



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 Française pour la Production Fourragère

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

www.afpf-asso.org



AFPF – Maison Nationale des Eleveurs – 149 rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 – Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Française pour la Production Fourragère

La prairie dans tous ses états :

1. Une approche multiniveaux et multidomaines de ses atouts pour l'agriculture et la société

M. Duru¹, O. Therond²

Les prairies sont souvent parées de toutes les vertus, qu'il s'agisse de leur intérêt pour l'élevage ou pour l'environnement. Néanmoins, les surfaces n'ont cessé de régresser depuis 50 ans. Une représentation unifiée multidomaines et multiniveaux des services que rendent les prairies permanentes et temporaires semble nécessaire.

RÉSUMÉ

Les services rendus par les prairies correspondent à différents rôles : écosystème pour la production de fourrages, infrastructure écologique pour réguler les cycles biogéochimiques, couverts multi-services dans le cadre des rotations. Les processus écologiques sous-jacents se déroulent du niveau de la parcelle (compétition entre plantes) jusqu'à celui du paysage (régulations biologiques) et à différentes échelles de temps (infra-annuelle pour la production de fourrages jusqu'à plusieurs années pour la fertilité du sol). Les différents services peuvent être distingués en fonction des niveaux d'organisation auxquels ils s'expriment (et procurent des avantages) : la parcelle (séquestration du carbone), la ferme (émissions d'azote) ou le bassin versant. Ils peuvent découler de la simple présence de la prairie ou dépendre de sa composition.

SUMMARY

The glorious diversity of grasslands: 1. the agricultural and societal benefits of grasslands from a multidisciplinary and multiscale perspective

Grasslands have numerous benefits, but their land surface area continues to decline. To fully account for the services they provide, it is crucial to use unified representations that span multiple disciplines and scales. Indeed, in addition to supplying forage, grasslands provide a range of agricultural and societal services. Underlying ecological processes take place at the field level (e.g., competition among plants) all the way up to the landscape level (e.g., biotic regulation). They also operate at different temporal scales (from intra-annual for forage production to multi-annual for soil fertility). Services can be distinguished based on the organisational level at which they (and their benefits) are expressed: the field (e.g., carbon sequestration), the farm (e.g., nitrogen release), and the river basin. Services may result from the simple presence of grasslands, or they may depend on grassland composition.

1. Forces et faiblesses des méthodes pour caractériser les atouts des prairies

■ Des surfaces en régression malgré des atouts

Les prairies, tout comme les cultures intermédiaires, présentent de nombreux atouts environnementaux (LEMAIRE *et al.*, 2014). Elles permettent de renforcer la part de la production agricole (produits végétaux et animaux) permise

par les services écosystémiques (ressources endogènes) et ainsi d'augmenter l'autonomie des systèmes de production (MORAINE *et al.*, 2016). Cependant, au cours des 40 dernières années, la surface européenne en prairies a été réduite de 15 millions d'hectares, au profit du maïs fourrage et d'autres cultures annuelles (FAOSTAT, 2011) ou de l'embroussaillage dans les zones difficiles. En 2007, les prairies permanentes couvraient plus de 57 millions d'hectares dans l'UE-27 et les prairies temporaires environ 10 millions d'hectares, ce qui représente respectivement 33% et 6% du total de la superficie agricole utile dans l'UE-27 (VAN DEN POL *et al.*, 2014).

AUTEURS

1 : UMR 1248 AGIR, INRA, Université Toulouse, INPT, F-31326 Castanet-Tolosan ; michel.duru@inra.fr

2 : UMR 1132 - LAE, INRA, 28, rue de Herrlisheim, F-68000 Colmar

MOTS CLÉS : Agroécologie, fourrage, paysage, prairie, prairie permanente, prairie temporaire, rotation culturale, santé, services écosystémiques.

KEY-WORDS : Agroecology, crop succession, ecosystem services, forage, grassland, health, landscape, ley, permanent pasture.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Duru M., Therond O. (2018) : «La prairie dans tous ses états : 1. Une approche multiniveaux et multidomaines de ses atouts pour l'agriculture et la société», *Fourrages*, 236, 229-237.

■ Comment sont abordés les atouts des prairies dans la littérature ?

Les manières de prendre en compte les atouts des prairies se sont multipliées à partir de l'émergence des approches de la multifonctionnalité de l'agriculture à la fin des années 80, puis des services écosystémiques depuis les années 2000. Avec l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire (MEA, *Millenium Ecosystem Assessment*, 2005), la communauté internationale formalise et met en avant les services autres que productifs fournis par les écosystèmes. Au sens littéral, l'expression « **service écosystémique** » (SE) se définit relativement aux avantages (*benefits* en anglais) que l'homme obtient des écosystèmes (THEROND *et al.*, 2017). Selon la classification internationale CICES (2013), ils sont **organisés en trois grandes catégories distinctes**, qui correspondent aux services i) d'approvisionnement (production de nourriture, fibre, bois, fourrages), ii) de régulations des ravageurs, du climat, des flux d'eau, de matière et nutriments, et iii) culturels (par exemple l'esthétique du paysage). Les processus écologiques sous-jacents des services, appelés services supports dans le MEA, génèrent des échanges de matières et d'énergie au sein de l'écosystème ; ces processus sont modifiés par les pratiques de gestion.

Le concept de SE a été d'abord développé pour des systèmes écologiques peu ou pas anthropisés. Sa **transposition aux systèmes agricoles est confrontée à plusieurs difficultés majeures**. Tout d'abord, l'estimation du niveau de service d'approvisionnement *via* la production agricole totale (rendement des cultures, production de fourrages) conduit à considérer que le niveau de SE est élevé dans les situations où la production est avant tout liée aux intrants exogènes comme par exemple dans une prairie temporaire de courte durée très fertilisée. En effet, la distinction entre la part de la production qui provient des ressources endogènes à l'écosystème et celle liée aux intrants exogènes, généralement achetés, qu'ils soient chimiques ou biologiques, est très rarement réalisée (DURU *et al.*, 2015a ; THEROND *et al.*, 2017). Ce type d'approche simplificatrice génère une forte ambiguïté, voire une impasse conceptuelle, quant à la nature des SE et leur rôle dans les systèmes agricoles (THEROND *et al.*, 2017). En outre, elle ne permet pas de distinguer deux grands types de systèmes de production agricole : ceux basés sur les SE (processus écologiques) et ceux basés sur les intrants exogènes.

