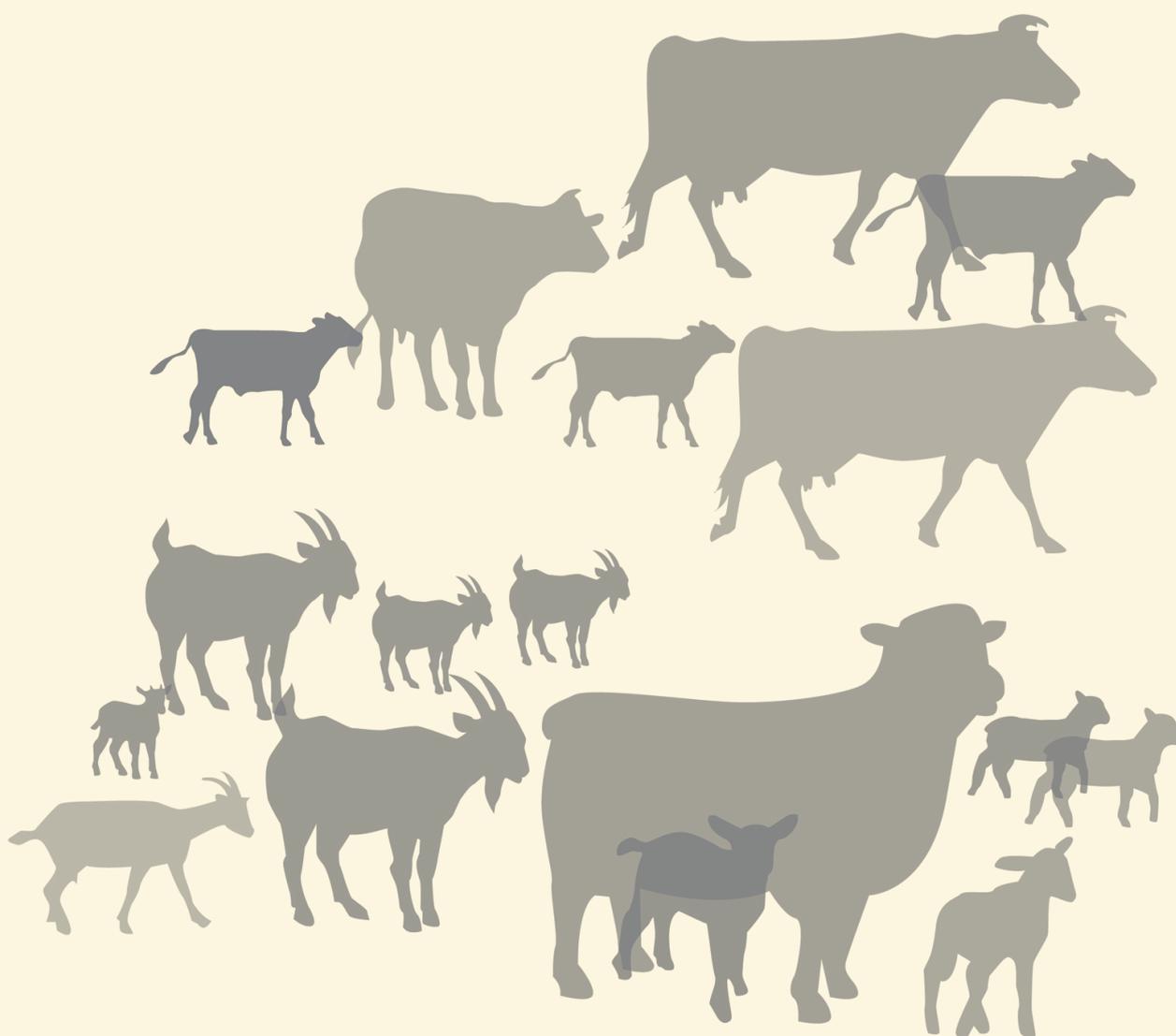


Relations entre élevage herbivore et biodiversité



Collection

Résultats

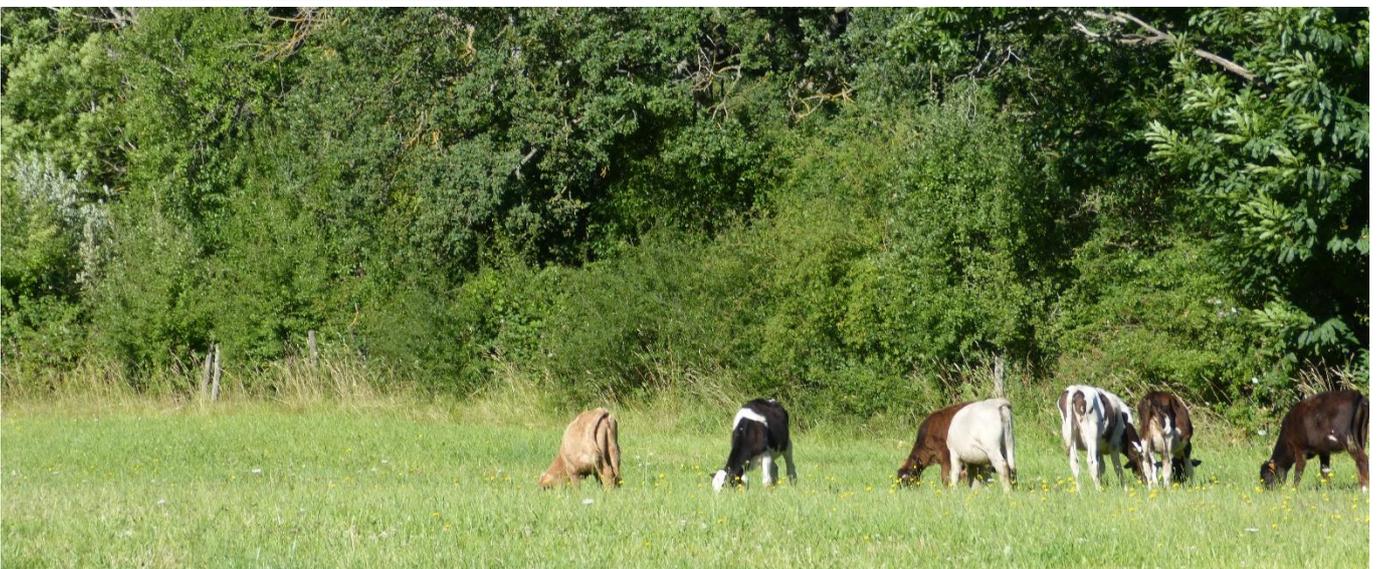
Responsable de la rédaction :

Noémie BATAILLE (Institut de l'Élevage)

Equipe de rédaction :

Vincent MANNEVILLE (Institut de l'Élevage), Jean CHAREF (CNIEL), Emma ANDRE (Interbev),
Jean-Baptiste DOLLE (Institut de l'Élevage), Jennifer HUET (CNIEL), Christelle DUCHENE
(Intebev)

Relations entre élevage herbivore et biodiversité



Auteurs :

BATAILLE Noémie

MANNEVILLE Vincent

Crédits photos : BATAILLE Noémie/Idele

Table des matières

Introduction : Pourquoi s'intéresser à la biodiversité ?	3
I. Effets positifs de l'élevage sur la structure des paysages	4
A. 12 millions d'UGB façonnent les paysages et leur hétérogénéité.....	4
1. Maintien d'un paysage diversifié.....	4
2. Les prairies, une source de biodiversité indispensable	4
B. La diversité des occupations des sols et les continuités paysagères dans les zones d'élevage stimulent la biodiversité	6
C. Maintien d'infrastructures agroécologiques (IAE) multifonctionnelles par l'élevage	7
1. Les éléments paysagers occupent une place déterminante dans les zones d'élevage	7
2. Maintien de zones d'habitat privilégié (lisières, prairies pâturées, haies bocagères, arbres isolés, prairies permanentes)	8
II. L'élevage, un atout indispensable pour la biodiversité des sols à toutes les échelles.....	9
A. Echelle enzymatique et des microorganismes du sol.....	10
1. Qu'est-ce que les microorganismes du sol ?.....	10
2. Apports de l'élevage à la vie du sol à l'échelle microscopique	11
B. Echelles microfaune et mésofaune	12
C. Echelle macrofaune (exemple des vers de terre)	13
1. En prairie permanente.....	14
2. Intégration de prairies temporaires dans les rotations et effets sur le sol.....	14
III. Autres avantages de l'élevage pour la biodiversité	14
A. Des pratiques favorables en système d'élevage : l'exemple du pâturage extensif.....	14
1. Maintien de la végétation naturelle (ou semi-naturelle)	14
2. Outil de gestion biologique des zones humides.....	15
B. Des bâtiments d'élevage riches en biodiversité (activité des chauves-souris).....	15
IV. Analyse de la réciprocité des services rendus	17
A. Les infrastructures agroécologiques, un incontournable pour l'élevage	17
1. Rôles multiples des haies	17
2. Intérêts des mares, ripisylves et fossés	18
B. La diversité biologique, un indispensable de l'élevage face au changement climatique	19
1. La diversité végétale au sein de l'assolement pour plus de résilience face aux aléas climatiques et aux conjectures économiques.....	19
2. Maintien d'une diversité génétique garantissant le champ des possibles pour l'élevage de demain	19
C. Limitation des intrants et favorisation des services écosystémiques.....	20
1. Insertion de prairies temporaires dans les rotations.....	20
2. Rupture des cycles biologiques des ravageurs et maladies et favorisation des auxiliaires de culture.....	21
3. Avantages de la polyculture élevage	21
Conclusion	22

Introduction : Pourquoi s'intéresser à la biodiversité ?

L'agriculture française a conduit par le passé à la mise en place d'écosystèmes agricoles diversifiés (Caquet et al., 2020; Le Roux et al., 2008). Néanmoins, des politiques publiques portées après la Seconde Guerre mondiale ont mené à des modifications importantes de l'agriculture, afin de répondre au besoin d'autonomie alimentaire de la France à cette époque. Si cet objectif d'augmentation de la production agricole a été atteint en quelques décennies, c'est au prix de nombreux changements : la **réduction des éléments naturels du paysage** pour faciliter le passage des machines agricoles, **l'augmentation de l'usage des intrants et des ressources** afin d'améliorer la productivité des cultures et enfin **l'homogénéisation temporelle et spatiale de l'occupation des sols** avec un usage majoritairement porté sur les variétés les plus productives (Boyer et al., 2022).

La simplification paysagère a réduit de moitié le linéaire de haies, passant de 1 244 110 km en 1975 à 605 000 km en 2000 (Pointereau, 2002). Or, la diminution de la quantité des éléments semi-naturels entraîne une augmentation du risque d'érosion de la biodiversité (Le Roux et al., 2008). Or la diversité des cultures et la présence d'infrastructures agroécologiques couplées à des parcelles de petite taille favorisent la biodiversité dans les milieux agricoles (Sirami et al., 2019). La fertilisation par les engrais minéraux azotés de synthèse (2,2 millions de tonnes par an) participe à la pollution des milieux aquatiques. Aussi, le prélèvement d'eau pour l'irrigation fragilise les nappes souterraines, les cours d'eau et les zones humides (Antoni et al., 2020). De plus, les impacts des produits phytosanitaires sur la biodiversité, et notamment sur les communautés d'insectes sont aujourd'hui attestés. Enfin, la favorisation de variétés plus productives a entraîné une diminution de la diversité génétique des variétés végétales utilisées (Goffaux et al., 2011).

Lors du sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992, la Convention sur la diversité biologique reconnaît pour la première fois l'importance de la conservation de la biodiversité pour l'ensemble de l'humanité (Office Français de la Biodiversité (OFB), 2022). Pourtant, la biodiversité, avec le sol, l'air et l'eau, est la base des processus vitaux et des services écosystémiques sur Terre. Elle est également une condition essentielle à la réussite de l'adaptation des êtres vivants aux changements des conditions environnementales et climatiques, et donc à leur survie sur le long terme (Graf et al., 2016).

De plus, la biodiversité est un élément essentiel à la résilience des territoires (Boyer et al., 2022). Le concept de résilience renvoie à des situations où l'exploitation agricole est mise en péril, et à sa capacité de rebond par un processus de réorganisation majeur. Dès lors, il est indispensable que les pratiques agricoles s'inscrivent dans une transition écologique forte, indispensable à la préservation de la biodiversité. Cette dernière est en effet essentielle pour l'équilibre des agroécosystèmes, et pour le maintien de fonctions écologiques indispensables à la fourniture de services de production agricole et de régulation du climat. Par exemple, la présence de zones non cultivées dans un milieu agricole a pour conséquences d'attirer les pollinisateurs sauvages. Ces derniers sont un moyen efficace pour maximiser les rendements des cultures (Nicholls and Altieri, 2012). Par exemple, les rendements de 84% des productions vivrières pourraient chuter de 25 à 32 % si la pollinisation par les insectes n'avait plus lieu (Zulian et al., 2013).

De plus, l'intensification est souvent associée à une production de nourriture plus élevée (un service d'approvisionnement), mais à de plus faibles services de régulation et biodiversité (qualité de l'eau, carbone des sols). Enfin, les systèmes d'élevage sont à considérer comme le moteur des synergies et des compromis entre biodiversité et services écosystémiques (FAO, 2020).

I. Effets positifs de l'élevage sur la structure des paysages

A. 12 millions d'UGB façonnent les paysages et leur hétérogénéité

1. Maintien d'un paysage diversifié

Des espaces, trop communément appelés zones de handicaps naturels (altitude, forte pente, forte humidité, ...) car difficilement mécanisables et cultivables, ont été délaissés par l'agriculture productiviste. Par conséquent cet abandon a mené à leur afforestation voire à l'installation spontanée de milieux arborescents ou forestiers. L'élevage, en occupant ces terres et en les entretenant, **évite l'uniformisation des paysages** (Floch et al., 2005).

En effet, dans une zone abandonnée par l'activité agricole, la forêt revient en quelques années seulement et ce changement est définitif après quelques décennies (Figure 1). Or le reboisement consécutif à l'abandon agricole n'offre pas d'habitat équivalent aux forêts anciennes ; il n'aura donc pas l'effet positif escompté sur les espèces forestières, et ne devrait pas non plus profiter aux espèces vivant dans les milieux ouverts ou semi-ouverts (prairies, garrigues, pelouses sèches, ...) (Rigal et al., 2023). De plus, les milieux fermés ne conviennent pas à certaines espèces de chiroptères. Par exemple, une étude montre que « le groupe Grand murin/Petit murin ne chasse jamais dans les milieux fermés » (Lustrat, 2001).



Figure 1 : La fermeture paysagère des versants à Fréland (Haut-Rhin). A gauche, une carte postale du XIXème siècle (archive départementale du Bas-Rhin) et à droite une photographie de 2012. Source : Atlas des paysages d'Alsace.

Les herbivores sont reconnus comme essentiels pour la préservation du paysage (bocage en Bretagne, maîtrise de l'afforestation en Chartreuse) (Disenhaus et al., 2011). Même dans l'Histoire, des études montrent que les écosystèmes naturels au sens strict dans l'Europe tempérée étaient de type semi-ouverts, entretenus par des troupeaux d'herbivores sauvages (bovins et équins) et non une « grande forêt primaire » si souvent mentionnée. Pour affirmer cela, une étude (Lecomte and Le Neveu, 1986) s'appuie sur des arguments botaniques, palynologiques, paléontologiques et d'homothétie écologique, étudiés dans les plaines, plateaux et vallées à des périodes climatiques comparables à la nôtre.

2. Les prairies, une source de biodiversité indispensable

Les prairies, de même que les jachères dans une certaine mesure, sont des milieux essentiels pour de nombreuses espèces. En effet, elles sont le support de la reproduction mais aussi une ressource pour la chaîne alimentaire des espèces. L'abondance et la distribution des proies varient selon la nature des milieux considérés (Bretagnolle et al., 2012). L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) considère comme un enjeu principal le maintien d'une certaine proportion de prairies dans le paysage au vu de la biodiversité qu'elles abritent, en opposition aux surfaces de maïs à forte productivité pour l'alimentation du bétail (UICN, 2020). De plus, 29% du réseau Natura 2000 concerne des prairies et des landes, entretenues par l'élevage (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2022). L'intérêt de la prairie pour la biodiversité réside dans sa fonction de support pour les espèces vivants dans les milieux ouverts herbacés. On peut par exemple citer les oiseaux qui nichent et s'alimentent sur les surfaces en herbe, l'entomofaune qui y trouve de la nourriture et un lieu de reproduction, ou encore les chiroptères et espèces vivant dans les milieux bocagers qui viennent trouver des insectes (leur source de nourriture) dans ces surfaces herbacées.

