). Plusieurs tensions et conflits autour des SE au niveau de la société et des changements induits par la gestion peuvent être associés aux facteurs susmentionnés (Bernues *et al.*, 2016). Par exemple, en Roumanie, des tensions sociales apparaissent autour du surpâturage et de l'accès illégal des bergers aux PSN utilisées comme champs de foin. En Suède, les murs de pierre sont des éléments culturels importants de la PSN qui sont perçus comme des obstacles à l'augmentation de l'économie agricole, atténuant l'intensification (Stenseke *et al.*, 2009). En outre, la perte des systèmes de pâturage boisé à travers l'Europe est liée à l'inadéquation des politiques, au changement des systèmes de valeurs au niveau de la société en ce qui concerne les SE, et à la dynamique spatiale de la population humaine et des infrastructures (Plieninger *et al.*, 2015).

Les différences dans la connaissance et la perception des SE peuvent également générer des conflits entre les parties prenantes en ce qui concerne leurs préférences pour certains SE (Bernues *et al.*, 2016, Dingkuhn *et al.*, 2020) et ces divergences peuvent exister entre les demandes et l'offre réelle de SE (Dingkuhn *et al.*, 2020). Par exemple, Bernues *et al.* (2016) ont montré que les agriculteurs ont une meilleure connaissance des SE que les non-agriculteurs (en particulier pour les services de régulation), ainsi que des multiples relations entre les pratiques agricoles (par exemple, la diversification des cultures, la non-

utilisation de pesticides, le taux de chargement optimal) et les multiples services de régulation/culturels (par exemple, la qualité de l'eau, la fertilité des sols, la qualité des paysages) et la biodiversité. Ils ont compris intuitivement qu'une intensité intermédiaire de gestion (prairies PSN, plutôt que PA) pouvait améliorer la fourniture de multiples SE. Les non-agriculteurs, en revanche, attachent une plus grande importance aux SE culturels qui sont abordés sous forme d'ensembles, tels que les loisirs et le tourisme, la valeur esthétique du paysage et les valeurs spirituelles, éducatives et culturelles. Des points de vue divergents ont également été observés concernant les relations entre l'agriculture et les politiques de conservation (Bernues *et al.*, 2016 ; Kok *et al.*, 2020b ; Pascual *et al.*, 2021), les agriculteurs étant généralement sceptiques à l'égard des espèces en conflit (prédateurs en particulier). Un autre SE où des divergences apparaissent fréquemment est la qualité esthétique des paysages agricoles, où les populations locales préfèrent des niveaux plus élevés d'intervention humaine et d'activité agricole, alors que la population « générale » préfère des paysages plus "naturels" (plus diversifiés) (Bernues *et al.*, 2014, 2015 ; Faccioni *et al.*, 2019). Il existe toutefois un consensus entre les éleveurs et les scientifiques, qui s'accordent à dire que les arbres et arbustes clairsemés sont bénéfiques pour l'environnement des prairies, la biodiversité et le bétail (Molnar *et al.*, 2020).

Les groupes de parties prenantes (porteurs d'enjeux) sont généralement présentés comme des entités homogènes, mais la diversité peut être grande au sein de ces groupes en termes de caractéristiques socio-économiques et psychographiques (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2019 ; Spash *et al.*, 2009). Les perceptions subjectives et les intérêts des parties prenantes pour les SE peuvent varier selon les régions, les contextes socio-économiques et politiques, et les origines culturelles (Randall, 2002). Cependant, des tendances plus générales ont également été constatées dans trois agroécosystèmes de montagne en Europe (Bernues *et al.*, (2019)) : (1) la volonté de payer pour la fourniture de SE dépassait dans tous les cas le niveau réel de soutien public, (2) la poursuite de l'abandon et de l'intensification de l'agriculture était clairement rejetée par le public, et (3) l'augmentation de la fourniture de biodiversité et de SE spécialement régulateurs (prévention des feux de forêt, maintien de la qualité de l'eau et de la fertilité des sols) produisait toujours des gains de bien-être pour la société. Toutefois, le niveau optimal de fourniture dépendait du contexte et les gens percevaient des compromis entre les SE selon les scénarios politiques (par exemple, la fourniture de produits alimentaires de qualité et les services de régulation).