Cherchant à clarifier le rôle des services écosystémiques en agriculture, ZHANG *et al.* (2007) ont **reclassé les différents types de SE en distinguant ceux rendus à l'agriculture de ceux fournis par l'agriculture à la société**. Cette distinction vise à insister sur le fait que les écosystèmes agricoles sont à la fois *dépendants de* et *influent sur* la fourniture des SE. Elle met aussi l'accent sur le rôle des écosystèmes agricoles dans la fourniture de services et sur les avantages que les agriculteurs peuvent en retirer pour la production agricole et, par ailleurs, pour la société. Les SE rendus à l'agriculteur sont principalement ceux relatifs à la fertilité physique, chimique et biologique des sols, aux régulations biologiques des bioagresseurs et à la pollinisation (THEROND *et al.*, 2017). Cette approche

renouvelée des services écosystémiques peut être mobilisée pour examiner les relations entre pratiques agricoles et processus sous-tendant l'élaboration du rendement des productions végétales (VAN ITTERSUM et RABBINGE, 1997) et animales (VAN DER LINDEN *et al.*, 2015, encart 1). Le développement des services relatifs à la fertilité des sols permet de réduire les apports exogènes à l'exploitation agricole de nutriments, d'eau ou d'énergie pour la structuration des sols, autrement dit ils permettent de réduire les facteurs abiotiques limitant le niveau de production. Les services de régulations biologiques des bioagresseurs permettent de réduire les facteurs biotiques réducteurs du niveau de production. Il est ici tout autant question de régulation des bioagresseurs des cultures que de ceux des animaux. Cette approche permet de montrer que les SE fournis à l'agriculteur sont des facteurs de production qui peuvent être substitués aux intrants exogènes utilisés pour gérer les facteurs limitants et réducteurs du niveau de productions végétales et animales. De ce fait, on parle alors en France de « services intrants ». En outre, en s'appuyant sur les définitions de DAILY (1997), DURU *et al.* (2015a) mettent en lumière l'intérêt de distinguer d'une part les biens agricoles (*vs* services d'approvisionnement, par ex. les fourrages) et d'autre part les services écosystémiques « intrants » puisque **la production de biens agricoles dépend à la fois des intrants exogènes et des services intrants**. Nous retons ci-après ces distinctions.

Trois grands types de pratiques agricoles peuvent être distingués au regard de leur rôle dans l'élaboration du rendement végétal (van ITTERSUM et RABBINGE, 1997) ou animal (VAN DER LINDEN *et al.*, 2015) :

- **Les pratiques qui déterminent la nature et le potentiel de production pour un climat donné.** La combinaison de ces pratiques, du sol et du climat définit ce qui est appelé « facteur configurant » en agronomie (van ITTERSUM et RABBINGE, 1997) et en science animale (VAN DER LINDEN *et al.*, 2015). Elles concernent le choix des espèces végétales ou animales et les pratiques qui déterminent la structure spatiale et temporelle de la couverture végétale (variété, date, densité de semis et séquence de culture) et la présence animale dans l'écosystème (race et part du pâturage dans la stratégie d'alimentation). Ces pratiques déterminent la nature et les caractéristiques de l'occupation du sol et, le cas échéant, des animaux présents. Elles déterminent donc la nature de l'écosystème agricole (par ex. grande culture, prairies avec ou sans animaux plus ou moins productives) (THEROND *et al.*, 2017).

- **Les pratiques qui visent à réduire les facteurs limitants de la production agricole** (stress abiotiques : eau et éléments minéraux) **ou à modifier les conditions physico-chimiques du sol** (par ex. chaulage). Concernant l'animal, il s'agit par exemple des apports de concentrés et compléments minéraux qui influent sur les aspects qualitatifs et quantitatifs du régime alimentaire.

- **Les pratiques qui visent à réduire les dommages causés par les bioagresseurs** (stress biotiques) et donc à contrôler les facteurs réducteurs (*reducing factors*) de la production. Concernant l'animal, il s'agit par exemple des traitements médicamenteux et anti-parasitaires.

ENCART 1 : **Pratiques agricoles et élaboration de la production.**

SIDEBAR1 : **Description of different agricultural practices and their role in production making.**

■ Les défis méthodologiques à relever

Renforcer la part de la production permise par les ressources endogènes au système étudié permet d'augmenter l'autonomie des systèmes de production. L'autonomie est importante pour les exploitations d'élevage (GROLLEAU *et al.*, 2014), et l'est aussi pour les exploitations de grande culture dans la mesure où il est reconnu que les prairies peuvent leur fournir des SE en améliorant la fertilité du sol (RECOUS *et al.*, 2015). Cette caractéristique n'est toutefois pas souvent reliée au concept de SE, car comprendre les relations entre autonomie en intrants et SE suppose de passer de l'échelle de la parcelle à celle du système de production. En effet, c'est la diversité des ressources fourragères en élevage, le plus souvent découlant d'une diversité de plantes, et la diversité d'espèces en grande culture, qui permettent avant tout de renforcer l'autonomie des systèmes de production. Cette représentation souligne le rôle de la diversité comme levier pour fournir des services intrants (DURU *et al.*, 2015a) et pas seulement comme un service en soi. Enfin, il est important de noter que l'approche par les services est complémentaire de celle, historique, de l'évaluation des impacts des pratiques agricoles (par ex. apport de fertilisants) sur les émissions (par ex. « fuites » d'azote) (THEROND *et al.*, 2017). La réduction des impacts peut passer à la fois par le développement de certains SE (fourniture d'azote par les légumineuses) mais aussi par l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des intrants, c.à.d. les pratiques visant à apporter le bon produit à la bonne dose au bon moment et sous la bonne forme, ainsi que les bonnes pratiques de gestion des effluents en élevage.

La plupart des travaux sur les prairies sont **le plus souvent conduits séparément pour les prairies permanentes et temporaires**, chacun d'eux n'explorant qu'une partie des services que peuvent rendre les prairies. Les travaux sur les prairies permanentes consistent souvent en des typologies de prairies au regard des nombreux services qu'elles fournissent que ce soit en relation avec la production de biens agricoles (saisonnalité de la production, qualité des fourrages ; CARRÈRE *et al.*, 2012 ; BALAY *et al.*, 2015) ou les enjeux environnementaux (stockage de carbone, capacité d'accueil des pollinisateurs ; ARRANZ *et al.*, 2016). La distribution spatiale des prairies qui détermine le niveau de certains services comme la pollinisation n'est généralement pas considérée. Elle ne l'est que dans les études examinant le rôle des infrastructures écologiques dans les paysages pour les régulations biologiques, les prairies étant alors une infrastructure comme le sont d'autres habitats semi-naturels (haies, bosquets, lisières de forêts, mares...). Les travaux concernant le rôle des prairies temporaires dans les systèmes de culture traitent surtout, à l'échelle de la parcelle, des services intrants fournis à la culture suivante. Enfin, l'identification complète des services que fournissent les prairies est souvent faite indépendamment des niveaux d'organisation auxquels les avantages se manifestent et sans référence à la composition des prairies (D'OTTAVIO *et al.*, 2018).