Une étude a mis en évidence une corrélation positive entre la proportion de luzerne dans le paysage et le nombre d'Outardes canepetières (*Tetrax tetrax*) (Bretagnolle et al., 2012). Il s'agit du plus gros oiseau nicheur des

plaines française. C'est une espèce patrimoniale et emblématique protégée en France depuis 1972 (classée « en danger »), ainsi qu'au niveau européen (classée « vulnérable »). C'est donc une espèce à forts enjeux de conservation. De façon générale, les prairies (même temporaires) subissent moins de perturbation par les actions humaines, et sont donc des lieux de reproduction de nombreux insectes (comme le carabe) dont se nourrit l'Outarde canepetière. Les prairies jouent un rôle de réservoir pour ces insectes. Ils recolonisent ainsi plus facilement les bordures des champs de culture, après la destruction de leur habitat et le travail du sol (Rand et al., 2006).

Mais ces prairies fertilisées qui subissent un changement rapide de hauteur d'herbe affectent la disponibilité des sites de reproduction des oiseaux. En effet, les exigences écologiques vis-à-vis de la hauteur du couvert végétal varient selon les espèces. La variation du couvert induit également une réduction de l'abondance et de l'accessibilité des invertébrés qui sont une source de nourriture des oiseaux. Une diminution de la diversité végétale va, elle, entraîner une diminution de la disponibilité des graines pour les oiseaux granivores. Comme montré sur la figure 2, la richesse spécifique des plantes et des oiseaux sont négativement associées à l'utilisation de fertilisant (Billeter et al., 2008; Klimek et al., 2007)

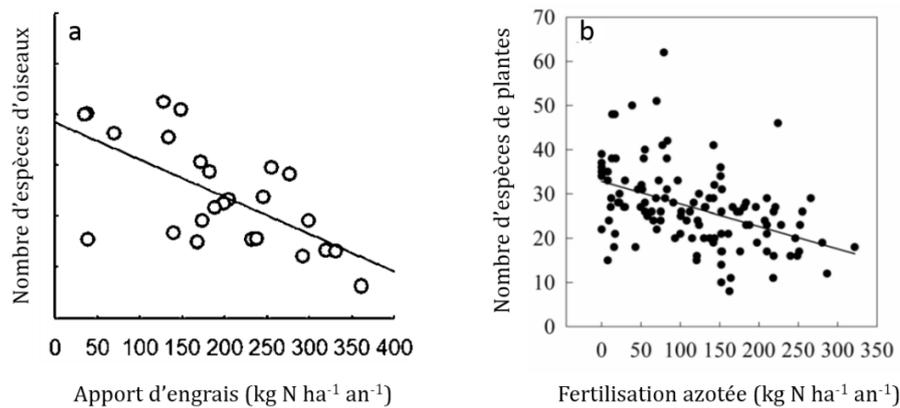


Figure 2 : Relation entre le nombre d'espèces et la fertilisation azotée, a) cas des oiseaux (Billeter et al., 2008); b) cas des plantes (Klimek et al., 2007).

Enfin, les **oiseaux** montrent des réponses au pâturage variées selon les espèces considérées, cependant un chargement animal trop élevé est néfaste à la diversité des oiseaux (Figure 3). Les oiseaux nicheurs seront sensibles au piétinement des nids et des couvées réalisés dans les prairies, alors que les oiseaux granivores seront eux sensibles à la disponibilité des graines, dépendante de l'intensité du pâturage au sein de la prairie.

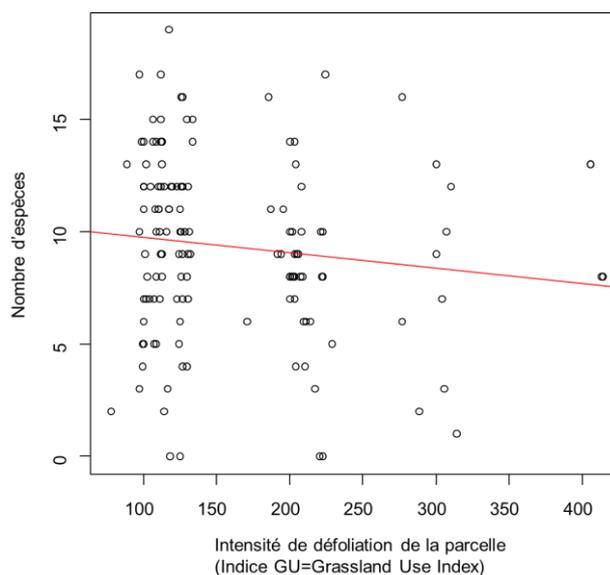


Figure 3 : Relation entre le nombre d'espèces d'oiseaux et l'intensité de défoliation de la parcelle (n=139 parcelles, Source cas dar INDIBIO 2010-2013).

B. La diversité des occupations des sols et les continuités paysagères dans les zones d'élevage stimulent la biodiversité

Pour ce qui est des aspects paysagers, tous les élevages s'appuient sur une mosaïque de milieux qu'ils ont plus ou moins construits (Guillaumin et al., 2008) : prés « reconquis » sur la friche, parcours débroussaillés, châtaigneraies en partie éclaircies, landes, pelouses d'altitude, etc. Cette diversité de milieux est souvent à l'origine d'un paysage intéressant pour la biodiversité. Le « paysage agricole » est l'ensemble des parcelles et des milieux semi-naturels d'une ou plusieurs exploitations (Sirami and Midler, 2021). Le déclin de la biodiversité au sein de ces paysages menace la réalisation des services écosystémiques. Ces derniers présentent des avantages pour la société (qualité de l'eau, ...) et pour les agriculteurs (pollinisation, contrôle biologique des ravageurs des cultures etc., ...).

Les vastes parcelles (de monocultures généralement) présentent des pratiques qui affectent la diversité des paysages agricoles, en réduisant les habitats non-cultivés qui fournissent des ressources florales et des sites de nidification pour les pollinisateurs sauvages à proximité des surfaces cultivées (Belfrage et al., 2005; Perennes et al., 2021). De nombreuses recherches montrent que les champs cultivés entourés d'autres monocultures ont significativement moins d'abeilles que les cultures entourées par des terres non cultivées, et le nombre de bourdons dans les cultures augmente avec la proximité d'habitats naturels (Öckinger and Smith, 2007). La conversion d'une surface en culture a pour résultat une perte nette de végétation sauvage pour maintenir les pollinisateurs, ce qui réduit les sites de nidification et mène à des micro-habitats moins diversifiés pour la ponte et le développement larvaire (New, 2005).

Une matrice paysagère diversifiée contient plus d'espèces qu'un seul patch de milieu considéré comme « naturel ». Certaines espèces utilisent partiellement, temporairement ou exclusivement les espaces cultivés, d'autres s'y adaptent au fil des générations (Sirami and Midler, 2021). Les zones cultivées ne sont donc pas une matrice hostile à la biodiversité mais une mosaïque d'écosystèmes. Plus généralement, la cohabitation d'ateliers d'élevage et de cultures augmente la diversité cultivée, du fait de la part importante des prairies temporaires et des cultures liées à l'alimentation animale dans l'assolement.

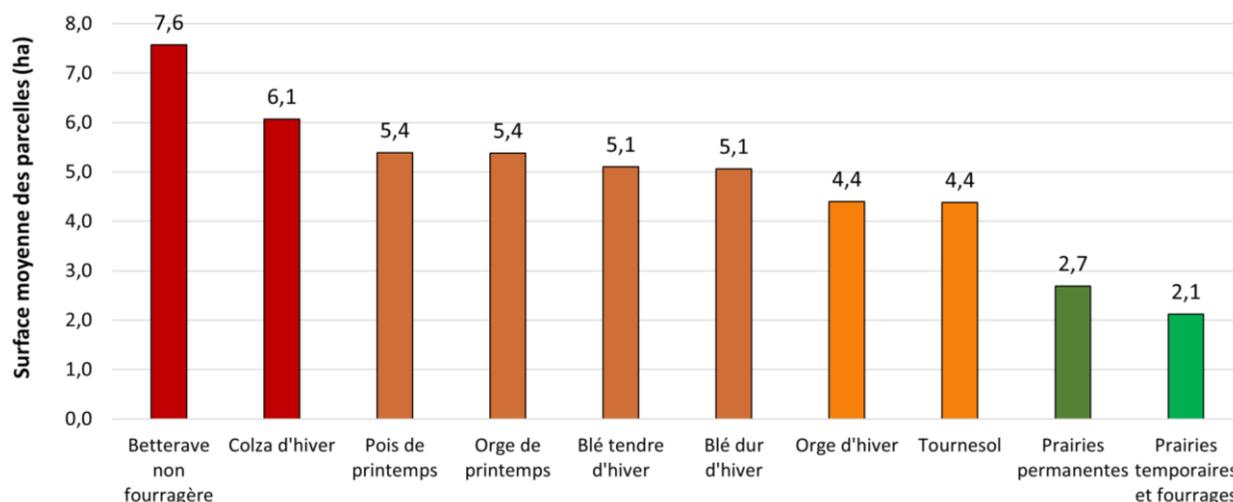


Figure 4 : Surface moyenne des parcelles (ha) selon le type d'assolement (graphe auteur adapté de (Sirami and Midler, 2021))

Par ailleurs, l'élevage maintient des parcelles de plus petite taille que les systèmes de culture (Figure 4). Or une étude menée au Canada montre qu'une réduction de la taille des parcelles a un effet positif sur la diversité et l'abondance des oiseaux, des plantes, des papillons, des syrphes, des abeilles, des carabes et des araignées dans les milieux agricoles (Fahrig et al., 2015). Une autre étude plus récente confirme ces résultats et montre qu'augmenter l'hétérogénéité de la matrice des cultures est aussi favorable à la biodiversité qu'augmenter la proportion de milieux semi-naturels (Sirami et al., 2019). Ainsi, la réduction de la surface moyenne des parcelles de 5 ha à 2,8 ha augmenterait autant la diversité de certaines famille et certains taxons (oiseaux, arthropodes, chauves-souris, plantes) que lorsque la proportion de milieux semi-naturels passe de 0,5 % à 11 % (Sirami and Midler, 2021). De plus, l'élevage maintient des parcelles de forme géométrique complexe. Or, on trouve une richesse spécifique de la flore plus importante dans ce type de parcelles (Manneville et al., 2016).

L'importance de cette matrice paysagère est par ailleurs très développée dans la méthode BIOTEX (Manneville et al., 2014). Cette méthode d'évaluation des effets des pratiques d'élevage herbivore sur la biodiversité ordinaire prend en compte différents enjeux des relations élevage-biodiversité. Par exemple, une diversité et une équité

des types de culture dans l'assolement apporte des sources d'alimentation plus variées aux insectes pollinisateurs. Autrement dit, une plus grande diversité de couverts végétaux amène une plus grande diversité d'espèces animales inféodées à ces types de cultures (ce résultat est également mentionné dans un autre rapport (Sirami and Midler, 2021)). L'accent est également mis sur la densité et la connectivité des infrastructures agroécologiques. En effet, plus il y a d'IAE connectées dans le territoire, plus il y a d'habitats potentiels pour la faune et la flore sauvages. Par ailleurs, la connectivité entre les habitats est importante pour le développement de l'entomofaune.

La fragmentation des habitats implique une perte d'habitat, des patches de taille réduite et une augmentation de la distance entre ces patches (Andrén, 1994). Les espèces généralistes peuvent survivre dans des paysages avec de très petits patches d'habitats car elles utilisent aussi les ressources aux alentours. Les espèces spécialistes ne peuvent pour leur part pas s'adapter, elles sont donc menacées par cette fragmentation. La diversité totale des espèces dans les habitats d'un paysage donné peut augmenter lorsque de nouveaux patches d'habitats sont créés en continuité. Par ailleurs, une étude (Fahrig, 1998) a montré que l'habitat le moins fragmenté a la survie de population la plus longue. Une étude sur les populations d'oiseaux des bois (Schippers et al., 2008) montre qu'avec la même capacité d'hébergements les métapopulations donnent des résultats aussi voire plus satisfaisants dans des paysages de type hétérogène (mélange d'éléments linéaires larges et compacts). En effet, ces petits éléments linéaires sont capables d'arrêter et de diriger la dispersion des animaux, ce qui mène à une connectivité plus élevée entre les parcelles, et donc à une survie plus forte des métapopulations.

C. Maintien d'infrastructures agroécologiques (IAE) multifonctionnelles par l'élevage

1. Les éléments paysagers occupent une place déterminante dans les zones d'élevage

Les haies se répartissent de manière quasi-équivalente entre terres labourables et prairies, alors que les autres éléments agroécologiques (ripisylves, cours d'eau, mares, bosquets, ...) sont en majorité localisés sur les prairies permanentes. Ces dernières, valorisées par les troupeaux, constituent donc une assurance contre la simplification du paysage. C'est ce que montre l'étude « élevage bovin et biodiversité en Basse-Normandie » réalisée en 2012-2013 par l'Institut de l'élevage et la Chambre d'Agriculture de Normandie (Gain, 2013). Le graphique ci-dessous illustre ce résultat.

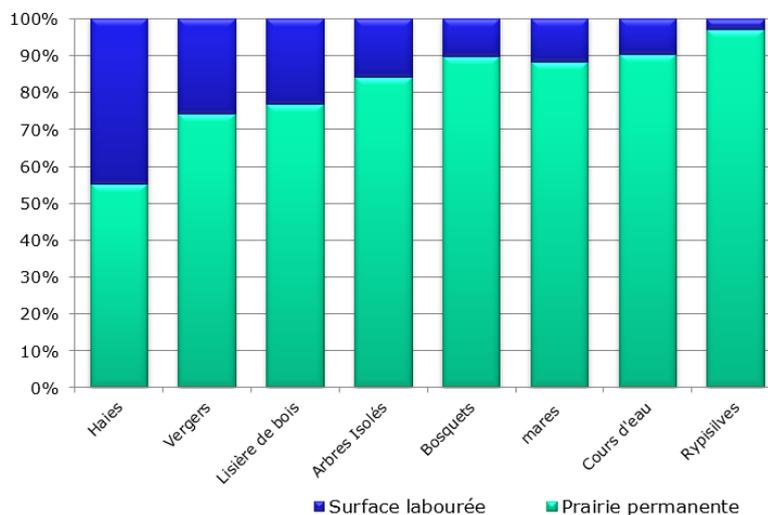


Figure 5 : Graphique représentant la répartition des différents types d'éléments agroécologiques sur les surfaces agricoles des fermes de l'échantillon, en fonction de l'utilisation de la surface (surface labourée ou prairie permanente)

La notion de corridors biologiques et le maintien d'espaces naturels au sein des espaces cultivés constituent des principes clefs de l'écologie du paysage et de l'agroécologie (Pointereau et al., 2007). Les éléments paysagers ou infrastructures agroécologiques (IAE) sont des milieux non agricoles présents au sein de la matrice agricole. Ce sont des habitats potentiels pour la biodiversité ordinaire (et/ou remarquables). Ils regroupent les haies, bosquets, lisières de forêts, mares, talus, jachères, murs de pierre, ripisylves, cours d'eau, fossés, mais aussi les cultures pérennes non labourées telles que les vergers ou les prairies permanentes utilisées de façon peu intenses. Ces IAE participent activement à la préservation de la biodiversité et participent à la connectivité des milieux en permettant la circulation des espèces et le brassage génétique (Sarhou, 2016). Ainsi, des études ont démontré qu'augmenter la quantité de milieux semi-naturels dans les paysages agricoles (proportion de surfaces boisées, longueur de haies, ...) accroît le nombre d'espèces dans les paysages agricoles (Batary et al., 2010).

2. Maintien de zones d'habitat privilégié (lisières, prairies pâturées, haies bocagères, arbres isolés, prairies permanentes)

Le maintien des espaces agricoles dans le paysage engendre la préservation de zones de transition entre milieu « naturel » (forêt par exemple) et milieu « anthropisé ». Ces zones de transition, à l'interface entre ces deux milieux, offrent une diversité floristique plus importante que dans chaque milieu pris séparément. Elles sont indispensables à certaines espèces animales, qui trouvent dans ces zones propices à leur cycle de vie des habitats fournissant nourriture, protection, chasse pour les espèces en haut de la chaîne trophique, etc. Par exemple, en Pologne, la Noctule commune (espèce de Chiroptère) a été localisée essentiellement le long des rivières, en lisière de forêt et de prairies, et dans les petits villages, et note peu d'activité en forêt (Rachwald, 1992). En Lorraine Belge, des Sérotines communes ont été pistées et observées en train de chasser principalement en lisière forestière et au-dessus de prairies (Kervyn et al., 1997). Le Murin à moustaches chasse peu en forêt, et uniquement sur les allées forestières ou en lisière de milieu humide (Lustrat, 2001).

Par ailleurs, ces zones de lisières sont particulièrement riches du point de vue de la flore présente (Figure 6) (Office national des forêts, 2020).