De nombreux SE constituent des biens publics qui n'ont pas de prix sur le marché, et les agriculteurs n'ont donc pas d'incitations économiques à les produire. Les prairies PSN sont appréciées en raison de leur valeur esthétique et récréative, mais si les agriculteurs

entretiennent ces paysages, les bénéfices vont à d'autres, par exemple à l'activité touristique. Les PA ne fournissent pas ces services esthétiques et récréatifs, mais ils permettent d'obtenir des revenus plus importants grâce à des niveaux de productivité plus élevés. Par conséquent, une transition vers les PA devient intéressante d'un point de vue économique. Il s'agit d'une défaillance du marché à laquelle il convient de remédier par des politiques et un soutien adéquat aux prairies qui sous-tendent la fourniture de SE, c'est-à-dire les PSN. Afin de rendre le concept de SE opérationnel et utile pour la gestion des terres, les politiques agro-environnementales actuelles devraient être remplacées par des politiques plus spécifiques et ciblées, telles que les paiements pour services écosystémiques (PSE). Les PSE devraient être basés sur des objectifs concrets en matière de biodiversité ou sur les pratiques agricoles au niveau de l'exploitation qui permettent d'atteindre ces objectifs de biodiversité ou, plus généralement, sur des ensembles de SE soutenant et favorisant directement les SE, comme par exemple la fourniture d'habitats, la pollinisation et le contrôle biologique (Rodríguez Ortega *et al.*, 2016). Ces auteurs ont conçu un système de PSE basé sur les relations entre les pratiques agricoles et les SE et ont montré que le maintien des prairies et l'application de pratiques de gestion du pâturage fournissaient des bouquets de SE plus élevés.

Une autre façon d'inciter les agriculteurs est d'intégrer les demandes sociales dans les modèles économiques des agriculteurs par le biais de chaînes de valeur appropriées (c'est-à-dire des produits et services alimentaires liés aux territoires de prairie) et du soutien des institutions financières (Ripoll-Bosch et Schoenmaker, 2021). Les consommateurs, et la société en général, ont de plus en plus de préoccupations "éthiques" concernant le modèle d'agriculture et la chaîne alimentaire. Par exemple, les préoccupations relatives au bien-être des animaux et à l'environnement constituent deux des principales tendances futures en matière de consommation de viande et s'alignent sur l'appel à manger "moins de viande mais de meilleure qualité" (Sahlin *et al.*, 2020). Cela offre la possibilité de passer de la production standard en masse à des produits différenciés et à valeur ajoutée, de développer de nouvelles chaînes de valeur et de nouveaux labels de qualité valorisant les "attributs de qualité extrinsèques" (c'est-à-dire les attributs de qualité basés sur le système de production) et d'améliorer le bien-être des consommateurs. Pour ce faire, il est nécessaire d'élargir le cadre "de la ferme à la fourchette" à un cadre plus large "du paysage à la fourchette", qui intègre la structure et le fonctionnement du naturel et des PSN dans la chaîne de valeur (Bernués *et al.*, 2016). Ce cadre élargi signifierait que les chaînes de valeur deviennent plus circulaires, c'est à dire en contribuant à fermer les cycles des nutriments et de l'énergie. Plus la dépendance aux intrants externes est faible (c'est-à-dire une plus grande dépendance à l'énergie solaire), plus le système de production est circulaire.

Conclusions

Les prairies sont des écosystèmes de grande valeur qui fournissent des SE importants pour la durabilité à long terme de la production alimentaire, des systèmes agricoles et pour le bien-être général des communautés à travers le monde. Cependant, la gestion des prairies détermine fortement leur capacité à fournir des SE multiples. Les prairies améliorées (PA) sont "conçues" pour maximiser la production alimentaire et les autres SE n'ont pas été traditionnellement pris en compte dans les systèmes de gestion à haute intensité. À l'inverse, les prairies semi-naturelles (PSN) sont caractérisées par une fourniture plus équilibrée de différents SE. Ceci est bien reflété dans notre revue de la littérature, où des compromis importants sont apparus entre la production de biomasse et la fourniture d'autres services dans les PA.