Il ressort de cette rapide revue qu'il est nécessaire de développer un cadre d'analyse structuré pour représenter

la diversité des services fournis par des prairies, en considérant les niveaux d'organisation auxquels ces services sont d'intérêt pour des groupes d'acteurs donnés. Cet article vise à présenter un cadre d'analyse répondant aux faiblesses identifiées ci-dessus. Il est aussi attendu qu'il permette : i) de **clarifier le rôle de la composition des prairies ainsi que celui de leur distribution spatio-temporelle pour la fourniture d'une large gamme de services** et ii) de **fournir une représentation intégrée du rôle des prairies dans les systèmes agricoles et alimentaires**.

2. Services écosystémiques et biens fournis par les prairies à l'agriculture et à la société

■ Rôles des prairies et des produits qui en sont issus dans les systèmes agricoles, les paysages et les systèmes alimentaires

Une prairie peut être associée à un couvert végétal ou système sol-plantes qui, lorsqu'on le considère avec les modes de conduite appliqués (fertilisation, pâturage...), constitue un écosystème dit prairial dont les entités sont les plantes, le sol (avec les organismes qu'il contient) et les animaux qui pâturent. Nous désignons cet écosystème par le terme « prairie » dans la suite du texte. L'état des entités biotiques et abiotiques est défini par la valeur des propriétés de ces entités, par exemple la composition de la végétation, la teneur en matière organique (MO) du sol.

Les processus de l'écosystème qui sous-tendent la fourniture de SE déterminent les flux de matière et d'énergie dans l'écosystème. Ces processus sont notamment à l'origine de la dynamique des populations, des communautés, des écosystèmes (plasticité, mutations et processus épigénétiques, processus démographiques et reproductifs, sélection, dispersion, colonisation...) mais aussi des dynamiques physico-chimiques et des interactions biotiques-abiotiques. La structure et/ou l'état des entités de l'écosystème déterminent le régime d'exécution des processus écologiques qui, en retour, influent sur l'état des entités et/ou la structure ; par exemple, les interactions entre taux de MO et cycle des nutriments, ou entre structure des communautés et régulations biologiques (THEROND *et al.*, 2017).

La prairie joue plusieurs rôles (DURU *et al.*, 2018). Elle est un déterminant biophysique du niveau de production de fourrages et des services écosystémiques à l'agriculture et à la société *via* **cinq grands types** de statuts : une ressource alimentaire pour les animaux, une infrastructure écologique pour les cycles biogéochimiques, un habitat pour des organismes à l'origine de services de régulations biologiques, un « couvert de services », mais aussi un aliment fonctionnel au travers d'effets physiologiques bénéfiques dépassant les fonctions nutritionnelles habituelles. Ainsi, la composition des produits animaux (lait, viande) issus d'une alimentation à base d'herbe contribue à réduire le déficit de l'alimentation en oméga-3 et les

Processus écologiques à l'origine du niveau des services écosystémiques des prairies		Choix alimentaires
Niveau infra-parcelle déterminant la composition fonctionnelle des PP et PT	Niveaux spatiaux de la bordure de parcelle au paysage (fonction de la composition ou configuration des PP et PT dans les paysages)	Niveau infra-parcelle du type « effet précédent » (fonction de la place et de la composition des PT dans les rotations)
Production de biens		
Prairie = ressource fourragère*** : Part de la production fourragère sans intrants exogènes ; qualité des fourrages et typicité des produits animaux ; stabilité de la production ; flexibilité d'utilisation		
Prairie = autres ressources (énergie...)		
Services à l'agriculture		
Prairie = source d'aliments multifonctionnels pour les animaux** Propriétés pharmacologiques pour les animaux (anthelminthique)	Prairie = habitat ** Régulations biologiques : pollinisation ; ennemis naturels des ravageurs	Prairie = « couvert de service »** pour la capture de ressources et l'expression de régulations biologiques
Services à la société		
Prairie = infrastructure écologique * (érosion ; quantité et qualité de l'eau)	Prairie = infrastructure écologique* Régulation du climat, du cycle de l'eau et de l'érosion	Prairie = source d'aliments fonctionnels* Composés phénoliques et profils en acides gras des produits animaux
Prairie = infrastructure écologique (contribution à la mosaïque paysagère)** Services culturels et patrimoniaux (conservation de la biodiversité)***		
Qualification de l'effet de la composition fonctionnelle de la prairie basée sur la stratégie des espèces pour capturer et utiliser les ressources : *** : fort, ** : moyen, * : faible ou nul PP : prairies permanentes ; PT : prairies temporaires		

TABLEAU 1 : Rôles des prairies dans les systèmes agricoles et alimentaires en fonction d'une part des services fourragers et d'autre part des processus écologiques et des choix alimentaires.

TABLE 1 : Roles of grasslands in agricultural systems and food production systems and the relationship with the services provided, underlying ecological processes, and nutritional choices.

risques de maladies chroniques associés tant pour les animaux que pour les hommes. Nous analysons successivement ces cinq rôles, qui contribuent aussi à la fourniture de services culturels, en spécifiant notamment les processus écologiques sous-jacents (tableau 1).

D'un point de vue agricole, la prairie est un couvert végétal dont l'agriculteur peut obtenir **une ressource fourragère**. Cette dernière peut être caractérisée en termes de quantité et qualité de fourrages à un instant donné, mais aussi relativement à la dynamique de ces caractéristiques qui lui confèrent un profil (temporalité) de production au cours de la saison et un niveau de souplesse d'utilisation (DURU *et al.*, 2010).