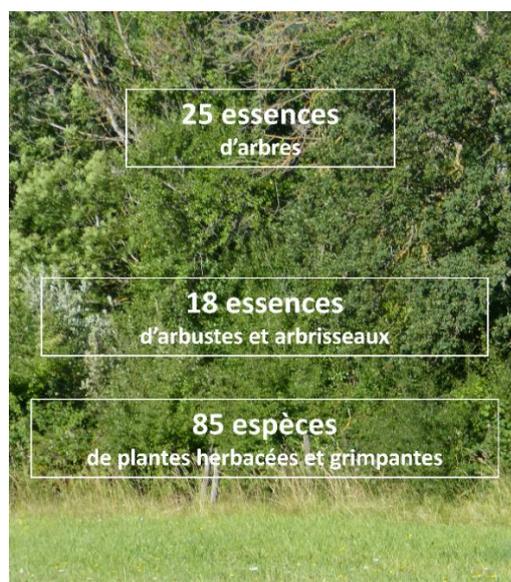


Figure 6 : diversité végétale au sein d'une lisière de forêt (source : auteur adapté de (ONF, 2020)).

Les zones d'élevage extensif (et notamment les prairies pâturées) sont une manne d'insectes coprophages, qui sont à la base de l'alimentation d'autres espèces situées plus haut dans la chaîne trophique. C'est le cas par exemple du Grand Rhinolophe (espèce appartenant au taxon des Chiroptères) (Arthur and Lemaire, 2015). Une autre étude (Downs and Sanderson, 2010) montre que la concentration en chauve-souris est encore plus importante lorsque le bétail est dans les parcelles. C'est donc aussi la présence des animaux qui attire les chiroptères, pas uniquement la présence de prairies ayant été pâturées.

Les fermes d'élevage sont plus susceptibles de conserver des haies locales que les fermes céréalières. Or, une étude réalisée dans des fermes laitières de Nouvelle-Zélande (Fukuda et al., 2011) montre que les haies brise-vents faites d'essences locales hébergent une plus grande richesse d'espèces locales d'araignées et de scarabées que celles faites d'essences exotiques. De plus, la structure bocagère des haies en mailles constitue pour la faune de véritables corridors, notamment entre les bosquets. La haie constitue un mélange d'espèces de prairies, d'espèces champêtres et sylvicoles, et la faune qu'elle abrite est d'autant plus nombreuse que la haie est pluristratifiée (Juteau, 1994). Plus généralement, les éléments verticaux du paysage comme les haies regroupent les insectes et constituent des routes de vol et des terrains de chasse importants pour les chauves-souris (Wolcott and Vulinec, 2012). En effet, les chauves-souris se déplacent le long de ces éléments lorsqu'elles chassent pour distinguer les échos transmis par les proies des échos du paysage (Kalko and Schnitzler, 1993). Les haies sont également des éléments essentiels aux chauves-souris pour la protection contre les vents forts et contre les prédateurs (Henigfeld, 2014). Plus une haie sera hétérogène (présence de différents étages, d'herbe, de plusieurs rangs, ...), plus elle créera d'habitats différents. De même, plus elle sera large, plus sa richesse biologique sera élevée (Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023a).

Dans les prairies, les éleveurs sont plus enclins à conserver des arbres isolés qu'en cultures. Les vieux arbres des régions de bocage représentent aujourd'hui les derniers refuges d'une espèce d'insecte : le Pique-prune (LPO, 2022). Ce scarabée, protégé au niveau européen, vit dans les cavités des arbres partiellement remplies d'un volume important de terreau en décomposition. Ce milieu lui est nécessaire pour que sa larve ait de quoi se nourrir pendant les 2 à 4 ans que dure son développement. Les arbres isolés constituent des perchoirs bien utiles pour de nombreuses espèces d'oiseaux, qui profitent de leur présence pour faire une halte temporaire ou pour s'installer durablement (et y construire un nid si besoin). Les pics (le Pic vert par exemple), perforent leurs loges dans des arbres isolés. Ces perforations seront plus tard occupées par des chauves-souris, des huppes mais aussi des abeilles et des coléoptères devenus rares ailleurs (LPO, 2022).

L'élevage entretient des surfaces de prairies permanentes. Subissant peu de perturbations, ces parcelles sont propices à héberger diverses espèces animales lors des étapes charnières de leur cycle de vie (reproduction, mis bas, début de croissance et apprentissage, ...). À l'image des infrastructures agroécologiques (IAE), elles favorisent une faune et une flore diversifiées et abondantes, qui attirent à leur tour les pollinisateurs et les auxiliaires des cultures (OFB, 2021). La présence de prairies de longue durée à proximité des cultures atténue fortement le déclin de la biodiversité, et ces surfaces agissent comme des zones refuges d'où les espèces peuvent recoloniser et essaimer (Gross et al., 2020). Restaurer et sanctuariser les prairies permanentes, autrefois bien plus présentes dans les régions agricoles, apparaît comme une priorité pour éviter de payer une dette écologique qui affecterait profondément le fonctionnement des agroécosystèmes.

Certains systèmes d'élevage valorisent des prairies naturelles par la fauche ou le pâturage. Ce sont des surfaces en herbe qui présentent une grande diversité floristique et qui n'ont pas connu de perturbations depuis de nombreuses années (Lépolard et al., 2020). D'un point de vue botanique, c'est un concentré de toute la végétation qui peut pousser en bordure des bois. Leur caractère peu intensif permet la préservation de la biodiversité sur ces surfaces. Les espèces végétales présentes dans ces prairies ne sont pas mures au même moment, ce qui permet une certaine adaptabilité aux conditions météorologiques : par exemple il est possible d'attendre quelques jours voire quelques semaines pour faucher sans perdre de rendement, ce qui n'est pas le cas avec des prairies temporaires contenant peu d'espèces.

II. L'élevage, un atout indispensable pour la biodiversité des sols à toutes les échelles

Les sols cultivés sont formés de minéraux et de matières organiques, comme décrit dans la figure 7 ci-dessous (Calvet et al., 2011). Le sol est un des plus grands réservoirs de biodiversité de la planète. Cependant, cette biodiversité des sols reste encore mal connue. Par exemple, on estime la richesse spécifique des procaryotes (bactéries et archées) entre 100 et 9000 dans un centimètre de sol (Torsvik et al., 2002) et entre quelques millions et un milliard au niveau mondial. Cela dit, seul 1% des bactéries du sol étant cultivables en laboratoires, ces estimations se basent seulement sur des données moléculaires. Les champignons, des microorganismes eucaryotes, représentent environ 100 000 espèces décrites aujourd'hui, et on estime qu'il existe entre 1 et 5 millions d'espèces dans le monde (Hättenschwiler et al., 2018). Les autres groupes d'organismes ont généralement un plus faible nombre d'espèces, mais pas forcément une plus faible abondance. En effet, les nématodes et différents groupes d'organismes unicellulaires eucaryotes peuvent être particulièrement abondants (Bardgett and van der Putten, 2014).

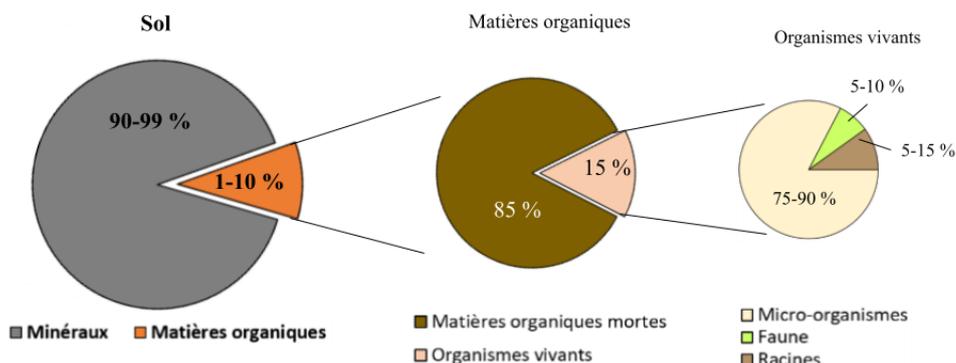


Figure 7 : Proportions approximatives en masse des constituants organiques dans les sols cultivés (source : (Van-Camp et al., 2004)).

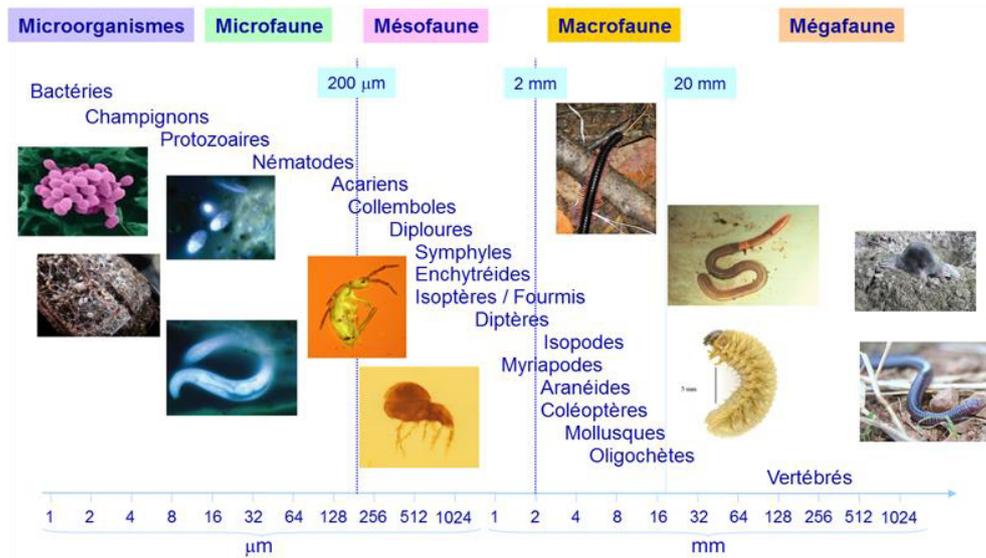


Figure 8 : Classification des organismes du sol selon leur taille modifié d'après Swift et al. (1979). Image issue des cours en ligne de Montpellier SupAgro.

La classification basée sur la taille des organismes est largement utilisée depuis les années 80 (voir Figure 8 ci-dessus). Les apports de résidus végétaux au sol, leur quantité, qualité et distribution dans le temps sont des facteurs clés pour comprendre le rôle de la biodiversité du sol dans le fonctionnement de l'écosystème (Hättenschwiler et al., 2018).

L'élevage valorise des prairies et il est reconnu que les sols de prairies ont généralement un niveau plus élevé de biodiversité des sols que ceux des terres arables (Jeffery et al., 2013). On estime à environ 100 tonnes par hectare la biomasse vivante sous la surface des prairies tempérées, composée de bactéries, de champignons, de vers de terre, de microarthropodes et de larves d'insectes.

A. Echelle enzymatique et des microorganismes du sol

1. Qu'est-ce que les microorganismes du sol ?

Les micro-organismes du sol sont extrêmement abondants et d'une grande diversité taxonomique et fonctionnelle. On trouve dans ce groupe les bactéries, les champignons, les microalgues, les archées et les protistes (Bertrand et al., 2011). Le fonctionnement biologique des sols est fortement lié à l'activité microbienne, ce qui confère à ces micro-organismes un rôle majeur dans de nombreuses fonctions du sol.

Les bactéries sont les microorganismes du sol les plus nombreux et les plus diversifiés (Karimi et al., 2018), que ce soit par leur forme, leur taille ou leur type (Protéobactéries, Acidobactéries, Actinobactéries, ...). On estime qu'un gramme de sol renferme environ un milliard de bactéries et entre 2000 et 10 000 espèces bactériennes différentes selon l'état de santé du sol (Roesch et al., 2007). Elles jouent un rôle clé dans le recyclage des nutriments, le développement (symbioses) ou encore la structuration du sol, mais aussi dans la régulation des maladies et dans la dépollution des sols contaminés. Leur fonction de minéralisation est particulièrement indispensable pour le bon fonctionnement du sol (Gobat et al., 2010). Elles sont ainsi à la base de la régulation des principaux cycles biogéochimiques des sols (carbone, azote, phosphore, soufre...).

Les champignons sont communément classés en deux groupes : les levures, unicellulaires, et les champignons, pluricellulaires, qui forment des ramifications appelées hyphes. Ces filaments constituent une biomasse très importante (plusieurs tonnes par hectare) et aussi un réseau impressionnant circulant à travers le sol sur de longues distances : un mètre carré de sol de prairie ou de forêt contient plusieurs kilomètres d'hyphes (Vincent et al., 2022).

Les champignons peuvent être classés selon leur mode d'alimentation dans le sol : saprophyte, mycorhizien, endophyte et pathogène. Les saprophytes (environ 44% de la communauté fongique) se nourrissent de MO mortes, déjà plus ou moins décomposées ou dégradées par d'autres organismes. Les champignons mycorhiziens forment des associations symbiotiques avec les racines des plantes (avec 80 à 90% des espèces végétales). Ils apportent de nombreux avantages à la plante avec laquelle ils sont en symbiose (voir Figure 9).

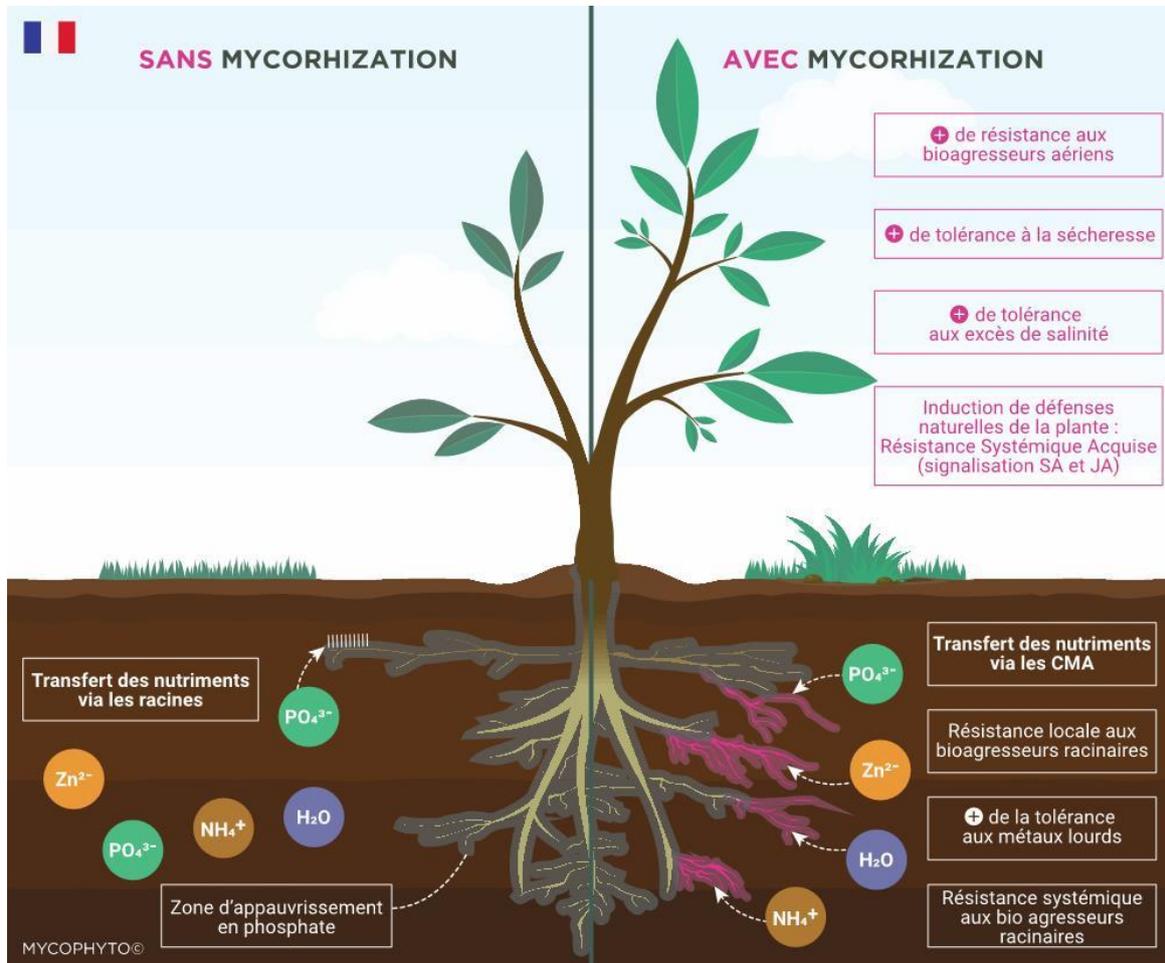


Figure 9 : Schématisation des effets de la mycorhization sur le développement des plantes (MYCOPHYTO, 2021)

Enfin, les champignons endophytes (racinaires) colonisent des structures internes d'une plante de manière asymptomatique. Ces champignons phytopathogènes du sol peuvent infecter les racines, ou s'introduire dans ses systèmes vasculaires et coloniser l'ensemble de l'organisme en remontant les vaisseaux, même s'ils s'attaquent surtout aux parties aériennes (Vincent et al., 2022).