Les PA et les PSN seront probablement nécessaires pour assurer la durabilité à long terme de la production alimentaire, mais il faudra déployer beaucoup plus d'efforts dans la configuration spatiale des systèmes agricoles à l'échelle du paysage pour assurer une fourniture plus équilibrée des SE. Étant donné la diminution significative de la superficie de la PSN au cours du siècle dernier en Europe, il est très important que la PSN restante soit valorisée et maintenue, et que la PSN dégradée ou détruite soit restaurée dans les paysages agricoles. En outre, la gestion des PA devrait être orientée vers une fourniture plus équilibrée de SE. Pour cela, les bouquets de SE - associations entre plusieurs services - peuvent fournir des informations sur les changements nécessaires dans les pratiques de gestion des PA. Par exemple, les compromis liés à une forte intensité d'élevage pourraient être réduits si la densité est maintenue en dessous de la capacité de charge, ce qui permettrait d'améliorer la qualité de l'eau, le stockage du carbone, la prévention de l'érosion, la diversité des pollinisateurs et les SE culturels.

L'échelle à laquelle les SE sont fournis est importante. Les compromis et les synergies peuvent varier lorsque l'échelle change, car la fourniture dépend fortement des fonctions écologiques sous-jacentes qui opèrent à différentes échelles spatiales. Dans le cas des services écosystémiques basés sur la gestion des populations biologiques, comme la pollinisation, la régulation de l'eau ou le contrôle de l'érosion, les synergies entre services deviennent plus importantes lorsque les interventions (gestion, pratiques) sont mises en œuvre à des échelles larges (paysage). Par conséquent, il est très important de prendre en compte les conditions locales, ainsi que le contexte et la configuration du paysage au sens large, afin de limiter les compromis et de promouvoir les synergies. En outre, une focalisation claire sur des bouquets de services, par exemple "eau-production de biomasse-contrôle de l'érosion" ou "fourniture d'habitat-pollinisation-contrôle biologique", pourrait augmenter l'offre de SE multiples.

et faciliter la gestion des prairies semi-naturelles et améliorées. Les approches basées sur des bouquets de SE peuvent nous permettre de décrire la performance des prairies concernant l'évolution des compromis et des synergies, et d'évaluer leurs déterminants biologiques, techniques, culturels et économiques. Ces connaissances peuvent contribuer à éclairer la prise de décision concernant le paiement de services non marchands ou à mise en œuvre de programmes agro-environnementaux. Nous insistons sur le fait que l'application du concept de SE aux prairies dans les systèmes agricoles doit être utilisée de manière éclairée. Les SE sont certainement essentiels pour favoriser une gestion écologiquement et économiquement durable des prairies, mais leur efficacité en tant qu'outil conceptuel dépendra des conditions biophysiques locales, d'un large éventail de caractéristiques et de dynamiques sociales, ainsi que des connaissances et de l'intention de leur utilisateur.