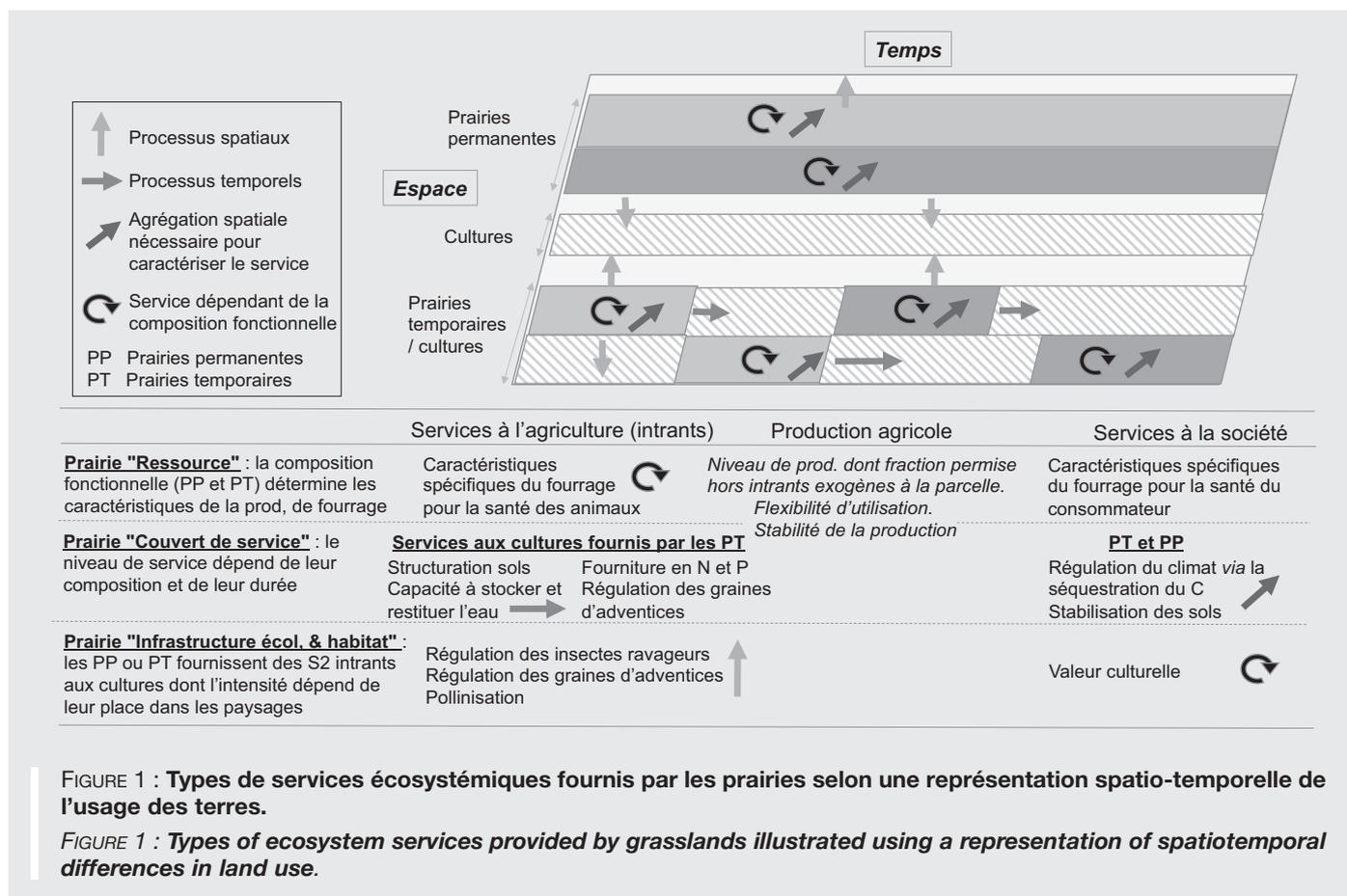
De par son **rôle d'infrastructure écologique**, la prairie contribue à la séquestration du carbone, à la régulation du cycle de l'eau et au contrôle de l'érosion (LEMAIRE *et al.*, 2014). Excepté pour la séquestration du carbone, les processus sous-jacents ont une composante spatiale (figure 1). La composition des prairies, mais aussi leur répartition spatiale, contribuent à la valeur esthétique des paysages, ainsi qu'à la conservation d'espèces symbolisant une région ou un territoire. Cette valeur esthétique généralement augmente avec la richesse en espèces et l'hétérogénéité du paysage (LINDEMANN-MATTHIES *et al.*, 2010).

La prairie fournit également **un habitat** pour de nombreux organismes à l'origine des services de régulations biologiques à l'agriculture (régulation des insectes ravageurs

et des graines d'adventices ; pollinisation) (SMITH *et al.*, 2016). Ces services dépendent aussi de la place et de la répartition des prairies dans les paysages (figure 1). Par exemple, le niveau global de lutte contre les nuisibles augmente avec la complexité du paysage mais dépend peu de la longueur de la rotation. HOLLAND *et al.* (2016) ont montré que le niveau moyen de lutte antiparasitaire était le meilleur pour une complexité du paysage aux échelles spatiales de 0,5 à 1 km. La gestion combinée de l'habitat semi-naturel et des rotations peut améliorer la lutte contre les nuisibles naturels dans les paysages agricoles (HOLLAND *et al.*, 2016).

Les espèces d'abeilles nichant au sol, à forte capacité de dispersion et à régime généraliste, sont positivement influencées par la présence de prairies permanentes (CARRIÉ *et al.*, 2018 ; LANORE *et al.*, 2018). Dans la première étude, seules les espèces d'abeilles ayant des besoins spécifiques en fleurs ont répondu positivement à la composition de la végétation dans les prairies. Les résultats suggèrent que la disponibilité à l'échelle du paysage de ressources de nidification fournies par les prairies affecte les communautés d'abeilles dans les paysages agricoles et peut aider à maintenir des assemblages d'abeilles fonctionnellement diversifiés.

L'ensemble de ces résultats suggère que la conservation de paysages hétérogènes, caractérisés par une proportion plus élevée d'habitats semi-naturels tels que les prairies, ainsi que des parcelles relativement petites, est essentielle



pour maintenir et améliorer le contrôle biologique efficace dans les agroécosystèmes (RUSCH *et al.*, 2013).

La prairie peut être considérée comme un « **couvert de services** » pour l'agriculture lorsqu'elle est en rotation avec les cultures du fait de son effet « précédent » sur le cycle des nutriments ou les régulations biologiques (maladies, insectes ravageurs, adventices ; ALBIZUA *et al.*, 2015 ; voir aussi les articles dans les numéros 233 et 234 de *Fourrages*).

Enfin, la prairie peut **fournir des aliments fonctionnels** permettant de réguler la santé des animaux, par exemple du fait de l'ingestion de plantes riches en tannins ayant des propriétés anthelminthiques (HOSTE *et al.*, 2015) ou plus largement riches en composés phytochimiques (PROVENZA *et al.*, 2015 ; GREGORINI *et al.*, 2017). C'est aussi le cas lorsque l'alimentation des ruminants est à base d'herbe puisque les prairies, en elles-mêmes, quelle que soit leur composition, contribuent à notre santé *via* leur effet sur la valeur nutritionnelle des produits animaux. Ainsi les produits issus d'animaux alimentés à l'herbe sont plus riches en oméga-3, dont notre alimentation est déficitaire pour 95% des Français, relativement aux produits animaux provenant d'une alimentation à base de céréales ou d'ensilage de maïs (PIGHIN *et al.*, 2016 ; DURU *et al.*, 2017). La prairie concourt donc à produire du lait et de la viande dont la composition est bénéfique à la santé humaine, ainsi qu'à fournir des produits riches en composés phénoliques qui confèrent des spécificités organoleptiques aux fromages (FARRUGGIA *et al.*, 2014).

Le plus souvent, les prairies jouent plusieurs rôles en même temps, mais le niveau des services fournis va dépendre de leur composition, de leur place dans les paysages (figure 1), de même que la place qu'occupent les produits animaux qui en sont issus dans les systèmes alimentaires.