2. Apports de l'élevage à la vie du sol à l'échelle microscopique

Comparés aux sols de cultures annuelles, les sols de prairies permanentes obtiennent des activités significativement plus élevées des enzymes impliquées dans la décomposition et la minéralisation de la matière organique des sols (MOS), comme les phosphatases, β -glucosidases, protéases et arylsulfatases. De plus, la teneur en matières organiques des sols (MOS) est également plus élevée en prairies permanentes (Petitjean et al., 2019).

Une étude (Barber et al., 2017) a cherché à évaluer l'effet de la restauration de prairies sur les communautés du sol en comparaison avec des champs agricoles et à des prairies locales présentes depuis plus de 30 ans. Plus concrètement, des surfaces ont été converties en prairies de graminées hautes pendant environ 30 ans, et les communautés bactériennes et d'archées ont été interprétées sur des surfaces de prairies âgées de 1 à 27 ans. Il a été démontré que les communautés bactériennes étaient distinctes entre les prairies nouvellement restaurées et les prairies restaurées il y a plus longtemps. La composition de ces communautés tend avec les années vers celles trouvées dans les prairies locales présentes depuis très longtemps. On en déduit donc que la restauration d'une prairie permet d'enrichir année après année les sols.

Par ailleurs, les apports de fumier bovin ont un effet positif significatif sur les MOS, sur la biomasse microbienne et sur l'activité enzymatique impliquées dans la décomposition et la minéralisation des MOS (telles que les protéases, arginine aminopeptidases, leucine aminopeptidases, arylsulfatases, β -glucosidases et acide phosphatases) (Petitjean et al., 2019). Dans cette étude menée par Caroline Petitjean *et al.*, on observe également une tendance à l'augmentation de la biomasse microbienne de 28 % (parcelles ayant reçu uniquement des apports de fumier) et de 50 % (parcelles ayant reçu des apports de fumier + N minéral) en comparaison avec les parcelles ayant reçu uniquement des apports d'azote minéral (Figure 10).

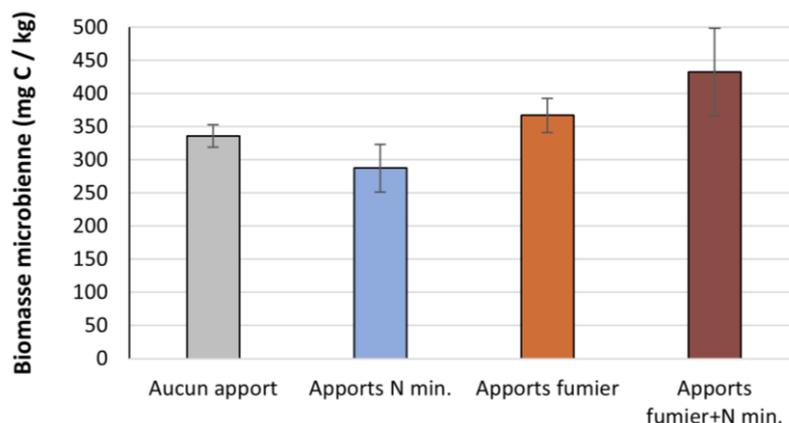


Figure 10 : Augmentation de la biomasse microbienne dans les sols du SOERE PRO de Colmar avec l'ajout d'azote minéral et de fumier (source auteur adapté de (Petitjean et al., 2019))

Ainsi, des pratiques comme l'apport d'effluents d'élevage ou l'intégration de prairies temporaires dans une rotation peuvent renforcer la capacité du sol à fournir des éléments minéraux utilisables par les plantes. Ces résultats corroborent avec la méta-analyse réalisée par Kallenbach et Grandy en 2011, qui met en évidence une augmentation moyenne de 36% de la biomasse microbienne suite à des apports d'effluents d'élevage, avec des réponses dépendant des quantités et de la nature des effluents d'élevage mais également des conditions pédoclimatiques (notamment le pH du sol) (Kallenbach and Grandy, 2011). Les apports d'effluents d'élevage fournissent au sol une grande diversité de substrats organiques labiles qui sont susceptibles d'augmenter la biomasse microbienne et les activités des enzymes issues de ces microorganismes.

B. Echelles microfaune et mésofaune

La microfaune est constituée d'individus de taille en général inférieure à 200µm (donc invisibles à l'œil nu) qui peuvent vivre dans la porosité capillaire du sol. Les rotifères et les tardigrades font partie de la microfaune du sol, mais ce sont surtout les protozoaires et nématodes qui constituent l'essentiel de cette microfaune (Vincent et al., 2022). On trouve entre 100 et 1 000 millions de protozoaires au mètre carré. Ceux-ci, de même que les nématodes, vivent dans le film d'eau entourant les particules du sol (Orgiazzi et al., 2016). Les nématodes sont classés en 5 groupes : les bactérivores, les fongivores, les omnivores (se nourrissent de bactéries et champignons), les phytoparasites (parasites des plantes) et les prédateurs (se nourrissent d'autres animaux). Ils jouent un rôle clé dans la minéralisation et la décomposition des matières organiques et dans la régulation des communautés microbiennes.

La mésofaune (ou microarthropodes ou encore méso-invertébrés) est constituée d'animaux ayant une taille entre 0,2 à 4 mm environ. Les collembolés et les acariens sont les deux principaux représentants de ce groupe. Les protoures, diploures, thysanoures, les enchytréides, et les myriapodes symphiles, font également partie de la mésofaune mais leur abondance est bien plus faible. Les collembolés sont les plus abondants : jusqu'à 200 000 individus par m² dans les sols bruns non cultivés des régions tempérées et environ 8000 espèces connues dont plus de 2000 en Europe (Vincent et al., 2022). Ce sont essentiellement des décomposeurs, qui se nourrissent d'hyphes et de matières organiques. On les trouve donc majoritairement dans le sol et les litières (bois morts et feuilles), où ils brassent la MO. Les acariens colonisent de nombreux habitats riches en MO (tourbe, bois en décomposition, ...). Comme les collembolés, la plupart des acariens contribuent à fragmenter la matière organique en produisant des boulettes fécales et régulent ainsi, de façon indirecte, les communautés microbiennes.

Le nombre et la diversité des populations de microarthropodes (collembolés et acariens) sont réduits dans une parcelle en culture par rapport à ceux observés sur une parcelle en prairie (Jeffery et al., 2013). Le programme RMQS Bio-Div (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols) du Gis Sol est un des programmes de recherches sur la biodiversité des sols ayant cherché à créer des références de qualité des sols et à définir les relations possibles entre les paramètres définissant la qualité d'un sol, son usage, ses modes de gestion et sa biodiversité (GIS Sol et al., 2010). Les chercheurs ont démontré l'influence de l'usage des sols sur leurs niveaux de biodiversité (Figure 11). On voit sur ce graphique qu'en prairie, le nombre d'individus est toujours supérieur (ou égal) au nombre d'individus sur les surfaces en culture, quelle que soit l'échelle des organismes vivants. De plus, les fumiers animaux augmentent fortement les populations de Collembolés (Thome and Desière, 1975)

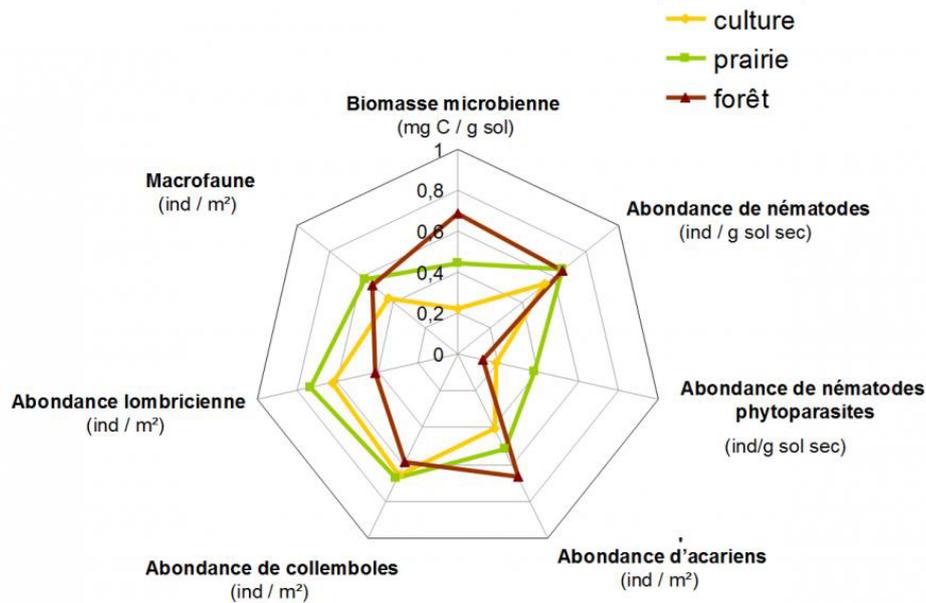


Figure 11 : Mesure des indicateurs biologiques des sols soumis à 3 usages différents (projet RMQS Bio-Div) (Source : (GIS Sol et al., 2010)).

C. Echelle macrofaune (exemple des vers de terre)

La macrofaune comprend des animaux d'environ 4 à 80 mm (Vincent et al., 2022). Il s'agit de vers de terre, d'insectes larvaires et adultes (hyménoptères, coléoptères et diptères (larves) majoritairement), de myriapodes, d'araignées, de mollusques, de crustacés. Ces animaux sont aussi groupés selon leur mode de nutrition ; les prédateurs, les décomposeurs, les géophages (se nourrissent de terre) et les phytophages (Hedde et al., 2013). Les lombrics et fourmis modifient l'environnement du sol par leurs activités de construction (turricules, galeries, nids) qui affectent aussi la diversité et l'activité microbienne (Ruiz Camacho et al., 2009).

Une étude de l'UMR Ecobio et de l'Université de Rennes 1 datant de 2016 démontre que la plus grande richesse lombricienne est obtenue sur des territoires agricoles en prairies (4 taxons de plus qu'en culture par exemple, voir graphique Figure 12 ci-dessous) (UMR 6553 Ecobio and Université de Rennes 1, 2016).

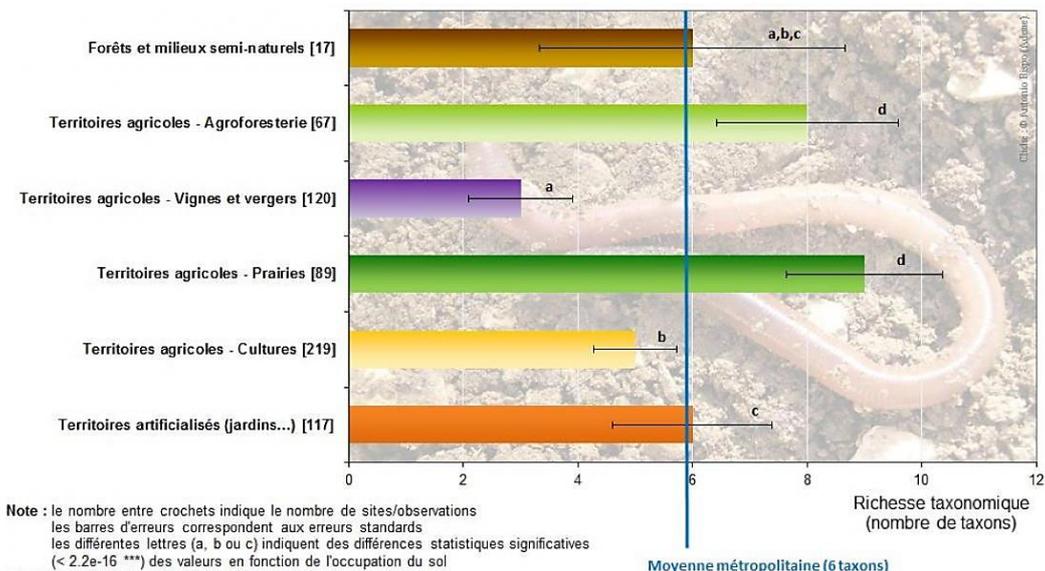


Figure 12 : Richesse lombricienne des sols en métropole sur la période 2005-2015, en fonction du type d'occupation du sol (UMR 6553 Ecobio and Université de Rennes 1, 2016)

Ce résultat concorde avec les observations faites dès 1978 par Georges Bachelier dans *La faune des sols, son écologie et son action* : Dans la limite des conditions écologiques reconnues acceptables pour eux, les vers apparaissent très nombreux dans les prairies et les jardins, moins nombreux dans les forêts de feuillus, encore moins nombreux dans les terres labourées, et généralement rares dans les forêts de conifères. S'ajoutent évidemment de grosses variations selon la nature des sols. Les prairies à herbes courtes sont généralement plus peuplées que les prairies à grandes herbes (Bachelier, 1978).

1. En prairie permanente

Les vers de terre, animaux fouisseurs se nourrissant de restes de racines, agissent sur la structuration des sols et sur leur capacité à absorber l'eau (Ruiz et al., 2021). En effet, ils favorisent l'infiltration, l'épuration et le cycle de l'eau grâce à leurs galeries. Ils agissent aussi sur la fertilité des sols en régulant indirectement l'activité, la diversité et la distribution spatiale des communautés de micro-organismes du sol, eux-mêmes responsables de la formation de l'humus, utilisé par les végétaux. Les zones non labourées comme les prairies, talus ou bordures herbacées, servent de refuges aux vers de terre lorsque les conditions, dans les parcelles environnantes, leur deviennent défavorables. C'est sous les pâturages que les vers sont les plus nombreux : jusqu'à 300 individus/m² (Manneville and Leclerc, 2016).

2. Intégration de prairies temporaires dans les rotations et effets sur le sol

La mise en place de prairies temporaires comporte de nombreux avantages (Figure 13) et est notamment favorable au développement de l'activité biologique : un indicateur visible est la population de vers de terre. En chiffres : La densité de vers de terre peut être multipliée par 20 entre une terre labourée nue en hiver (100 kg/ha) et une prairie (1 à 2 t/ha) (Barbin et al., 2007). Les galeries formées par les vers de terre peuvent représenter 400 à 500 m linéaires par m³ de sol.



Figure 13 : effets d'une prairie temporaire en tête de rotation (Crédit photo : Encyclopedia pratensis ; Sources : (RMT Prairies Demain and Fiorelli, 2018)).

Les prairies pluriannuelles stockent plus de carbone que les cultures annuelles, ce qui explique l'augmentation du taux de matières organiques des sols (MOS) sous prairies (RMT Prairies Demain, 2018). Or, la matière organique influence la stabilité structurale du sol. On en déduit donc que le risque de battance est atténué avec l'insertion de prairies dans la rotation, et la capacité de circulation de l'eau dans le sol est alors augmentée. Par ailleurs, les rotations intégrant de la prairie limitent la pression des adventices et des ravageurs et maladies, ce qui réduit l'usage des produits phytosanitaires, et donc la pollution des sols.

III. Autres avantages de l'élevage pour la biodiversité

A. Des pratiques favorables en système d'élevage : l'exemple du pâturage extensif

1. Maintien de la végétation naturelle (ou semi-naturelle)

Le pastoralisme est l'élevage de bétail sur des parcours et pâturages (Association Française de Pastoralisme, 2023). Les ressources fourragères spontanées des espaces naturels assurent une partie ou l'intégralité de l'alimentation du troupeau. L'activité pastorale permet le maintien de la mosaïque de milieux naturels et de la biodiversité qu'ils abritent. Le pâturage est donc bénéfique et permet le maintien d'une biodiversité riche. Une étude a ainsi identifié que le nombre d'espèces végétales est plus élevé dans les prairies gérées de manière plus extensive (avec une plus faible densité de chargement d'animaux à l'hectare) (Van Vooren and Reubens, 2018). Une autre étude a démontré que le pâturage diminue l'abondance des araignées par des effets directs sur la structure de la végétation et le microclimat via le piétinement et le broutage des bêtes (Prieto-Benítez and Méndez, 2011). Le pâturage a aussi des effets indirects sur la disponibilité des proies.

De même, de nombreux systèmes d'élevage de pâturage extensif peuvent encore être considérés de haute valeur en biodiversité (FAO, 2020). Ils continuent à utiliser et maintenir une forte proportion de végétation naturelle

et/ou semi-naturelle, gérées à un niveau d'intensité relativement bas. On trouve ainsi un éventail plus large de niches écologiques sur la majorité des surfaces, et leur pérennité dans le paysage est assurée par ce type de système, qui maintient l'équilibre des cycles de l'eau et du carbone. Le pâturage a un effet globalement positif sur l'ensemble des composantes de l'écosystème, et c'est notamment un facteur de diversification de la biocénose (Le Neveu and Lecomte, 1990). Pour exemple, la richesse spécifique des plantes est plus importante dans des prairies pâturées en automne par des ovins que dans des prairies non pâturées (Schohier and Dumont, 2012). En effet, le pâturage influence fortement la composition botanique des prairies en jouant sur la compétition entre les espèces, leur dispersion et leur maintien.