Accepté pour publication le 12 avril 2023

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adewopo J.B., Silveira M.L., Xu S., Gerber S., Sollenberger L.E. and Martin T., (2015) : "Management intensification impacts on particle-size soil carbon fractions in subtropical grasslands: Evidence from ^{13}C natural abundance". *Soil Science Society of America Journal* 79, 1198-1205.
- Bardgett R.D., Bullock J.M., Lavorel S. et al. (2021): "Combating global grassland degradation". *Nature Reviews Earth & Environment* 2, 720-735.
- Bengtsson J., Bullock J.M., Egoh B., Everson C., Everson T., O'Connot T., O'Farrell P.J., Smith H.G. and Lindborg R., (2019): "Grasslands – more important for ecosystem services than you might think". *Ecosphere*, <https://doi.org/10.1002/ecs2.2582>
- Bernués A., Rodríguez-Ortega T., and Olaiola A.M., (2016): "From landscape to fork: value chains based on ecosystem services". *Options Méditerranéennes* A 115, 317-326.
- Bernués A., Rodríguez-Ortega T., Ripoll-Bosch R. and Alfnes F., (2014): "Socio-cultural and economic valuation of ecosystem services provided by mediterranean mountain agroecosystems". *PLoS One* 9, e102479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102479>
- Bernués A., Rodríguez-Ortega T., Alfnes F., Clemetsen M. and Eik L.O., (2015): "Quantifying the multifunctionality of fjord and mountain agriculture by means of sociocultural and economic valuation of ecosystem services". *Land Use Policy* 48, 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.022>
- Bernués A., Alfnes F., Clemetsen M., Eik L.O., Faccioni G., Ramanzin M., Ripoll-Bosch R., Rodríguez-Ortega T., and Sturaro O., (2019): "Exploring social preferences for ecosystem services of multifunctional agriculture across policy scenarios". *Ecosystem Services* 39, 101002. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101002>
- Bullock J.M. et al., (2011): "Chapter 6: Semi-natural grasslands". In: *UK NEA, The UK National Ecosystem Assessment*, UNEP- WCMC, Cambridge, UK, pp. 161-196.
- Cadman M., de Villiers C., Lechmere-Oertel R. and McCulloch D., (2013): "Grasslands Ecosystem Guidelines: landscape interpretation for planners and managers". *South African National Biodiversity*, Institute, Pretoria, South Africa.
- Cerdan O. et al., (2010): "Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: a study based on erosion plot data". *Geomorphology* 122, 167-177.
- Chang J., Ciais P., Gasser T., Smith P. et al., (2020): "Climate warming from managed grasslands cancels the cooling effect of carbon sinks in sparsely grazed and natural grasslands". *Nature Communications* 12, 118.
- D'Ottavio P., Francioni, M. et al., (2018): "Trends and approaches in the analysis of ecosystem services provided by grazing systems: A review". *Grass and Forage Science* 73, 15-25.
- Dengler J., Biurrun I., Steffen Boch S., Dembicz I. and Török P., (2020): Grasslands of the Palaearctic Biogeographic Realm: Introduction and Synthesis *Encyclopedia of the World's Biomes* 1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12432-7>
- Diaz S., et al., (2015): "The IPBES Conceptual Framework – connecting nature and people". *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14, 1-16.
- Dingkuhn E.L., Wezel A., Bianchi F.J., Groot J.C., Wagner A. and Yap H.T., (2020): "A multi-method approach for the integrative assessment of soil functions: application on a coastal mountainous site of the Philippines". *Journal of Environmental Management* 264, 110461.
- Dlamini P., Chivenge P. and Chaplot V., (2016): "Overgrazing decreases soil organic carbon stocks the most under dry climates and low soil pH: A meta-analysis shows". *Agriculture, Ecosystems & Environment* 221, 258-269.
- Eze S., Palmer S.M. and Chapman P.J., (2018): "Soil organic carbon stock in grasslands: effects of inorganic fertilizers, liming and grazing in different climate settings". *Journal of Environmental Management* 223, 74-84.
- Faccioni G., Sturaro E., Ramanzin M. and Bernués A., (2019): "Socio-economic valuation of abandonment and intensification of Alpine agroecosystems and associated ecosystem services". *Land Use Policy* 81, 453-462. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.044>
- Fischer M., Rudmann-Maurer K., Weyand A. and Stöcklin J., (2008): "Agricultural land use and biodiversity in the Alps - How cultural tradition and socioeconomically motivated changes are shaping grassland biodiversity in the Swiss Alps". *Mountain Research and Development* 28, 148-155.
- Foley J., Defries R., Asner G.P. et al., (2005): "Global consequences of land use". *Science* 309, 570-574.
- Franzluebbers A.J. and Stuedemann J.A., (2009): "Soil-profile organic carbon and total nitrogen during 12 years of pasture management in the Southern Piedmont USA". *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129, 28-36.
- Fu B.J., Liu Y., Lu Y.H., He C.S., Zeng Y. and Wu B.F., (2011): "Assessing the soil erosion control service of ecosystems change in the Loess Plateau of China". *Ecological Complexity* 8, 284-293.
- Guo X., Dai L., Li Q., Qian D., Cao G., Zhou H. and Du Y., (2020): "Grazing significantly reduces soil water storage in alpine grasslands on the Qinghai-Tibet Plateau". *Sustainability* 12(6), 2523. <https://doi.org/10.3390/su12062523>
- Haines-Young R. and Potschin M., (2018): "Common international classification of ecosystem services (cices) v5.1 guidance on the application of the revised structure". Fabis Consulting Ltd., UK.
- Hartel T., Fagerholm N., Torral, B.A. and Plieninger T., (2018): "Forum: social-ecological system archetypes for European rangelands". *Rangeland Ecology & Management* 5, 536-544.
- Herzon I., Raatikainen K.J., Helm A., Rusin S., Wehn S. and Eriksson O., (2022): "Semi-natural habitats in the European boreal region: Caught in the socio-ecological extinction vortex? *Ambio*". <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01705-3>
- Horcea-Milcu A-I., Leventon J., Hanspach J. and Fischer J., (2016): "Disaggregated contributions of ecosystem services to human well-being: a case study from Eastern Europe". *Regional Environmental Change* 16, 1779-1791.
- Höönigova I. et al., (2012): "Survey on grassland ecosystem services. Report to the EEA – European Topic Centre on Biological Diversity". Nature Conservation Agency of the Czech Republic, Prague, Czech Republic.
- IPBES, (2018): "Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services". IPBES, Bonn, Germany.