■ Rôle de la diversité fonctionnelle pour la fourniture de biens et de services

La comparaison de différents modes d'usage du sol (par ex. prairies *vs* cultures annuelles) montre que les prairies en elles-mêmes, indépendamment de leur composition, sont à l'origine d'un haut niveau de certains services comme par exemple le contrôle de l'érosion (WIESMEIER *et al.*, 2019).

Pour d'autres services, le niveau de fourniture du service dépend pour beaucoup ou pour partie de la composition fonctionnelle de la végétation ; cette composition résulte de processus de compétition et de facilitation entre plantes qui seront détaillés dans l'article suivant :

- pour beaucoup lorsqu'il s'agit de leur aptitude i) à jouer le rôle d'aliments fonctionnels du fait de la présence d'espèces présentant des spécificités pour réguler les parasites animaux (HOSTE *et al.*, 2015), ii) à réguler les émissions de méthane entérique dans le cas de prairies riches en espèces (HAMMOND *et al.*, 2014) ; iii) à séquestrer du carbone (cas notamment des prairies permanentes peu fertilisées) ;

- pour partie lorsqu'il s'agit de la pollinisation (DELANEY *et al.*, 2015) ou de la séquestration du carbone par les

prairies temporaires en rotation avec les cultures (SOUSSANA et LEMAIRE, 2014), services qui dépendent aussi respectivement de la place des prairies dans les paysages et dans les rotations.

3. Représentation intégrée du rôle des prairies dans les systèmes agricoles, l'environnement et les systèmes alimentaires

Pour représenter de manière intégrée les services fournis par les prairies et les leviers permettant de les produire, il est nécessaire de distinguer l'espace de production de ces services ou de leurs impacts, de l'espace dans lequel les bénéficiaires retirent les avantages de ces services (ou d'un moindre impact des pratiques) (FISHER *et al.*, 2009). De même, il importe de distinguer les domaines qui sont impactés : ce peut être le sol, la composition des produits animaux, les paysages (érosion, nitrates, résidus de pesticides), le climat ou la santé humaine. Or, la plupart des études visant à analyser les relations entre les pratiques agricoles, la composition de la végétation et les impacts (par exemple, les émissions de N) ou les services (séquestration

C) sont réalisées au niveau de la parcelle, de la rotation ou du paysage par exemple pour les régulations biologiques (BENTON *et al.*, 2003), sans toujours préciser qui en tire avantage. En outre, les services fournis par une alimentation à base d'herbe ne sont généralement caractérisés qu'au niveau de l'animal (composition des produits), sans examiner les avantages dérivés au niveau du système alimentaire (DURU *et al.*, 2017). Enfin, l'étude des niveaux de fourniture des services, des antagonismes et des synergies entre services est souvent faite à l'échelle de la parcelle ou de la ferme alors que les avantages dérivés des services s'expriment à des échelles dépendant des services. Le plus souvent, c'est à l'échelle de la ferme qu'est faite une estimation des bilans azotés et des émissions brutes et nettes de gaz à effet de serre, alors que les évaluations d'eutrophisation font sens à l'échelle d'un bassin versant, ou celles d'impact sur le changement climatique, à l'échelle de la planète.

■ Espace de production vs espace où les avantages sont d'intérêt pour les acteurs

Par définition, ce sont les agriculteurs qui bénéficient de la production de biens agricoles et de la réduction d'intrants exogènes dérivés des services fournis par les prairies à l'agriculture.

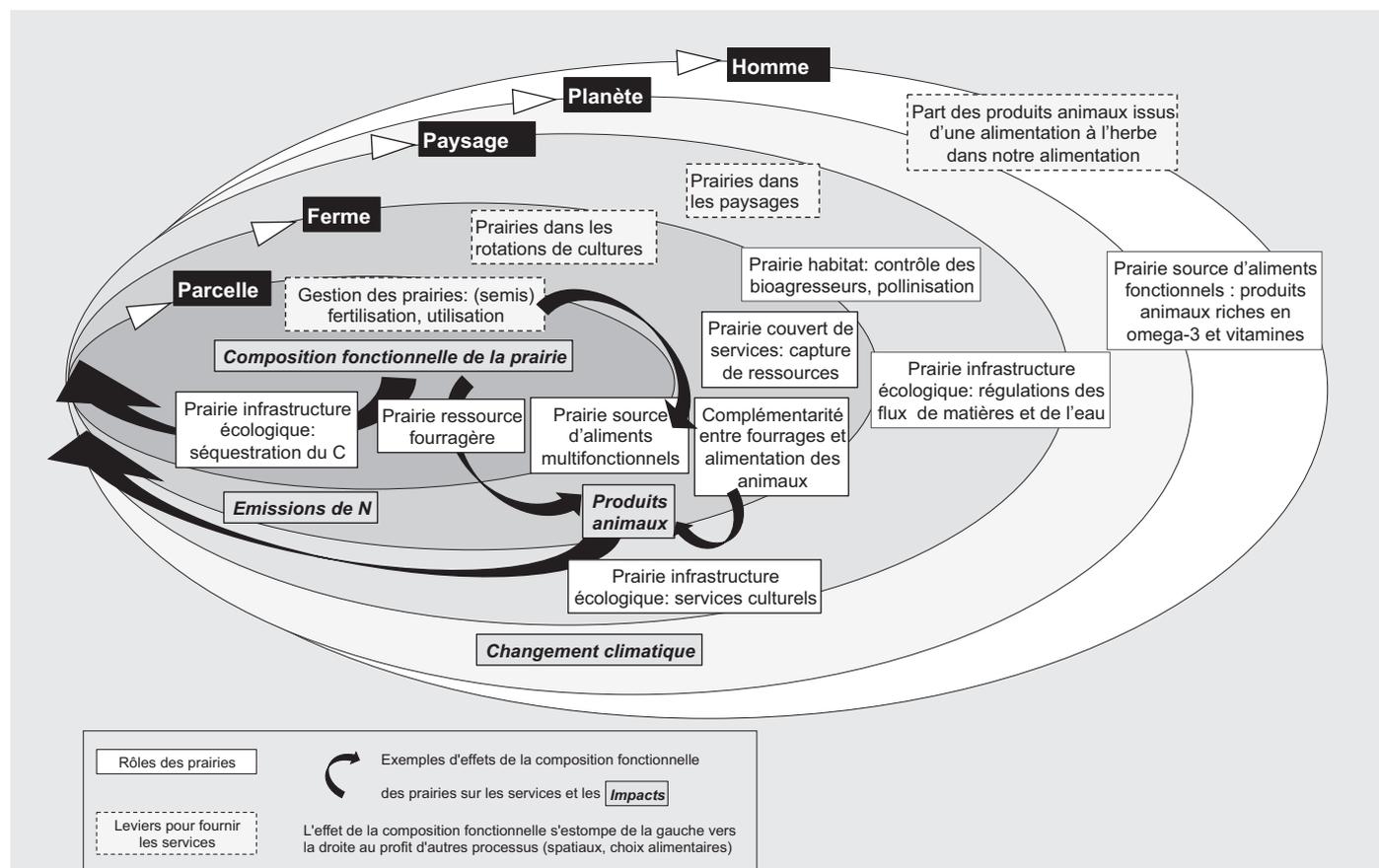


FIGURE 2 : Représentation multinationnelle et multidisciplinaire du rôle des prairies et des leviers pour fournir des services à la société, du niveau de la parcelle à ceux de la planète et de l'alimentation humaine.