Les éleveurs peuvent également entretenir des espèces végétales locales. Par exemple, dans le projet INDIBIO, un inventaire des espèces floristiques de prairies a été réalisé dans 3 grandes régions (Basse-Normandie, Lorraine-Champagne-Ardenne, Auvergne). Certaines espèces floristiques se retrouvent dans les prairies de toutes les régions (Raygrass, Dactyle, Houlque, Pissenlit ...) tandis que d'autres espèces sont spécifiques aux régions (Manneville et al., 2016).

Autre exemple d'incitation à la préservation du patrimoine végétal local, sur le territoire de l'AOP St Nectaire, l'herbe est omniprésente avec une variété aromatique des plus riches : réglisse, thym serpolet, gentiane, airelles, ciste (fenouil des Alpes) ou encore achillée millefeuille. La richesse floristique des prairies naturelles et le maintien de cette biodiversité présentent un enjeu à la fois environnemental mais aussi un gage de la qualité sensorielle de l'AOP Saint-Nectaire (Interprofession du Saint-Nectaire, 2018). C'est pourquoi le cahier des charges de l'AOP prévoit une place prédominante de l'herbe dans l'alimentation des vaches et un mode d'élevage extensif pour garantir la préservation des ressources naturelles et cette biodiversité. Concrètement, les prairies naturelles, prairies natives qui n'ont jamais été retournées, doivent représenter 90% de la surface en herbe.

De plus, un concours des prairies fleuries pour cette AOP a été créé pour valoriser les pratiques sur l'utilisation et le maintien de la ressource herbagère de la zone, échanger et comparer les pratiques et techniques entre producteurs, et communiquer auprès du consommateur sur les atouts des prairies naturelles (Interprofession du Saint-Nectaire, 2018). D'autres concours récompensent les pratiques vertueuses pour la biodiversité. C'est le cas du Concours des Pratiques Agroécologiques (Concours Général Agricole, 2023). Lors de ce concours (anciennement appelé « Prairies Fleuries »), la diversité floristique des prairies est mise en avant car elle contribue à la qualité des paysages et à la préservation de la biodiversité en favorisant la présence d'oiseaux, de reptiles, de petits mammifères et d'insectes, notamment ceux qui assurent la pollinisation et la protection naturelle des cultures.

2. Outil de gestion biologique des zones humides

Le maintien des IAE par l'élevage participe à la préservation des zones humides. En effet, elles épurent, interceptent et protègent les eaux, en contribuant à la régulation du régime hydrique et en limitant l'érosion des sols et des berges des cours d'eau. Elles interceptent aussi les nitrates, phosphates et polluants des eaux de ruissellement (Flament et al., 2009).

Par ailleurs, « les plus faibles concentrations en nitrates des eaux de surface s'observent dans les régions où les prairies permanentes couvrent plus de 70% de la SAU » (Barbin et al., 2007). En effet, les systèmes présents sur ces zones herbagères montrent généralement un chargement animal à l'hectare modéré et une faible fertilisation en azote minéral. Il en résulte une concentration en nitrates dans les eaux de surface qui ne dépasse généralement pas les 10mg/L. Ainsi, la réduction des surfaces en prairies au profit des cultures engendrerait des impacts sur la teneur en nitrate des eaux de surface.

B. Des bâtiments d'élevage riches en biodiversité (activité des chauves-souris)

La présence de la biodiversité ne se limite pas à la surface agricole utile. Les alentours de la ferme offrent de nombreuses possibilités d'aménagements écologiques diversifiés. Que ce soit dans la maison d'habitation, dans l'étable, les granges, la cour ou le jardin, une ferme compte de nombreux habitats pour les plantes et animaux. De nombreux animaux viennent se réfugier dans les bâtiments agricoles, soit pour y chercher de la chaleur au plus froid de l'hiver, soit pour faire leur nid dans le creux d'un mur ou au coin d'une poutre (Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023b). De nombreuses espèces d'oiseaux et de chauves-souris utilisent les bâtiments de ferme comme dortoir et site de nidification, tirant parti des niches et des interstices dans les murs ou sous la charpente et utilisant les poutres comme perchoir. Plus d'une quinzaine d'espèces d'oiseaux niche dans le bâti rural ou urbain et cohabite avec l'homme.

Il est possible de créer des sites de nidification, des abris, des sources de nourriture pour les insectes, oiseaux, petits mammifères ou amphibiens (Graf et al., 2016). Par exemple, en automne, les fleurs du lierre sont une source de nourriture appréciée des abeilles, bourdons et syrphes. Les vieilles façades en bois ou bardées de bois comportent d'innombrables niches et fentes. Celles-ci offrent des emplacements d'hivernage aux papillons, des sites de nidification au grimpeur des jardins et un gîte diurne pour la pipistrelle commune. Par ailleurs, l'Effraie des clochers, rapace nocturne, se nourrit essentiellement de rongeurs et chasse la nuit sur les prairies, les bandes herbeuses le long des champs et des haies. La consommation annuelle d'un couple est de l'ordre de 4000 proies. En France, ce régime alimentaire est composé de 50 à 80 % de campagnols, ce qui en fait un auxiliaire indispensable pour l'agriculture (Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023b). A titre d'exemple, des chercheurs en Amérique du Nord, ont estimé que la disparition des chauves-souris pourrait conduire à des pertes agricoles de plus de 3,7 milliards de dollars /an (Boyles et al., 2011).

Les chauves-souris ont de surcroît une importance économique pour l'agriculteur, du fait qu'elles consomment de grande quantité d'insectes par nuit pendant la saison active elles limitent la présence de mouches et autres insectes dans les bâtiments d'élevage (figures 14 et 15). L'activité estivale des chauves-souris dans les bâtiments d'engraissement montre une activité de trois à cinq fois plus importante par rapport à une prairie permanente éloignée des bâtiments d'élevage.

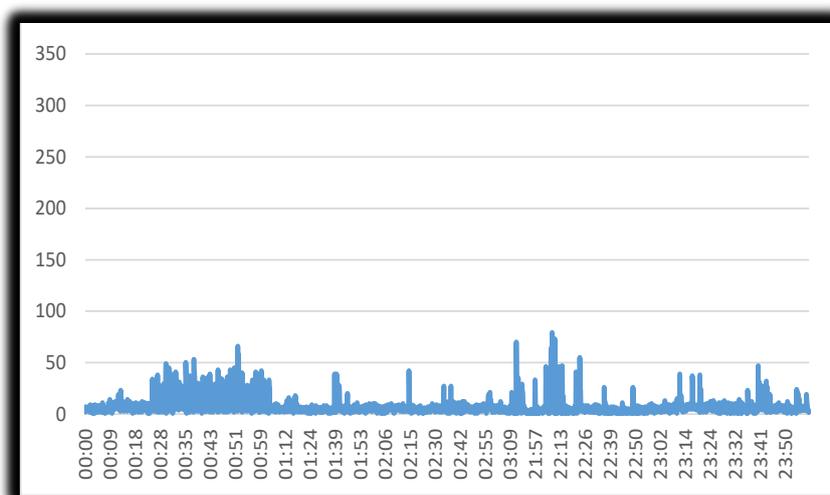


Figure 14 : Nombre de cris sociaux et d'attaques enregistrés sur une nuit en prairie (Ferme expérimentale de Jalogny 2014)

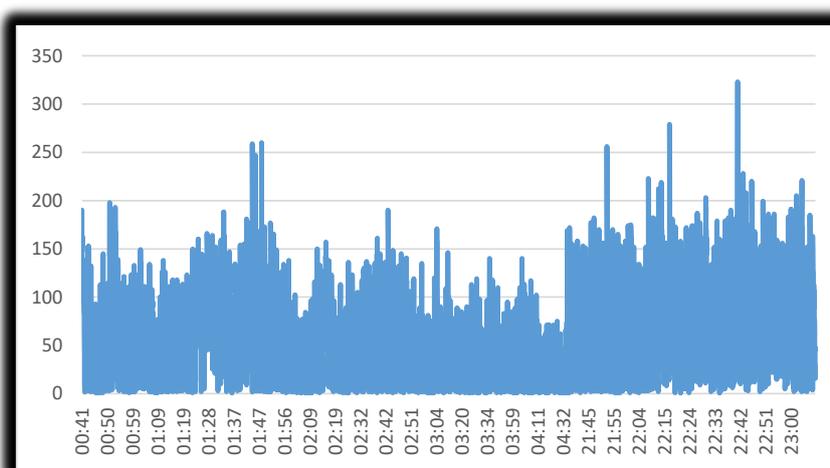


Figure 15 : Nombre de cris sociaux et d'attaques enregistrés sur une nuit en bâtiment (Ferme expérimentale de Jalogny 2014)

De plus, il a été montré que dans un environnement agricole la présence de chauves-souris altère le comportement et la dynamique de la population des pyrales : le taux d'infestation du maïs est réduit de 50% dans un champ soumis à des émissions ultrasonores à des fréquences, amplitudes et périodes de cris de chauves-souris (Kunz et al, 2011).

IV. Analyse de la réciprocité des services rendus

A. Les infrastructures agroécologiques, un incontournable pour l'élevage

La protection des sols, le recyclage des éléments minéraux, la fixation symbiotique de l'azote sont autant de services qui peuvent être rendus par le maintien d'éléments semi-naturels et la biodiversité qui les composent. Ils contribuent également à l'accomplissement de tout ou partie du cycle de l'eau, du carbone, de l'azote entre autres éléments minéraux. Les IAE soutiennent ainsi une production agricole durable, en permettant un plus faible usage d'intrants grâce aux services écosystémiques délivrés par la biodiversité associée à ces IAE (Sarhou, 2016). On peut citer le service de régulation biologique (contrôle biologique des ravageurs) et le service de fourniture de ressources (fertilité des sols ou microclimat bocager favorable aux cultures et animaux d'élevage). Un maillage de type bocager par exemple améliore la productivité des vaches laitières et engendre des aménités pour le promeneur ou la protection de la faune (Ryschawy et al., 2017).

1. Rôles multiples des haies

La haie est un alignement d'arbres et/ou d'arbustes bordant une parcelle. Elle présente de nombreux avantages en systèmes d'élevage (Juteau, 1994). Par exemple, elle protège les animaux des intempéries telles que les vents froids, humides ou au contraire desséchants, leur fournit de l'ombre en été et sert de clôture naturelle (Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023a). Elle peut aussi fournir du bois de chauffage et c'est un élément remarquable du paysage. La haie est également un réservoir de pollinisateurs. De plus, en s'opposant au ruissellement et en favorisant l'infiltration d'eau le long de ses racines, la haie améliore l'alimentation des nappes phréatiques et contribue à limiter les risques et les effets des phénomènes de sécheresse et d'inondation (Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023a).

Une haie brise-vents est généralement composée d'une ou plusieurs rangées d'arbres ou d'arbustes plantées de manière à fournir un abri pour le bétail. De nombreuses études ont mise en évidence l'importance des haies brise-vents et des bandes enherbées pour maintenir des araignées et des coléoptères (Fukuda et al., 2011). Les araignées et les coléoptères sont des ennemis naturels de nombreux nuisibles des prairies. De plus, de nombreux coléoptères détritivores facilitent les cycles des nutriments. Dans la chaîne trophique, ce sont aussi des sources de nourritures indispensables pour les oiseaux et peuvent être utilisés comme indicateurs de la santé des agroécosystèmes.

La qualité d'une haie dépend des espèces que l'on souhaite favoriser. Les haies sont par exemple l'abri des musaraignes qui consomment les insectes nuisibles, des rapaces qui consomment les campagnols ou encore des passereaux qui se nourrissent de chenilles désolatrices (Juteau, 1994). Par ailleurs, les rapaces établissent souvent leurs nichées dans d'anciens nids de corneilles ou de pies situés dans des arbres isolés, c'est le cas par exemple du Hibou moyen-duc ou du Faucon crécerelle (LPO, 2022). Ces deux espèces se nourrissent de campagnols (plusieurs milliers par an), et jouent un rôle majeur dans la régulation des rongeurs. Ceci est donc un exemple de service réciproque : l'éleveur conserve des habitats pour ces rapaces et eux se nourrissent des ravageurs de ses prairies.

Les haies mellifères sont un autre exemple de haies utiles pour les agriculteurs, puisque les pollinisateurs assurent la reproduction des plantes cultivées. La composition floristique de la haie est alors importante, et doit pouvoir nourrir les pollinisateurs toute l'année dans la mesure du possible (Figure 16). Par exemple, le Saule marsault et le Noisetier sont utiles au moment du réveil des abeilles au printemps, et le Tremble et le Peuplier pour la propolis.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Noisetier	■											
Saules, aulnes		■										
Buis			■									
Prunellier				■								
Erable champêtre				■	■							
Arbres fruitiers				■	■	■						
Acacia					■	■						
Aubépine					■	■	■					
Ronce, sorbier, châtaignier						■	■					
Cornouiller sanguin						■	■					
Clématite								■	■			
Lierre									■	■		

Figure 16 : Période de floraison des végétaux sources de pollen dans les haies (Source : (Bordage, 2023))

2. Intérêts des mares, ripisylves et fossés

Présentes dans de nombreuses parcelles de prairies, et généralement utilisées par les éleveurs pour abreuver le bétail, les mares ont bien d'autres atouts. La mare offre un habitat à certaines espèces animales, telles que les insectes et les mollusques d'eau douce. Pour d'autres, c'est un lieu où s'alimenter, se reposer, s'abriter des prédateurs, se reproduire, pondre ou hiverner. Grâce à cet écosystème et à leur faible profondeur, les végétaux peuvent en coloniser le fond. Elles hébergent ainsi une flore variée, entraînant le développement des insectes pollinisateurs et servent de zones refuge pour les bioagresseurs et auxiliaires de cultures tels que les coccinelles ou les carabes. Elles permettent le maintien de zones humides, limitent l'érosion des sols en ralentissant le ruissellement de l'eau et contribuent à la dégradation des résidus organiques grâce aux bactéries présentes dans l'eau (André et al., 2020). Enfin, elles constituent une petite réserve d'eau en cas d'incendie.

Les macrophytes comme le roseau consomment également les composés polluants (azote, phosphore) présents dans l'eau. Ce sont des supports de divers microorganismes tels que des microalgues et des bactéries. Les hydrophytes (lentilles d'eau, nénuphars, ...), quant à elles, absorbent les éléments en excès à travers les parois des cellules de leur tige et de leurs feuilles. Elles produisent de l'oxygène, nécessaire aux bactéries pour décomposer et dégrader l'ammonium par exemple. Enfin, la vase qui tapisse les mares est constituée de minéraux et de matière organique. Après curage, celle-ci peut être réutilisée et épandue sur des sols pauvres ou nécessitant un apport avant cultures (André et al., 2020).

La ripisylve est l'ensemble des formations boisées (arbres, arbustes, buissons) qui se trouvent aux abords d'un cours d'eau (La langue française, 2023). Elle crée des zones calmes par rapport aux milieux ouverts à proximité, propices à l'avifaune (poule d'eau, martin-pêcheur, foulque, canard) (Balligand, 2017). Plus le peuplement végétal de la ripisylve est diversifié et d'âges variés, plus il sera intéressant en termes de diversité animale (oiseaux, insectes, mammifères). Cette ripisylve présente aussi de nombreux avantages, notamment pour les milieux aquatiques : les insectes aquatiques s'en servent pour manger et se reproduire, et ils sont eux-mêmes une ressource alimentaire pour les poissons insectivores. Les poissons s'abritent dans les racines des arbres, et la présence de bois morts favorise l'apparition d'autres insectes et donc de leurs prédateurs (oiseaux, chauves-souris). Les branches basses au-dessus de l'eau sont appréciées par les passereaux insectivores (comme les mésanges et les gobe-mouches) et les martins pêcheurs (Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023c). Ces ripisylves contribuent également à l'épuration des eaux, limitent les pollutions et l'érosion des berges. Enfin, elles créent un effet « brise-vents » et réduisent le réchauffement des eaux avec l'ombre qu'elles procurent (Figure 17).