- Isbell F., Craven D., Connolly J., Loreau M., Schmid B., Beierkuhnlein C., et al., (2015): "Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes". *Nature* 527, 315-316.
- Jonsson M., Bommarco R., Ekbom B. et al., (2014): "Ecological production functions for biological control services in agricultural landscapes". *Methods in Ecology and Evolution* 5, 243-252.
- Khan M.S.I., (2020): "Supporting ecosystem services: concepts and linkages to sustainability". In: Leal Filho W. et al. (eds.) *Life on land, Encyclopedia of the UN Sustainability goals*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5_34-1
- Kleijn D., Rundlöf M., Scherper J., Smith H. and Tscharntke T., (2011): "Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline?". *Trends in Ecology & Evolution* 26, 474-481.
- Kok A., de Olde E.M., de Boer I.J.M. and Ripoll-Bosch R., (2020a): "European biodiversity assessments in livestock science: A review of research characteristics and indicators". *Ecological Indicators* 112, 105902. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105902>
- Kok A., Oostvogels V.J., de Olde E. and Ripoll-Bosch M.R., (2020b): "Balancing biodiversity and agriculture: Conservation scenarios for the Dutch dairy sector". *Agriculture, Ecosystems & Environment* 302, 107103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107103>
- Lal R., (2004): "Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security". *Science* 304, 1623-1627.
- Lamarque P., Tappeiner U., Turner C. et al., (2011): "Stakeholder perceptions of grassland ecosystem services in relation to knowledge on soil fertility and biodiversity". *Regional Environmental Change* 11, 791-804.
- Lemaire G., Hodgson J. and Chabbi A. (eds.), (2011): "Grassland productivity and ecosystem services". CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Lindborg R., Bengtsson J., Berg Å., et al., (2008): "A landscape perspective on conservation of semi-natural grasslands". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 125, 213-222.
- Lindborg R., Gordon L.J., Malinga R., Bengtsson J., Peterson G., Bommarco R., Deutsch L., Gren A., Rundlöf M., and Smith H.G., (2017): "How spatial scale shapes the generation and management of multiple ecosystem services". *Ecosphere* 8, e01741.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA), (2005): "Ecosystems and human well-being. Synthesis". World Resources Institute, Washington, DC, USA. Available at: <http://www.millenniumassessment.org>
- Manzan P. and White S.R., (2019): "Intensifying pastoralism may not reduce greenhouse gas emissions: wildlife-dominated landscape scenarios as a baseline in life-cycle analysis". *Climate Research* 77, 91-97. <https://doi.org/10.3354/cr01555>
- Martino S. and Muenzel D., (2018): "The economic value of high nature value farming and the importance of the Common Agricultural Policy in sustaining income: The case study of the Natura 2000 Zarandul de Est (Romania)". *Journal of Rural Studies* 60, 176-187.
- Molnár Z., Kelemen A. et al., (2020): "Knowledge co-production with traditional herders on cattle grazing behaviour for better management of species-rich grasslands". *Journal of Applied Ecology* 57, 1677-1687. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13664>
- Naylor R., Steinfeld H., Falcon W., Galloway J. et al., (2005): "Losing the links between livestock and land". *Science* 310, 1621-1622.
- Pascual U., Adams W.M., Díaz S. et al., (2012): "Biodiversity and the challenge of pluralism". *Nature Sustainability* 4, 567-572.
- Peeters A., Beaufoy G., Canals R.M., De Vlieghe A., Huyghe C., Isselstein J., Jones G. et al., (2014): "Grassland term definitions and classifications adapted to the diversity of European grassland-based systems". *Grassland Science in Europe* 19, 743-750.
- Pilgrim, E.S. et al., (2010): "Interactions among agricultural production and other ecosystem services delivered from European temperate grasslands". *Advances in Agronomy* 109, 117-154.