FIGURE 2 : Multiscale and multidisciplinary representation of grassland services to society, from the field level to the planetary level and the perspective of the human food supply.

Pour la production de fourrages, les espaces de production et de valorisation des avantages se superposent (sur la parcelle, figure 2). En revanche, pour certains SE de régulation, ces deux types d'espace peuvent être différents. Ainsi, pour les régulations biologiques, les auxiliaires de cultures dépendent d'habitats semi-naturels plus ou moins distants des espaces cultivés sur lesquels ils réalisent ces régulations biologiques. En effet, beaucoup de ces organismes accomplissent les différentes phases de leur cycle biologique dans des habitats différents (par ex. éléments semi-naturels pour hivernage et culture pour alimentation ; TSCHARNTKE *et al.*, 2005). Dans ces situations, le niveau de connectivité entre ces différents habitats et les modalités de déplacement des organismes concernés déterminent la surface et la forme de la zone où les bénéficiaires peuvent obtenir les avantages (figure 2). Cette connectivité peut être favorisée par la présence d'éléments semi-naturels comme certaines prairies ou d'espaces aménagés adaptés comme les bandes enherbées (BAGSTAD *et al.*, 2013 ; SERNA-CHAVEZ *et al.*, 2014). Cette distinction entre espace de production des SE et espace au sein duquel les bénéficiaires en retirent des avantages est importante pour clairement distinguer les SE dont les bénéficiaires sont situés sur une zone limitée, voire locale, des SE dont les bénéficiaires sont sur une étendue plus importante, comme par exemple la régulation du climat (KANDZIORA *et al.*, 2013). A noter que, pour bénéficier de ces avantages liés à la configuration/composition du paysage, l'agriculteur doit gérer un système plus complexe, impliquant différents acteurs (DURU *et al.*, 2015a).

Lorsque les SE de type « régulation du cycle des nutriments » permettent de réduire la quantité de fertilisants, les émissions associées sont diminuées, ce qui bénéficie à la société. Il faut cependant distinguer les niveaux auxquels les effets se manifestent : bassin versant pour réduction des nitrates et de l'érosion, planète pour la réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre. Les services fournis suite à l'introduction de prairies sont d'autant plus importants qu'elles sont composées de légumineuses (LÜSCHER *et al.*, 2014). Dans certains cas, pour certains services, l'agriculteur peut ne pas en tirer d'avantages car il n'y a pas ou peu de traçabilité (échelle « homme », figure 2). C'est le cas pour beaucoup de produits issus d'une alimentation des animaux à l'herbe.

En résumé, les avantages issus des prairies sont complexes à prendre en compte dans les politiques publiques du fait de la **multiplicité des processus spatio-temporels en jeu dans la production de SE et la valorisation des avantages**. De plus, ces phénomènes sont **souvent différés** dans le temps, ce qui fait qu'un changement de système agricole ne se traduit pas par des effets immédiats, par exemple sur le réchauffement global ou la santé humaine. Ces effets sont aussi souvent **diffus**, ce qui fait qu'il est souvent nécessaire que l'introduction des prairies dans les systèmes agricoles soit massive pour par exemple réduire les émissions au niveau de la planète et les risques de maladies chroniques. Ils sont aussi **délocalisés** dans la mesure où des systèmes herbagers renforcent l'autonomie en protéines et ainsi ne contribuent ni à la déforestation dans un pays tiers, à la différence des systèmes où les protéines sont four-

nies par des tourteaux de soja (BOEREMA *et al.*, 2016), ni à l'alourdissement des besoins en pesticides lorsque des tourteaux de colza sont utilisés (BUDGE *et al.*, 2015). Autrement dit, **développer les services que fournissent les prairies ne relève pas du seul fait d'un agriculteur ou d'un citoyen, c'est une problématique globale et systémique.**

■ Fournitures de services à l'échelle de l'exploitation agricole

C'est **au niveau de la parcelle** que sont étudiés les effets de la gestion (fertilisation, modes d'exploitation) sur la composition fonctionnelle de la végétation et ses effets sur la production fourragère et le stockage du carbone. Nous en ferons une analyse détaillée dans un deuxième article.

Au niveau **de la ferme**, il convient de distinguer les élevages herbagers, pour lesquels l'essentiel des fourrages provient des prairies, des exploitations de polyculture-élevage pour lesquelles il peut exister une part importante de cultures de ventes. Pour les premières, la complémentarité de différents types de fourrages issus de prairies ayant des compositions fonctionnelles différentes constitue un levier pour s'adapter aux besoins des animaux et réduire les coûts (DURU *et al.*, 2015b). Le plus souvent, c'est l'exploitation dans sa globalité qui est étudiée (SMUKLER *et al.*, 2010), bien que les sous-niveaux soient essentiels à considérer pour comprendre les arbitrages entre services (RAWNSLEY *et al.*, 2013). En effet, les agriculteurs combinent des prairies de caractéristiques différentes pour nourrir des lots d'animaux dont il est attendu des performances différentes, susceptibles de varier en fonction des saisons. Dans les systèmes d'élevage herbager, le nombre et la nature des lots de parcelles et d'animaux sont souvent conçus pour atteindre une autosuffisance alimentaire, réduire les coûts opérationnels ou accroître la flexibilité dans l'organisation du travail. Par conséquent, il est nécessaire de prendre en compte ces niveaux d'organisation spatiaux et animaux. Néanmoins, la plupart des recherches effectuées au niveau de la ferme sont limitées à la quantité et à la qualité du fourrage que les prairies produisent à l'échelle annuelle. Pourtant la saisonnalité de la production de fourrages et la complémentarité entre les fourrages sont des informations clefs pour la gestion et des déterminants des performances des exploitations, en particulier dans les systèmes d'alimentation à base de pâturage (DURU *et al.*, 2011). Par exemple, LUGNOT et MARTIN (2013) soulignent que la diversité des plantes fonctionnelles dans les prairies offre une certaine flexibilité dans le temps d'utilisation des prairies et fournit ce qu'ils appellent un « service de gestion », car cela aide les agriculteurs à gérer la croissance des herbages à l'échelle de l'exploitation. Il s'agit d'un exemple de SE qui est rarement identifié, alors qu'il est d'importance pour les agriculteurs. De même, NOZIÈRES *et al.* (2011) suggèrent qu'une diversité de ressources, dont les prairies, au sein de la ferme diminue les coûts de production en combinant mieux les types de prairies avec les besoins nutritionnels des animaux, ce qui améliore la productivité du système d'élevage.