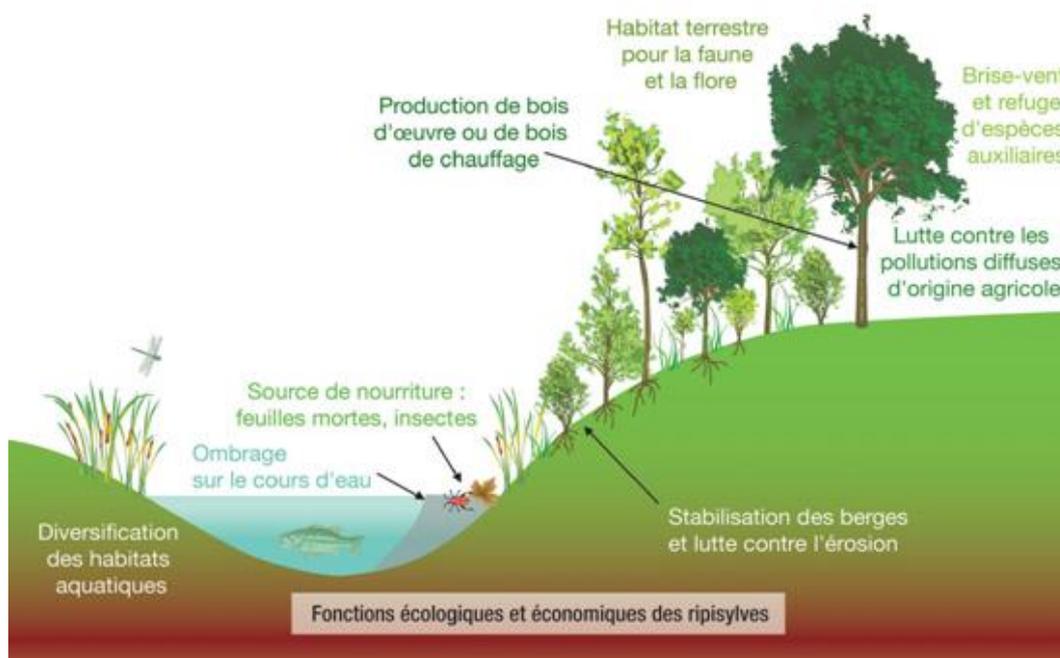


Figure 17 : Synthèse des fonctions écologiques et économiques des ripisylves (Source : (CNPF Hauts-de-France Normandie and Havet, 2017))

La gestion de la bordure des fossés par la mise en place de bandes végétalisées et un entretien adapté peuvent en faire des îlots de biodiversité et un corridor écologique. Les fossés aménagés peuvent aussi devenir des phyto-épurateurs, réguler le niveau des eaux et éviter les inondations, stabiliser les berges et être des coupe-feu lors d'incendies. Ils peuvent être une zone tampon où se développe une végétation aquatique qui attire des espèces spécifiques des milieux humides (libellules, reptiles, amphibiens, ...).

B. La diversité biologique, un indispensable de l'élevage face au changement climatique

1. La diversité végétale au sein de l'assolement pour plus de résilience face aux aléas climatiques et aux conjectures économiques

La diversité biologique des mosaïques agricoles est influencée par les pratiques sur les parcelles (travail du sol, utilisation d'intrants, ...) et par l'assolement (diversité des couverts végétaux) (Sirami and Midler, 2021). Dans un contexte de culture du sol, ce dernier subit d'importantes modifications (mécaniques, chimiques et biologiques) en fonction des pratiques utilisées. Par exemple, la pratique ou non du labour, l'application d'engrais ou de pesticides ainsi que la succession d'une ou plusieurs espèces végétales, peuvent influencer les sols cultivés. Le labour a pour avantage d'aérer le sol et de favoriser la minéralisation de la matière organique (MO) par les organismes aérobies. Cependant, il induit également une perte de cette MO sur le long terme et une forte mortalité des lombrics (Emmerling, 2001). Ces derniers jouant un rôle dans la bonne infiltration de l'eau par les galeries verticales qu'ils creusent et dans la structuration du sol en général (Capowiez et al., 2009). La pratique du labour modifie les sols agricoles. Par ailleurs, l'absence de diversité végétale et la récolte régulière du couvert du sol (souvent sans laisser de résidus) impliquent une plus faible quantité et diversité de ressources pour les organismes du sol, ce qui entraîne *in fine* une réduction de la diversité et de l'abondance de ces derniers en comparaison avec une prairie par exemple (Cavigelli et al., 2012).

Les prairies naturelles présentent de nombreux atouts pour les systèmes d'élevage (Lépolard et al., 2020), synthétisés dans la Figure 18 ci-dessous.

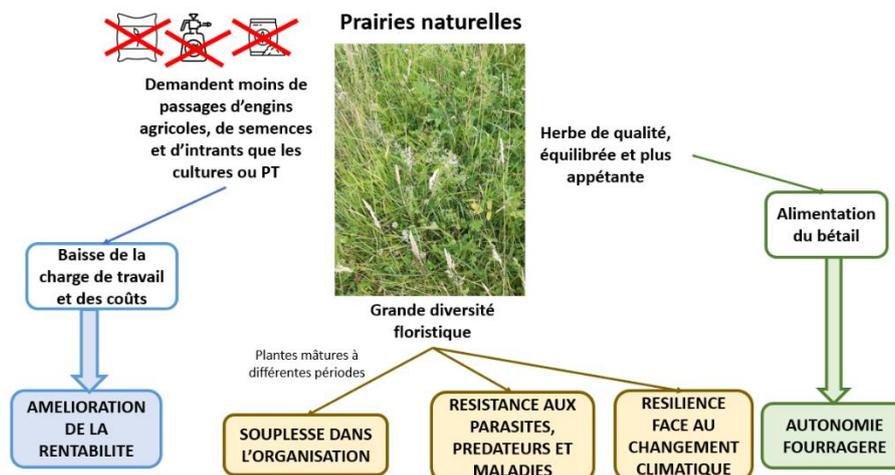


Figure 18 : Avantages des prairies naturelles dans les systèmes d'élevage herbivore (Source auteur adapté de (Lépolard et al., 2020)).

Les plantes sauvages représentent également une précieuse ressource génétique pour la sélection végétale. Elles fournissent des semences robustes et adaptées aux conditions locales (Graf et al., 2016). En manipulant la diversité des plantes dans des approches expérimentales de long terme, il a été montré que la richesse spécifique végétale augmente le stockage de carbone en prairie (Lange et al., 2015). S'intéresser à l'approche fonctionnelle de la diversité peut orienter le choix des espèces végétales en associations culturales ou comme plantes de services (Hättenschwiler et al., 2018). Les nombreux organismes édaphiques contribuent également de manière essentielle au fonctionnement du sol.

2. Maintien d'une diversité génétique garantissant le champ des possibles pour l'élevage de demain

L'homme a créé une grande diversité parmi les plantes cultivées et les animaux d'élevage (Graf et al., 2016). Les races d'élevage et la diversité génétique qu'elles représentent font partie de la biodiversité mondiale. Ce sont également des composantes des agroécosystèmes fournissant des produits (alimentaires ou non) et des services (travail par exemple). Avec une gestion traditionnelle, ils peuvent assurer la préservation des paysages, de la faune et de la flore (Hall, 2019). La conservation des races d'élevage est une des obligations des signataires de la Convention de la Biodiversité. Les paysages de l'élevage ont une importance culturelle et renforcer les liens entre science des écosystèmes, géographie culturelle et sciences animales peut être un sujet d'avenir. En effet, ces liens pourraient aider au développement de politiques qui amélioreront la résilience des services écosystémiques fournis par l'élevage.

La création et le maintien de races par l'élevage a enrichi la biodiversité génétique et spécifique. Plus de 8800 races d'élevage ont été enregistrées au niveau mondial par la Commission sur les ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture (organe de la FAO), ce qui représente une ressource précieuse et une importante biodiversité au niveau génétique (FAO, 2020). Beaucoup de régions ont des races d'élevage caractéristiques (races locales), qui fournissent des bénéfices non matériels en plus du service de subsistance. Par exemple, au Nord-Ouest de l'Angleterre, le mouton Herdwick contribue à l'attrait du paysage dans le District du Lac (Bowles et al., 2014). Autres exemples, en Camargue (France), le bétail et les chevaux de cette race sont le symbole des paysages locaux, de même que les poneys Connemara en Irlande, et le bétail de Santa Gertrudis dans les pâturages texans (Porter et al., 2016).

La Bretonne pie noire, race bovine à faible effectif, « est toujours associée aux systèmes extensifs favorisant les prairies permanentes, les haies et les espaces naturels, économes en intrants et à faible empreinte carbone », souligne Rim Chaabouni, animatrice de l'organisme de sélection Union Bretonne pie noire (UBPN) dans le numéro de septembre 2023 de *L'Éleveur laitier* (Tiers, 2023). Cela montre que la diversité des races induite par l'élevage permet de préserver des zones d'habitats naturels et de tendre vers un « élevage plus durable » à l'avenir.

C. Limitation des intrants et favorisation des services écosystémiques

Pour comprendre les contributions de l'élevage au fonctionnement des territoires, la notion de « services » est régulièrement utilisée. Il existe deux références majeures pour qualifier ces services : tout d'abord celle de « services environnementaux » utilisée par la Politique Agricole Commune (PAC) et les Mesures Agroenvironnementales (MAE), et ensuite celle de « services écosystémiques » du Millenium Ecosystem Assessment (Reid et al., 2005). Ces « services écosystémiques » sont définis comme « l'ensemble des bénéfices que les écosystèmes fournissent à l'Homme ».

Les 2 types de services cités ci-dessus ne sont pas équivalents dans la littérature. La notion de « services environnementaux » sous-tend une relation intentionnelle entre un prestataire et un bénéficiaire des services, alors que les « services écosystémiques » sont rendus spontanément par les écosystèmes (sans cette relation de « prestataire/bénéficiaire ») (Ryschawy et al., 2017).

1. Insertion de prairies temporaires dans les rotations

Plusieurs espèces d'oiseaux ont besoin à la fois de prairies et des cultures pour élever et nourrir leur petits, et souffrent donc de la perte des rotations diversifiées et de la séparation géographique des cultures et de la production animale (Meiss, 2010). Les plantes et les invertébrés sont tous deux très importants dans l'alimentation de nombreux oiseaux de ferme et de leurs petits (notamment au printemps et en été).

Même les couverts de prairie monospécifiques comme la luzerne jouent un rôle important dans le paysage et rendent de nombreux services écosystémiques (voir Figure 19).

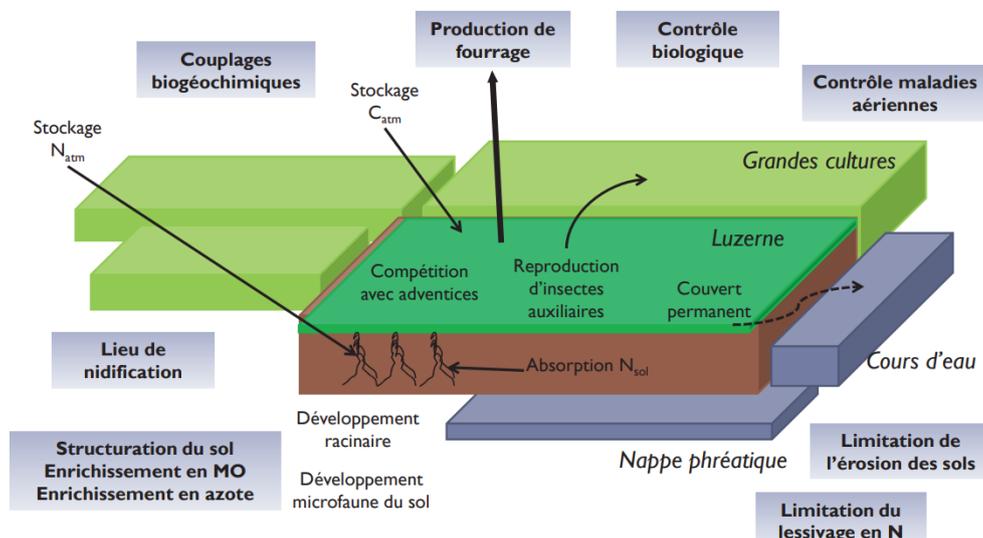


Figure 19 : Processus écologiques et agronomiques liés à la luzerne (source : d'après Berthet E. dans la publication de (Bretagnolle et al., 2012)).

2. Rupture des cycles biologiques des ravageurs et maladies et favorisation des auxiliaires de culture

Les cultures fourragères intégrées dans les rotations jouent un rôle essentiel dans la structuration du sol et dans la maîtrise des pressions dues aux adventices, aux maladies et aux ravageurs puisqu'elles jouent sur la diversité et l'alternance des variétés et espèces cultivées (Billen et al., 2019).

Par ailleurs, le maintien d'infrastructures naturelles conditionne la survie des auxiliaires tels que les insectes pollinisateurs et des prédateurs et parasitoïdes capables de réguler les ravageurs phytophages des cultures (Pointereau et al., 2007). La Figure 20 donne des exemples de régulation des ravageurs par des auxiliaires (Tosser, 2021). Par la conservation des habitats, la lutte biologique réduit les charges liées aux traitements. Elle trouve d'autant plus sa place dans les exploitations avec l'apparition croissante de résistances des insectes ravageurs aux matières actives (cas de la production fruitière). Les IAE sont d'autant plus efficaces que les cultures placées sous leur influence s'inscrivent dans des rotations longues et variées, qui brisent les cycles de multiplication des ravageurs (Flament et al., 2009).

		RAVAGEURS						
		Pucerons	Limaces	Taupins	Doryphores	Campagnols	Altises	Méligèthes
AUXILIAIRES	Coccinelles							
	Carabes							
	<u>Anthocorides</u>							
	Chrysopes							
	Syrphes							
	Hyménoptères parasitoïdes							
	Araignées							
	Nématodes entomopathogènes							
	Rapaces							

Figure 20 : Niveau d'action de plusieurs auxiliaires des cultures sur les principaux ravageurs (Source auteur adapté de (Tosser, 2021)). En noir, la régulation potentielle est importante et en gris elle est secondaire.

Dans les paysages diversifiés présentant une grande diversité d'espèces, la prolifération des ravageurs est limitée par la plus grande abondance d'auxiliaires (RMT Biodiversité et agriculture, 2019). Les jachères florales, en particulier, favorisent les prédateurs et parasitoïdes qui tiennent les insectes ravageurs en échec. Leur action permet donc de réduire les pulvérisations de pesticides et améliore la sécurité des rendements.

Les prairies mellifères, ou prairies fleuries, sont des prairies présentant des mélanges d'espèces de plantes à fleurs et offrant un cadre favorable à l'activités des pollinisateurs, mais aussi à d'autre espèces d'insectes (auxiliaires de cultures) et aux oiseaux. Elles représenteraient ainsi un mélange utile de faune et seraient donc une alternative écologique durable à l'utilisation de pesticides. De même, une banque à coléoptères est, en agriculture, une forme de lutte biologique. En effet, il s'agit de bandes refuges, non fauchées, servant d'habitat pour les auxiliaires de culture, ainsi que pour les oiseaux nicheurs au sol et pour les autres animaux qui se nourrissent d'espèces nuisibles. Elles permettent donc de réduire ou remplacer l'utilisation d'insecticides (Boyer et al., 2022).

3. Avantages de la polyculture élevage

Dans le cadre d'une étude menée par le GIS « Elevages Demain » (Ryschawy et al., 2015), des groupes d'éleveurs ont été animés, constitués d'une vingtaine d'éleveurs bovins de la Confédération Nationale de l'Élevage (CNE) en collaboration avec le CNIEL et Interbev. Ces producteurs aux systèmes d'élevage très divers ont été regroupés par zone géographique (« Montagne », « Plaine spécialisée élevage », « Plaine céréalière »). La question suivante leur a été posée : « Que se passerait-il si l'élevage disparaissait de votre territoire ? ». Chaque groupe a ensuite fait une présentation synthétique de son analyse. Le retour du groupe « Plaine céréalière » était le suivant : « Sans élevage, il n'y a pas d'âme mais nous, on peut faire autre chose que l'élevage et ça amène plus de valeur

ajoutée ». Dans cette zone, l'élevage est un support de lien social même si d'autres secteurs agricoles rapportent plus d'argent. Si l'élevage disparaît, les co-produits de cultures deviendront des déchets et ne seront plus valorisés localement (drèches de maïs, racines d'endives valorisables dans l'alimentation animale) et s'ils sont valorisés ailleurs, une pollution carbone sera induite *via* les transports. Pour le groupe « Plaine spécialisée élevage », la disparition de l'élevage impliquerait une baisse de débouchés pour les céréaliers français et donc une chute du prix des céréales.

Les systèmes de polyculture-élevage herbager rendent de nombreux services collectifs (Lemouzy, 2019). Ce sont des réservoirs de biodiversité, de pollinisateurs et d'auxiliaires de culture, des puits de carbone. Ils agissent pour la prévention de l'érosion des terres, l'écrêtage des crues, la préservation de la qualité de l'eau et la qualité paysagère. Les sols des systèmes de polyculture-élevage sont plus riches qu'en monoculture, et nécessitent moins d'intrants et de produits phytosanitaires (Centre de développement de l'agroécologie, 2022). Ils ont par ailleurs une structure propice à la culture et à l'infiltration de l'eau grâce aux différents types de racines des mélanges prairiaux et à une biodiversité des sols plus abondante et plus variée. La diversité de l'assolement et des pratiques favorise leur résilience.