- Plieninger T., Hartel T., Martin-Lopez B. et al., (2015): "Wood-pastures of Europe: geographic coverage, social-ecological values, conservation management, and policy implications". *Biological Conservation* 190, 70-79.
- Posthumus H. and Morris J., (2010): "Implications of CAP reform for land management and runoff control in England and Wales". *Land Use Policy* 27, 42-50.
- Potts S.G., Biesmeijer J.C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O. and Kunin W.E., (2010): "Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers". *Trends in Ecology and Evolution* 25, 345-353.
- Price C., (2014): "Regulating and supporting services and disservices: customary approaches to valuation, and a few surprising case- study results". *New Zealand Journal of Forestry Science* 44, S5. <https://doi.org/10.1186/1179-5395-44-S1-S5>
- Queiroz C., Beilin R., Folke C. and Lindborg R., (2014): "Farmland abandonment: Threat or opportunity for biodiversity conservation?". *Frontiers in Ecology and the Environment* 12, 288-296.
- Randall A., (2002): "Valuing the outputs of multifunctional agriculture". *European Review of Agricultural Economics* 29, 289-307. <https://doi.org/10.1093/eurrag/29.3.289>
- Rau A-L., Burkhardt V., Dorninger C., Hjort C., Ibe K., Keßler L., Kristensen J.A., McRobert A., Sidemo-Holm W., Zimmermann H., Abson D.J., von Wehrden H. and Ekroos J., (2010): "Temporal patterns in ecosystem services research: A review and three recommendations". *Ambio* 49, 1377-1393. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01292-w>
- Raudsepp-Hearne C., Peterson G.D. and Bennett E.M., (2010): "Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 107, 5242-5247.
- Richter F., Pierrick J., El Benni N., Lüscher A., Buschmann N. and Klaus V.H., (2021): "A guide to assess and value ecosystem services of grasslands". *Ecosystem Services* 52, 101376. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101376>
- Ripoll-Bosch R. and Schoenmaker D., (2021): "Impact of finance on biodiversity: How agricultural business models get financed and promoted". Erasmus Platform for Sustainable Value Creation, Working Paper. Accessible at: https://www.rsm.nl/fileadmin/Images_NEW/Erasmus_Platform_for_Sustainable_Value_Creation/20220214_Impact_of_finance_on_biodiversity_-_How_agric
- Rodríguez-Ortega T., Bernués A. and Alfnes F., (2019): "Psychographic profile affects willingness to pay for ecosystem services provided by Mediterranean high nature value farmland". *Ecological Economics* 128, 232-245.
- Sahlin K.R., Rööß E. and Gordon L., (2020): "Less but better meat is a sustainability message in need of clarity". *Nature Food* 1, 520-522.
- Saidi N. and Spray C.J., (2018): "Ecosystem services bundles: Challenges and opportunities for implementation and further research". *Environmental Research Letters* 13, 113001.
- Skinner R.H., (2013): "Nitrogen fertilization effects on pasture photosynthesis, respiration, and ecosystem carbon content". *Agriculture Ecosystems & Environment* 172, 35-41.
- Smith P., (2014): "Do grasslands act as a perpetual sink for carbon?". *Global Change Biology* 20, 2708-2711.
- Sollenberger L.Y., Kohmann M.M., Dubeux Jr. J.C.B. and Silveira M.L., (2019): "Grassland management affects delivery of regulating and supporting ecosystem services". *Crop Science* 59, 441-459.
- Soussana J.F., Tallec T. and Blanfort V., (2010): "Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands". *Animal* 4, 334-350.
- Spash C.L., Urama K., Burton R., Kenyon W., Shannon P. and Hill G., (2009): "Motives behind willingness to pay for improving biodiversity in a water ecosystem: economics, ethics and social psychology." *Ecological Economics* 68, 955-964.
- Stenseke M., (2009): "Local participation in cultural landscape maintenance: lessons from Sweden". *Land Use Policy* 26, 214-223.
- Sucholas J., Greinwald A., Heinrich M. and Luick R., (2017): "Naturally occurring medicinal plants as ecosystem service of extensively used grassland". *Grassland Science* 22, 624-626