Conclusion

Les prairies permanentes et temporaires fournissent une diversité de services qui vont bien au-delà de la seule production fourragère. Elles contribuent à l'amélioration des cycles de l'eau, du carbone et de l'azote et elles fournissent des intrants aux cultures annuelles. Mais le niveau de fourniture de la plupart de ces services dépend de leur distribution dans l'espace et de leur intégration dans les systèmes de culture. L'expression finale de ces services dépend donc d'autres processus que ceux se manifestant à l'échelle de la parcelle. Les prairies permettent aussi d'élaborer des produits animaux qui, au travers de leur composition, sont bénéfiques pour notre santé. La difficulté d'évaluer les atouts des prairies vient donc du fait qu'ils concernent des niveaux et domaines aussi différents que la parcelle (par ex. ressource fourragère), l'exploitation agricole (par ex. diversité des ressources), l'environnement local (régulation de la qualité de l'eau...), global (régulation du climat par le stockage du carbone...) et la santé humaine, sans parler du bien-être animal. En outre, **pour chaque type de services, les bénéficiaires des avantages qui peuvent en être retirés sont très différents** : les agriculteurs pour les « services intrants », le monde pour la régulation du climat, le consommateur pour la valeur santé des produits issus d'une alimentation à l'herbe et le citoyen pour la réduction de consommation des ressources naturelles et le bien-être animal, mais seulement si ces caractéristiques sont tracées. Malgré ces atouts reconnus, les surfaces en prairie régressent, notamment du fait de politiques publiques non adaptées. La représentation structurée multidomaines et multiniveaux des atouts, ainsi que des avantages que différents groupes d'acteurs en retirent, peut permettre d'asseoir les arguments d'un lobbying constructif pour leur conservation et développement.

Accepté pour publication,
le 19 décembre 2018

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBIZUA A., WILLIAMS A., HEDLUND K., PASCUAL U. (2015) : «Crop rotations including ley and manure can promote ecosystem services in conventional farming systems», *Applied Soil Ecology*, 95, 54-61.
- ARRANZ J.M., BERNOS N., CARRÈRE P., CHARBONNEAU M., GASCOUAT P., HULIN S. ... OLHA E. (2016) : «Prairies permanentes basco-béarnaises: une typologie pour évaluer les services écosystémiques rendus par les prairies et par les exploitations», *Fourrages*, 228, 233-241.
- BAGSTAD K.J., JOHNSON G.W., VOIGT B., VILLA F. (2013) : «Spatial dynamics of ecosystem service flows: a comprehensive approach to quantifying actual services», *Ecosystem Services*, 4, 117-125.
- BALAY C., BOISDON I., CAPITAINE M., COURNUOT S., MICHELIN Y. (2015) : «Services écosystémiques rendus par les prairies dans une commune de moyenne montagne d'Auvergne : évaluation et déterminants», *Fourrages*, 221, 15-24.
- BENTON T.G., VICKERY J.A., WILSON J.D. (2003) : «Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?», *Trends in Ecology and Evolution*, 18 (4), 182-188.
- BOEREMA A., PEETERS A., SWOLFS S., VANDEVENNE F., JACOBS S., STAES J., MEIRE P. (2016) : «Soybean trade: Balancing environmental and socio-economic impacts of an intercontinental market», *PLoS ONE*, 11 (5), 1-13.
- BUDGE G.E., GARTHWAITE D., CROWE A., BOATMAN N.D., DELAPLANE K.S., BROWN M.A. ... PIETRAVALLE S. (2015) : «Evidence for pollinator cost and farming benefits of neonicotinoid seed coatings on oilseed rape», *Scientific Reports*, 5, 1-12.
- CARRÈRE P., PLANTUREUX S., POTTIER E. (2012) : «Concilier les services rendus par les prairies pour assurer la durabilité des systèmes d'élevage herbagers», *Fourrages*, 211, 213-218.
- CARRIÉ R., LOPES M., QUIN A., ANDRIEU E. (2018) : «Bee diversity in crop fields is influenced by remotely-sensed nesting resources in surrounding permanent grasslands», *Ecological Indicators*, 90, 606-614.
- CICES (2013) : *Common International Classification of Ecosystem Services* ; <https://cices.eu/>
- DAILY G.C. (1997) : *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington D.C., 392 p.
- DELANEY J.T., JOKELA K.J., DEBINSKI D.M. (2015) : «Seasonal succession of pollinator floral resources in four types of grasslands», *Ecosphere*, 6 (11), art.243.
- D'OTTAVIO P., FRANCONI M., TROZZO L., SEDI? E., BUDIMIR K., AVANZOLINI P. ... TODERI M. (2018) : «Trends and approaches in the analysis of ecosystem services provided by grazing systems: A review», *Grass and Forage Science*, 73 (1), 15-25.
- DURU M., CRUZ P., THEAU J.P. (2010) : «Évaluer la souplesse d'utilisation des prairies permanentes par la caractérisation de la composition fonctionnelle de la végétation et la phénologie des espèces», *Fourrages*, 201, 3-10.
- DURU M., THEROND O., MARTIN G., MARTIN-CLOUAIRE R., MAGNE M., JUSTES E. ... SARTHOU J.P. (2015a) : «How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services?: a review», *Agron. for Sust. Development*, 35 (4), 1259-1281.
- DURU M., THEAU J.P., MARTIN G. (2015b) : «A methodological framework to facilitate analysis of ecosystem services provided by grassland-based livestock systems», *Int. J. Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 1-17.
- DURU M., BASTIEN D., FROIMONT E., GRAULET B., GRUFFAT D. (2017) : «Importance des produits issus de bovins au pâturage sur les apports nutritionnels et la santé du consommateur», *Fourrages*, 230, 131-140.
- DURU M., PONTES L. DA S., SCHELLBERG J., THEAU J.P., THEROND O. (2018) : «Grassland functional diversity and management for enhancing ecosystem services and reducing environmental impacts: a cross-scale analysis», *Agro-ecosystem diversity. Reconciling contemporary agriculture and environment quality* (ed. G. Lemaire, P. Carvalho, S. Kronberg, S. Recous), Elsevier (in press).
- FAOSTAT (2011) : www.fao.org/faostat/en/
- FARRUGGIA A., POMIÈS D., COPPA M., FERLAY A., VERDIER-METZ I., LE MORVAN A. ... MARTIN B. (2014) : «Animal performances, pasture biodiversity and dairy product quality: How it works in contrasted mountain grazing systems», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 185, 231-244.
- FISHER B., TURNER R.K., MORLING P. (2009) : «Defining and classifying ecosystem services for decision making», *Ecological Economics*, 68 (3), 643-653.
- GREGORINI P., VILLALBA J.J., CHILIBROSTE P., PROVENZA F.D. (2017) : «Grazing management: setting the table, designing the menu and influencing the diner», *Animal Prod. Sci.*, 57, 1248-1268.
- GROLLEAU L., FALAISE D., MOREAU J.C., DELABY L., LUSSON J.M. (2014) : «Autonomie et productivité: évaluation en élevages de ruminants grâce à trois indicateurs complémentaires», *Fourrages*, 218, 125-131.