La destruction des intercultures par le pâturage des animaux (ovins en grand partie) peut présenter des avantages économiques et écologiques. En effet, dans les cas d'une élimination des intercultures par le pâturage, les coûts d'alimentation du troupeau sont réduits et la destruction des intercultures permet de laisser la place au semis suivant (Boyer et al., 2022). Cette méthode s'avère écologiquement plus respectueuse. La mise en place de systèmes mixtes couplant grandes cultures et élevages permettrait donc une valorisation par le pâturage des couverts végétaux, tout en s'inscrivant dans la durabilité et le respect de la biodiversité. Elle représenterait également une alternative intéressante aux systèmes de plus en plus spécialisés des exploitations, qui causent l'appauvrissement de la fertilité des sols, des eutrophisations de certains milieux à la suite d'excès de N et P et une perte de biodiversité liée à ces phénomènes (Sneessens et al., 2016).

Conclusion

Cette revue bibliographique donne un panorama des relations entre élevage herbivore et biodiversité. Les éléments d'argumentation fournis ont été objectivés et scientifiquement étayés à l'aide de plusieurs références bibliographiques. L'élevage herbivore entretient l'hétérogénéité des paysages et la matrice paysagère, en maintenant des infrastructures agroécologiques et une diversité végétale dans l'assolement. Les prairies permanentes utilisées dans ce type de système peuvent servir de zone de refuge pour la faune sauvage et présentent une diversité floristique plus importante que dans les systèmes de culture. L'insertion de prairies temporaires dans la rotation est favorable à la biodiversité des sols et pour leur fertilité plus globalement. De même, le bétail produit des effluents qui, épandus sur les parcelles, améliorent la fertilité des surfaces en culture annuelle.

Glossaire

Aérobic : Se dit de micro-organismes qui se multiplient en présence d'oxygène (Larousse, 2023a).

Agroécologie : Mode de production agricole prenant en compte la protection de l'environnement et le respect des ressources naturelles (Larousse, 2023b).

Archée : Organisme procaryote vivant dans des milieux particuliers, souvent hostiles (eaux saturées en sel, sources sulfureuses très chaudes, etc.). (Appelées autrefois archéobactéries, les archées forment aujourd'hui un groupe à part entière, distinct de celui des bactéries.)(Larousse, 2023c)

Chiroptère : Nom d'ordre attribué aux chauves-souris (Larousse, 2023d).

Corridors biologiques/écologiques : espace de liaison, passage naturel ou artificiel (haie, pont, réseau de rivières, etc.) permettant aux espèces animales et végétales de se déplacer entre deux habitats naturels (Larousse, 2023e).

Edaphique : relatif au sol (Larousse, 2023f).

Entomofaune : Désigne l'ensemble des insectes présents dans un milieu. (Melquiot, 2003)

Fertilité biologique des sols : Aptitude des sols à apporter les éléments essentiels (azote, phosphore et potassium principalement) à la croissance des végétaux par l'action des organismes vivants (animaux, insectes, champignons, parasites) ayant des interrelations complexes et qui se nourrissent de débris végétaux ou animaux. (Delahaie et al., 2016)

Lombric : Nom scientifique du ver de terre, annélide extrêmement commune dans les prairies et qui contribue à leur fertilité (Larousse, 2023g).

Pédofaune : La pédofaune désigne la faune qui vit dans le sol, appelée aussi faune édaphique ou tellurique. Elle concerne tous les animaux et organismes qui vivent dans un sol. (Wiktionnaire, 2020)

Plante de services : plante ciblée pour profiter des services écosystémiques qu'elle fournit mais qui n'est pas récoltée (Jouhet et al., 2022).

Prairies permanentes : La prairie permanente est un couvert végétal herbacé installé depuis de nombreuses années. (Theau and Choisis, 2016)

Ripisylves : Végétation arborée qui borde un cours d'eau naturel, (rivière, ruisseau...) ou artificiel (canal). (La langue française, 2023)

Services écosystémiques : Les services écosystémiques sont définis comme étant les biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être (nourriture, qualité de l'eau, paysages, ...). (Sirami et al., 2016)

Symbiose : Association étroite de deux ou plusieurs organismes différents, mutuellement bénéfique, voire indispensable à leur survie. (La symbiose est fréquente entre les micro-organismes [symbiotes] et des plantes ou des animaux.) (Larousse, 2023h)

Bibliographie :

- André, I., Gaumet, C., Brulez, E., 2020. Création et gestion des mares - Guide pratique pour créer et entretenir sa mare (Guide pratique). Comité Départemental de la Protection de la Nature et de l'Environnement, Blois.
- Andrén, H., 1994. Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat: A Review 76, 355–366. <https://doi.org/10.2307/3545823>
- Antoni, V., Cerisier-Auger, A., Dossa-Thauvin, V., Eumont, D., Guilhen, J.-M., Guzmova, L., Lamprea, K., Larrieu, C., Nauroy, F., Parisse, S., Pasquier, J.-L., Pautard, E., Beaulaton, L., Blard-Zakar, A., Boulenger, C., Bréjoux, E., Cosson, E., Dequesne, J., Kreutzenberger, K., Nowak, C., 2020. Eau et milieux aquatiques - Les chiffres clés 2020. Office français de la biodiversité.
- Arthur, L., Lemaire, M., 2015. Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse, Biotope. ed, Parthénope. Museum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Association Française de Pastoralisme, 2023. Le pastoralisme en France. L'AFP – Site de l'Association Française de Pastoralisme. URL <http://www.pastoralisme.net/> (accessed 8.25.23).
- Bachelier, G., 1978. La faune des sols, son écologie et son action. Initiations - Documentations techniques 400.
- Balligand, B., 2017. La ripisylve : un atout pour la biodiversité.
- Barber, N.A., Chantos-Davidson, K.M., Amel Peralta, R., Sherwood, J.P., Swingley, W.D., 2017. Soil microbial community composition in tallgrass prairie restorations converge with remnants across a 27-year chronosequence. *Environ Microbiol* 19, 3118–3131. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13785>
- Barbin, G., Choleau, P., Colo, G., Gesdon, J.C., Monniot, C., Molet, A., Noël, V., Perrot, C., You, G., 2007. La prairie, un enjeu économique et sociétal. Les Dossiers Economie de l'Elevage, Hors-série spécial prairies 40 pages.
- Bardgett, R.D., van der Putten, W.H., 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* 515, 505–511. <https://doi.org/10.1038/nature13855>
- Batary, P., Báldi, A., Kleijn, D., Tscharrntke, T., 2010. Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: A meta-analysis. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* 278, 1894–1902. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1923>
- Belfrage, K., Björklund, J., Salomonsson, L., 2005. The Effects of Farm Size and Organic Farming on Diversity of Birds, Pollinators, and Plants in a Swedish Landscape. *Ambio* 34, 582–8. [https://doi.org/10.1639/0044-7447\(2005\)034\[0582:TEOFSA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1639/0044-7447(2005)034[0582:TEOFSA]2.0.CO;2)
- Bertrand, J.-C., Caumette, P., Lebaron, P., Matheron, R., Normand, P., 2011. Ecologie microbienne: Microbiologie des milieux naturels et anthropisés, Illustrated édition. ed. Presses universitaires de Pau et des Pays de l'Adour, Pau.
- Billen, G., Le Noë, J., Anglade, J., Garnier, J., 2019. Polyculture-élevage ou hyper-spécialisation territoriale? Deux scénarios prospectifs du système agro-alimentaire français. *Innovations. Innovations Agronomiques* 72, 31–44. <https://doi.org/10.15454/ME8ZJI>
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., Baudry, J., Bukacek, R., Burel, F., Cerny, M., De Blust, G., De Cock, R., Diekötter, T., Dietz, H., Dirksen, J., Dormann, C., Durka, W., Frenzel, M., Hamersky, R., Hendrickx, F., Herzog, F., Klotz, S., Koolstra, B., Lausch, A., Le Coeur, D., Maelfait, J.P., Opdam, P., Roubalova, M., Schermann, A., Schermann, N., Schmidt, T., Schweiger, O., Smulders, M.J.M., Speelmans, M., Simova, P., Verboom, J., Van Wingerden, W.K.R.E., Zobel, M., Edwards, P.J., 2008. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45, 141–150. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01393.x>
- Bordage, P., 2023. Le bocage au service de l'apiculture.
- Bowles, D., Carson, A., Isaac, P., 2014. Genetic Distinctiveness of the Herdwick Sheep Breed and Two Other Locally Adapted Hill Breeds of the UK. *PLOS ONE* 9, e87823. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087823>
- Boyer, E., Bourgogne, P., Bourda, A., Laffond, L., Bertrand, L., Chiaverina, F., 2022. État des lieux des connaissances sur la plus-value écologique engendrée par le changement de certaines pratiques agricoles. Office français de la biodiversité.
- Bretagnolle, V., Balent, G., Thenail, C., Berthet, E., 2012. Gestion de la biodiversité en milieu céréalier intensif : importance des prairies aux échelles locales et régionales. *Innovations Agronomiques* 22, 31–43.

Calvet, R., Chenu, C., Houot, S., 2011. Les matières organiques des sols : rôles agronomiques et environnementaux, 2e Edition. ed, Agri production. France agricole, Paris.

Capowiez, Y., Cadoux, S., Bouchant, P., Ruy, S., Roger-Estrade, J., Richard, G., Boizard, H., 2009. The effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. *Soil and Tillage Research* 105, 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.002>

Caquet, T., Gascuel, C., Tixier-Boichard, M., Dedieu, B., Détang-Dessendre, C., Dupraz, P., Hinsinger, P., Medale, F., Reboud, X., Soussana, J.-F., Thomas, A., 2020. L'agroécologie : des recherches pour la transition des filières et des territoires. Editions Quae, Versailles.

Cavigelli, M.A., Maul, J.E., Szlavecz, K., 2012. Managing Soil Biodiversity and Ecosystem Services, in: Wall, D.H., Bardgett, R.D., Behan-Pelletier, V., Herrick, J.E., Jones, T.H., Ritz, K., Six, J., Strong, D.R., van der Putten, W.H. (Eds.), *Soil Ecology and Ecosystem Services*. Oxford University Press, Royaume-Uni, p. 20. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199575923.003.0030>

Centre de développement de l'agroécologie, 2022. Polyculture élevage. Centre de développement de l'agroécologie. URL <https://centre-developpement-agroecologie.fr/polyculture-elevage/> (accessed 11.13.23).

Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023a. Haies [WWW Document]. Site Internet de la Chambre d'agriculture du Centre - Val de Loire. URL <https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/agroenvironnement/paysages-et-biodiversite/quelles-pratiques-en-grandes-cultures-pour-favoriser-la-biodiversite/haies/> (accessed 10.11.23).

Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023b. Nichoirs - Perchoirs - Bâti [WWW Document]. Site Internet de la Chambre d'agriculture du Centre - Val de Loire. URL <https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/agroenvironnement/paysages-et-biodiversite/quelles-pratiques-en-grandes-cultures-pour-favoriser-la-biodiversite/nichoirs-perchoirs-bati/> (accessed 10.11.23).

Chambre d'agriculture du Centre Val de Loire, 2023c. Milieux aquatiques [WWW Document]. Site Internet de la Chambre d'agriculture du Centre - Val de Loire. URL <https://centre-valdeloire.chambres-agriculture.fr/agroenvironnement/paysages-et-biodiversite/quelles-pratiques-en-grandes-cultures-pour-favoriser-la-biodiversite/milieux-aquatiques/> (accessed 10.11.23).

CNPF Hauts-de-France Normandie, Havet, N., 2017. Ripisylves [WWW Document]. Site Internet du CNPF Hauts-de-France Normandie. URL <https://hautsdefrance-normandie.cnpf.fr/nos-actions/la-biodiversite-et-les-ecosystemes-forestiers/ripisylves> (accessed 11.13.23).

Concours Général Agricole, 2023. Concours des Pratiques Agro-écologiques - Prairies et Parcours [WWW Document]. Concours Général Agricole. URL <https://www.concours-general-agricole.fr/concours-general-agricole/les-concours/le-concours-des-pratiques-agro-ecologiques/concours-des-pratiques-agro-ecologiques-prairies-et-parcours/> (accessed 6.8.23).

Delahaie, M., Boissières, M., Giuliano, S., Bedoussac, L., Alletto, L., 2016. Fertilité biologique des sols. Dictionnaire d'agroécologie.

Disenhaus, C., Cozler, Y.L., Bonneau, M.M., 2011. Positive effects of animal production in France: a preliminary study based on interviews of stakeholders in two contrasted territories. Presented at the 62. Annual Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP), Wageningen Academic Publishers.

Downs, N.C., Sanderson, L.J., 2010. Do Bats Forage Over Cattle Dung or Over Cattle? *acta* 12, 349–358. <https://doi.org/10.3161/150811010X537936>

Emmerling, C., 2001. Response of earthworm communities to different types of soil tillage. *Applied Soil Ecology* 17, 91–96. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00132-3](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00132-3)

Fahrig, L., 1998. When does fragmentation of breeding habitat affect population survival? *Ecological Modelling* 105, 273–292. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(97\)00163-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(97)00163-4)

Fahrig, L., Girard, J., Duro, D., Pasher, J., Smith, A., Javorek, S., King, D., Lindsay, K.F., Mitchell, S., Tischendorf, L., 2015. Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 200, 219–234. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.018>

FAO, 2020. Biodiversity and the livestock sector - Guidelines for quantitative assessment. FAO, Rome, Italy. <https://doi.org/10.4060/ca9295en>

- Flament, N., Herscovici, C., Jaffre, M., Merot, P., Mestelan, P., Seguin, G., Wartelle, R., Simonneau, M.-A., Sher, O., Tesseyre, D., Vansteelant, J.-Y., Gabory, Y., 2009. Les infrastructures agro-écologiques.
- Floch, S., Devanne, A.-S., Deffontaines, J.-P., 2005. La « fermeture du paysage » : au-delà du phénomène, petite chronique d'une construction sociale. *Espace géographique* 34, 49. <https://doi.org/10.3917/eg.341.64>
- Fukuda, Y., Moller, H., Burns, B., 2011. Effects of organic farming, fencing and vegetation origin on spiders and beetles within shelterbelts on dairy farms. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 54, 155–176. <https://doi.org/10.1080/00288233.2011.591402>
- Gain, G., 2013. Evaluation de la biodiversité ordinaire des systèmes d'élevage Bas-Normand.
- GIS Sol, Cluzeau, D., Pérès, G., Jolivet, C., 2010. Programme RMQS BioDiv - Mesures de la biodiversité des sols [WWW Document]. *EcoBioSoil*. URL <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/page/programme-rmqs-biodiv> (accessed 9.12.23).
- Gobat, J.-M., Aragno, M., Mathey, W., Bally, R., 2010. Le sol vivant: Base de pédologie-biologie des sols, 3e édition. ed. PU POLYTECHNIQUE, Lausanne.
- Goffaux, R., Goldringer, I., Bonneuil, C., Montalent, P., Bonnin, I., 2011. Quels indicateurs pour suivre la diversité génétique des plantes cultivées? Le cas du blé tendre en France depuis un siècle., Expertise et synthèse. Paris.
- Graf, R., Jenny, M., Chevillat, V., Weidmann, G., Hagist, D., Pfiffner, L., 2016. La biodiversité sur l'exploitation agricole. Guide pratique., FIBL, Station ornithologique suisse de Sempach. ed. Suisse.
- Gross, N., Badenhauer, I., Le Provost, G., 2020. Protéger les prairies permanentes : une priorité pour la biodiversité et l'agroécologie [WWW Document]. INRAE Institutionnel. URL <https://www.inrae.fr/actualites/proteger-prairies-permanentes-priorite-biodiversite-lagroecologie> (accessed 6.8.23).
- Guillaumin, A., Dockès, A.-C., Tchakérian, E., Daridan, D., Gallot, S., Hennion, B., Lasnier, A., Perrot, C., 2008. Les demandes de la société et multifonctionnalité de l'agriculture : attitudes et pratiques des agriculteurs. *Courrier de l'environnement de l'INRA* 45–66.
- Hall, S.J.G., 2019. Livestock biodiversity as interface between people, landscapes and nature. *People and Nature* 1, 284–290. <https://doi.org/10.1002/pan3.23>
- Hättenschwiler, S., Barantal, S., Ganault, P., Gillespie, L., Coq, S., 2018. Quels enjeux sont associés à la biodiversité des sols ? *Innovations Agronomiques* 69, 1–14.
- Hedde, M., van Oort, F., Renouf, E., Thénard, J., Lamy, I., 2013. Dynamics of soil fauna after plantation of perennial energy crops on polluted soils. *Applied Soil Ecology* 66, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.01.012>
- Henigfeld, C., 2014. Effets des pratiques agricoles et des infrastructures agro-écologiques sur la diversité des Chiroptères (Mémoire de fin d'études). Université de Lorraine, Nancy.
- Interprofession du Saint-Nectaire, 2018. De la qualité des prairies dépend le goût des fromages [WWW Document]. Fromage AOP Saint-Nectaire. URL <https://www.aop-saintnectaire.com/actualites/de-la-qualite-des-prairies-depend-le-gout-des-fromages/> (accessed 6.8.23).
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, L., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Römbke, J., van der Putten, W.H., 2013. Atlas européen de la biodiversité des sols, Commission européenne. ed. Bureau des publications de l'Union européenne, Luxembourg. <https://doi.org/10.2788/89331>
- Jouhet, E., Vincent, F., Lahens, M., Blomme, L., Giuliano, S., 2022. Plantes de service. Dictionnaire d'agroécologie.
- Juteau, D., 1994. Gestion des haies en pays d'élevage - Enquête et analyse : la place de la haie sur l'exploitation agricole, les différents chantiers sur les haies (Mémoire de fin d'études). Ecole Nationale Supérieure d'Horticulture, Versailles.
- Kalko, ElisabethK.V., Schnitzler, H.-U., 1993. Plasticity in echolocation signals of European pipistrelle bats in search flight: implications for habitat use and prey detection. *Behav Ecol Sociobiol* 33, 415–428. <https://doi.org/10.1007/BF00170257>
- Kallenbach, C., Grandy, S., 2011. Controls over soil microbial biomass responses to carbon amendments in agricultural systems: A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment* 144, 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.020>