- HAMMOND K.J., HUMPHRIES D.J., WESTBURY D.B., THOMPSON A., CROMPTON L.A., KIRTON P. ... REYNOLDS C.K. (2014) : «The inclusion of forage mixtures in the diet of growing dairy heifers: Impacts on digestion, energy utilisation, and methane emissions», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 197, 88-95.
- HOLLAND J., BIANCHI F., ENTLING M.H., MOONEN A.C., SMITH B., JEANNERET P. (2016) : «Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: A review of European studies», *Pest Management Science*, 72 (9), 1638-1651.
- HOSTE H., TORRES-ACOSTA J.F.J., SANDOVAL-CASTRO C.A., MUELLER-HARVEY I., SOTIRAKI S., LOUVANDINI H. ... TERRILL T.H. (2015) : «Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock», *Veterinary Parasitology*, 212 (1-2), 5-17.
- KANDZIORA M., BURKHARD B., MÜLLER F. (2013) : «Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators - A theoretical matrix exercise», *Ecological Indicators*, 28, 54-78.
- LANORE L., GENOUD D., BLANCHETÈTE A., NOVAK S., FLEURANCE G., LOUBEYRE J.F., FARRUGGIA A. (2018) : «Les abeilles dans les prairies d'exploitations d'élevage aux environnements agricoles contrastés», *Fourrages*, 236, ?-?.
- LEMAIRE G., FRANZLUEBBERS A., DE FACCIO CARVALHO P.C., DEDIEU B. (2014) : «Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190, 4-8.
- LINDEMANN-MATTHIES P., JUNGE X., MATTHIES D. (2010) : «The influence of plant diversity on people's perception and aesthetic appreciation of grassland vegetation», *Biological Conservation*, 143 (1), 195-202.
- LUGNOT M., MARTIN G. (2013) : «Biodiversity provides ecosystem services: scientific results versus stakeholders' knowledge», *Regional Environmental Change*.
- LÜSCHER A., MUELLER-HARVEY I., SOUSSANA J.F., REES R.M., PEYRAUD J.L. (2014) : «Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review», *Grass and Forage Science*, 69 (2), 206-228.
- MEA, Millenium Ecosystem Assessment (2005) : www.millenniumassessment.org/fr/
- MORAINE M., DURU M., THEROND O. (2016) : «A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop-livestock systems from farm to territory levels», *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32, 1-14.
- NOZIÈRES M.O., MOULIN C., DEDIEU B. (2011) : «The herd, a source of flexibility for livestock farming systems faced with uncertainties?», *Animal*, (2010), 1-16.
- PIGHIN D., PAZOS A., CHAMORRO V., PASCHETTA F., CUNZOLO S., GODOY F. ... GRIGIONI G. (2016) : «A Contribution of Beef to Human Health?: A Review of the Role of the Animal Production Systems», *The Scientific World Journal*, 10 p.
- PROVENZA F.D., MEURET M., GREGORINI P. (2015) : «Our landscapes, our livestock, ourselves: Restoring broken linkages among plants, herbivores, and humans with diets that nourish and satiate», *Appetite*, 95, 500-519.
- RAWNSLEY R.P., CHAPMAN D.F., JACOBS J.L., GARCIA S.C., CALLOW M.N., EDWARDS G.R., PEMBLETON K.P. (2013) : «Complementary forages - integration at a whole-farm level», *Animal Prod. Sci.*, (53), 976-987.
- RECOUS S., CHABBI A., VERTES F., THIEBEAU P., CHENU C. (2015) : «Fertilité des sols et minéralisation de l'azote: sous l'influence des pratiques culturales, quels processus et interactions sont impliqués ?», *Fourrages*, 223, 189-196.
- RUSCH A., BOMMARCO R., JONSSON M., SMITH H.G., EKBOM B. (2013) : «Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale», *J. Applied Ecology*, 50 (2), 345-354.
- SERNA-CHAVEZ H.M., SCHULP C.J.E., VAN BODEGOM P.M., BOUTEN W., VERBURG P.H., DAVIDSON M.D. (2014) : «A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services», *Ecological Indicators*, 39, 24-33.
- SMITH G.W., DEBINSKI D.M., SCAVO N.A., LANGE C.J., DELANEY J.T., MORANZ R.A. ... TOTH A.L. (2016) : «Bee abundance and nutritional status in relation to grassland management practices in an agricultural landscape», *Environmental entomology*, 45 (2), 338-347.
- SMUKLER S.M.M., SÁNCHEZ-MORENO S., FONTE S.J.J., FERRIS H., KLONSKY K., O'GEEN A.T.T. ... JACKSON L.E.E. (2010) : «Biodiversity and multiple ecosystem functions in an organic farmscape», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139 (1-2), 80-97.
- SOUSSANA J.F., LEMAIRES G. (2014) : «Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190, 1, 9-17.
- THEROND O., TICHIT M., TIBI A. (coord.) et al. (2017) : *Volet «écosystèmes agricoles» de l'Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Écosystémiques*, Rapport d'étude, Inra, 966 p.
- TTSCHARNTKE T., KLEIN A.M., KRUESS A., STEFFAN-DEWENTER I., THIES C. (2005) : «Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management», *Ecology Letters*, 8 (8), 857-874.
- VAN DEN POL A., GOLINSKI P., HENNESSY D., HUYGHE C., PARENTE G., PEYRAUD J.L. (2014) : «Appreciation of grassland functions by European stakeholders», *Fourrages*, 218, 141-146.
- VAN DER LINDEN A., OOSTING S.J., VAN DE VEN G.W.J., DE BOER I.J.M., VAN ITERSUM M.K. (2015) : «A framework for quantitative analysis of livestock systems using theoretical concepts of production ecology», *Agricultural Systems*, 139, 100-109.
- VAN ITERSUM M.K., RABBINGE R. (1997) : «Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations», *Field Crops Res.*, 52, 197-208.
- WIESMEIER M., LÜTZOW M. VON, WOLLSCHLAEGER U., VOGEL H.J., GARCIA-FRANCO N., LIESS M. ... KOEGEL-KNABNER I. (2019) : «Soil organic carbon storage as a key function of soils - A review of drivers and indicators at various scales», *Geoderma*, 333, 149-162.
- ZHANG W., RICKETTS T.H., KREMEN C., CARNEY K., SWINTON S.M. (2007) : «Ecosystem services and dis-services to agriculture», *Ecological Economics*, 64 (2), 253-260.