- Karimi, B., Chemidlin Prevost-Boure, N., Dequiedt, S., Terrat, S., Ranjard, L., 2018. Atlas français des Bactéries du sol, Biotope / Publications scientifiques du MNHN. ed. Paris.
- Kervyn, T., Brasseur, J., Libois, R., 1997. Utilisation de l'habitat par la sérotine commune *Eptesicus serotinus* en Lorraine belge 120.
- Klimek, S., Kemmermann, A.R. g., Hofmann, M., Isselstein, J., 2007. Pant species richness and composition in managed grasslands: the relative importance of field management and environmental factors. *Biological Conservation* 134, 559–570.
- La langue française, 2023. Définition de ripisylve. La langue française.
- Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C.A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R.I., Mellado-Vázquez, P.G., Malik, A.A., Roy, J., Scheu, S., Steinbeiss, S., Thomson, B.C., Trumbore, S.E., Gleixner, G., 2015. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nat Commun* 6, 6707. <https://doi.org/10.1038/ncomms7707>
- Larousse, 2023a. Aérobie. Larousse.
- Larousse, 2023b. Agroécologie. Larousse.
- Larousse, 2023c. Archée. Larousse.
- Larousse, 2023d. Chiroptère. Larousse.
- Larousse, 2023e. Corridor écologique ou biologique. Larousse.
- Larousse, 2023f. Edaphique. Larousse.
- Larousse, 2023g. Lombric. Larousse.
- Larousse, 2023h. Symbiose. Larousse.
- Le Neveu, C., Lecomte, T., 1990. Gestion des zones humides et pastoralisme. Ministère de l'environnement.
- Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.-P., Trommetter, M., 2008. Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies (Other), Expertises Collectives. INRA. <https://doi.org/10.15454/chz5-0922>
- Lecomte, T., Le Neveu, C., 1986. Le Marais Vernier : contribution à l'étude et à la gestion d'une zone humide (These de doctorat). Rouen.
- Lemouzy, C., 2019. Polyculture élevage : un allié à préserver. *Espaces naturels*.
- Lépolard, D., Sulmont, E., Roume, H., Brillant, T., Sabatier, R., Zinsstag, G., Huc, S., Le Hir, I., Martin, J.-B., Pieyre, M., Gomita, L., 2020. L'OFB et l'agriculture.
- LPO, 2022. L'arbre isolé [WWW Document]. LPO.fr. URL <https://www.lpo.fr/decouvrir-la-nature/conseils-biodiversite/conseils-biodiversite/agriculture/l-arbre-isole> (accessed 6.8.23).
- Lustrat, P., 2001. Milieux exploités par les Chiroptères en activité de chasse. *Nature Recherche* 11.
- Manneville, V., Chanséaume, A., Amiaud, B., 2014. BIOTEX : une démarche d'évaluation multicritère de la biodiversité ordinaire dans les systèmes d'exploitation d'élevage et de polyculture-élevage, Institut de l'élevage. ed. Paris.
- Manneville, V., Leclerc, M.-C., 2016. L'élevage de ruminants, acteur de la biodiversité.
- Manneville, V., Michel, N., Amiaud, B., 2016. INDIBIO : Élaborer des indicateurs relatifs aux effets des pratiques agricoles sur la biodiversité dans les systèmes d'exploitation d'élevage. *Innovations Agronomiques* 49, 69–82. <https://doi.org/10.15454/1.4622765655890154E12>
- Meiss, H., 2010. Diversifying crop rotations with temporary grasslands : potentials for weed mangement and farmland biodiversity (phdthesis). Université de Bourgogne.
- Melquiot, P., 2003. 1001 mots et abréviations de l'environnement et du développement durable, Recyconsult. ed.
- Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, 2022. Réseau européen Natura 2000 [WWW Document]. Ministères Écologie Énergie Territoires. URL <https://www.ecologie.gouv.fr/reseau-europeen-natura-2000-0> (accessed 9.20.23).

- MYCOPHYTO, 2021. Découvrez les dernières avancées sur les champignons mycorhiziens pour les cultures | Portail Réussir [WWW Document]. Réussir. URL <https://www.reussir.fr/contenu-partenaire-decouvrez-les-dernieres-avancees-sur-les-champignons-mycorhiziens-pour-les> (accessed 11.13.23).
- New, T.R., 2005. Invertebrate Conservation and Agricultural Ecosystems, Ecology, Biodiversity and Conservation. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542114>
- Nicholls, C., Altieri, M., 2012. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33, 257–274. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0092-y>
- Öckinger, E., Smith, H.G., 2007. Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology* 44, 50–59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01250.x>
- OFB, 2021. Les prairies, une question d'équilibre [WWW Document]. Le portail technique de l'OFB. URL <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1427> (accessed 6.8.23).
- Office Français de la Biodiversité (OFB), 2022. Qu'est-ce que la biodiversité ? [WWW Document]. Office Français de la Biodiversité (OFB). URL <https://www.ofb.gouv.fr/quest-ce-que-la-biodiversite> (accessed 8.25.23).
- Office national des forêts, 2020. Entre forêt et tram, une lisière forestière progressive pour la biodiversité de la forêt de Saint-Germain [WWW Document]. Office national des forêts. URL <https://www.onf.fr/onf/+86c::entre-foret-et-tram-une-lisiere-forestiere-progressive-pour-la-biodiversite-de-la-foret-de-saint-germain.html> (accessed 6.12.23).
- Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M., Chotte, J.-L., De Deyn, G., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H., Wall, D.H., 2016. Global soil biodiversity atlas, Publications Office of the European Union. ed. Luxembourg.
- Perennes, M., Diekötter, T., Groß, J., Burkhard, B., 2021. A hierarchical framework for mapping pollination ecosystem service potential at the local scale. *Ecological Modelling* 444, 109484. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109484>
- Petitjean, C., Piutti, S., Perrin, A.-S., 2019. Systèmes de polyculture-élevage: quels effets des pratiques agricoles sur les teneurs en matières organiques et le fonctionnement microbien du sol? *Fourrages* 236, 239–247.
- Pointereau, P., 2002. Les haies : évolution du linéaire en France depuis quarante ans. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 46, 69–73.
- Pointereau, P., Coulon, F., Fleutiaux, C., 2007. Pertinence des infrastructures agroécologiques au sein d'un territoire dans le cadre de la Politique agricole commune (Rapport de fin de contrat). SOLAGRO, Paris.
- Porter, V., Alderson, L., Hall, S., Sponenberg, D., 2016. *Mason's World Encyclopedia of Livestock Breeds and Breeding: 2 Volume Pack*.
- Prieto-Benítez, S., Méndez, M., 2011. Effects of land management on the abundance and richness of spiders (Araneae): A meta-analysis. *Biological Conservation* 144, 683–691. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.11.024>
- Rachwald, A., 1992. Habitat preference and activity of the noctule bat *Nyctalus noctula* in the Białowieża Primeval Forest. *Acta Theriologica* 37, 413–422. <https://doi.org/10.4098/AT.arch.92-42>
- Rand, T.A., Tylanakis, J.M., Tschardt, T., 2006. Spillover edge effects: the dispersal of agriculturally subsidized insect natural enemies into adjacent natural habitats. *Ecol Letters* 9, 603–614. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00911.x>
- Reid, W.V., Watson, R.T., Zakri, A.H., Mooney, H.A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S.R., Chopra, K., Dasgupta, P., Leemans, R., May, R.M., Pingali, P., Hassan, R., Samper, C., Scholes, R., Shidong, Z., 2005. *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being*, Island Press. ed.
- Rigal, S., Dakos, V., Alonso, H., Auniš, A., Benkő, Z., Brotons, L., Chodkiewicz, T., Chylarecki, P., de Carli, E., del Moral, J.C., Domşa, C., Escandell, V., Fontaine, B., Foppen, R., Gregory, R., Harris, S., Herrando, S., Husby, M., Ieronymidou, C., Jiguet, F., Kennedy, J., Klvaňová, A., Kmecl, P., Kuczyński, L., Kurlavičius, P., Kålås, J.A., Lehikoinen, A., Lindström, Å., Lorrillière, R., Moshøj, C., Nellis, R., Noble, D., Eskildsen, D.P., Paquet, J.-Y., Pélissié, M., Pladevall, C., Portolou, D., Reif, J., Schmid, H., Seaman, B., Szabo, Z.D., Szép, T., Florenzano, G.T., Teufelbauer, N., Trautmann, S., van Turnhout, C., Vermouzek, Z., Vikstrøm, T., Voříšek, P., Weiserbs, A., Devictor, V., 2023. Farmland practices are driving bird

population decline across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 120, e2216573120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120>

RMT Biodiversité et agriculture, 2019. Agriculture et biodiversité, Je t'aime moi non plus ? Culture Agri 32.

RMT Prairies Demain, 2018. Prairies temporaires et rotations - Une multitude de services rendus à l'agriculture, Institut de l'élevage. ed. Paris.

RMT Prairies Demain, Fiorelli, J.-L., 2018. La prairie au coeur de la rotation. *Encyclopedia pratensis*, Guide pâturage : 100 fiches pour répondre à vos questions.

Roesch, L.F.W., Fulthorpe, R.R., Riva, A., Casella, G., Hadwin, A.K.M., Kent, A.D., Daroub, S.H., Camargo, F.A.O., Farmerie, W.G., Triplett, E.W., 2007. Pyrosequencing enumerates and contrasts soil microbial diversity. *ISME J* 1, 283–290. <https://doi.org/10.1038/ismej.2007.53>

Ruiz Camacho, N., Velasquez, E., Pando, A., Decaëns, T., Dubs, F., 2009. Indicateurs synthétiques de la qualité du sol. *Etude et Gestion des Sols* 16, 323–338.

Ruiz, S.A., Bickel, S., Or, D., 2021. Global earthworm distribution and activity windows based on soil hydromechanical constraints. *Commun Biol* 4, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02139-5>

Ryschawy, J., Disenhaus, C., Bertrand, S., Allaire, G., Aznar, O., Plantureux, S., Josien, E., Guinot, C., Lasseur, J., Perrot, C., Tchakerian, E., Aubert, C., Tichit, M., 2017. Assessing multiple goods and services derived from livestock farming on a nation-wide gradient. *Animal* 11, 1861–1872. <https://doi.org/10.1017/S1751731117000829>

Ryschawy, J., Tichit, M., Bertrand, S., Allaire, G., Plantureux, S., Aznar, O., Perrot, C., Guinot, C., Josien, E., Lasseur, J., Aubert, C., Tchakerian, E., Disenhaus, C., 2015. Comment évaluer les services rendus par l'élevage? Une première approche méthodologique sur le cas de la France. *INRA Production Animale* 23–38.

Sarthou, J.-P., 2016. Infrastructure agroécologique : Définition. *Dictionnaire d'agroécologie* 1. <https://doi.org/10.17180/Q9H6-F326>

Schippers, P., Grashof, C.J., Verboom, J., Baveco, H., Jochem, R., Meeuwssen, H., van Adrichem, M., 2008. Sacrificing patches for linear habitat elements enhances metapopulation performance of woodland birds in fragmented landscapes. *Landscape Ecology* 24 (2008) 8. <https://doi.org/10.1007/s10980-008-9313-9>

Schohier, A., Dumont, B., 2012. How do sheep affect plant communities and arthropod populations in temperate grasslands? *Animal* 6, 1129–1138. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002618>

Sirami, C., Gross, N., Baillod, A.B., Bertrand, C., Carrié, R., Hass, A., Henckel, L., Miguet, P., Vuillot, C., Alignier, A., Girard, J., Batary, P., Clough, Y., Violle, C., Giralt, D., Bota, G., Badenhauer, I., Lefebvre, G., Gauffre, B., Vialatte, A., Calatayud, F., Gil-Tena, A., Tischendorf, L., Mitchell, S., Lindsay, K., Georges, R., Hilaire, S., Recasens, J., Solé-Senan, X.O., Robleño, I., Bosch, J., Barrientos, J.A., Ricarte, A., Miñano, J., Mathevet, R., Gibon, A., Baudry, J., Balent, G., Poulin, B., Burel, F., Tschardtke, T., Bretagnolle, V., Siriwardena, G., Ouin, A., Brotons, L., Martin, J.-L., Fahrig, L., 2019. Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 116, 16442–16447. <https://doi.org/10.1073/pnas.1906419116>

Sirami, C., Midler, E., 2021. Hétérogénéité des paysages agricoles, biodiversité et services écosystémiques (Analyse No. 163), Les publications du service de la Statistique et de la prospective - Centre d'études de prospective. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Sirami, C., Theau, J.-P., Ryschawy, J., 2016. Services écosystémiques dans les agroécosystèmes. *Dictionnaire d'agroécologie*.

Sneessens, I., Veysset, P., Benoit, M., Lamadon, A., Brunschwig, G., 2016. Direct and indirect impacts of crop-livestock organization on mixed crop-livestock systems sustainability: a model-based study. *Animal* 10, 1911–1922. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000720>

Theau, J.-P., Choisis, J.-P., 2016. Prairie permanente. *Dictionnaire d'agroécologie*.

Thome, J.P., Desière, M., 1975. Evolution de la densité numérique des populations de Collembolés dans les excréments de Bovidés et d'Equidés. *Revue d'Ecologie et de Biologie du sol* 3, 627–641.

Tiers, N., 2023. Des systèmes valorisant la biodiversité domestique. *L'éleveur laitier* 114.

Torsvik, V., Øvreås, L., Thingstad, T.F., 2002. Prokaryotic Diversity-Magnitude, Dynamics, and Controlling Factors. *Science* (New York, N.Y.) 296, 1064–6. <https://doi.org/10.1126/science.1071698>

Tosser, V., 2021. Auxiliaires des cultures : les observer pour mieux les intégrer dans son système agricole. *Perspectives Agricoles*.

UICN, 2020. Union internationale pour la conservation de la nature rapport annuel 2019, UICN. ed. UICN, Suisse.

UMR 6553 Ecobio, Université de Rennes 1, 2016. Diversité spécifique des vers de terre [WWW Document]. *naturefrance*. URL <http://naturefrance.fr/indicateurs/diversite-specifique-des-vers-de-terre> (accessed 6.8.23).

Van Vooren, L., Reubens, B., 2018. Multifunctionality in agriculture : impact of hedgerows, grass strips and extensive grassland management on crops, regulating ecosystem services and biodiversity (PhD thesis). Ghent University, Ghent, Belgium.

Van-Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile, A.R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S.-K., 2004. Reports of the technical working group established under the Thematic Strategy for Soil Protection (No. Volume III). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Vincent, Q., Auclerc, A., Leyval, C., 2022. La biodiversité des sols. *Encyclopédie de l'environnement*. URL <https://www.encyclopedie-environnement.org/sol/biodiversite-sols/> (accessed 8.24.23).

Wiktionnaire, 2020. pédofaune. Wiktionnaire, le dictionnaire libre.

Wolcott, K., Vulinec, K., 2012. Bat Activity at Woodland/Farmland Interfaces in Central Delaware. *Northeastern Naturalist* 19, 87–98. <https://doi.org/10.2307/41429418>

Zulian, G., Maes, J., Paracchini, M.L., 2013. Linking Land Cover Data and Crop Yields for Mapping and Assessment of Pollination Services in Europe. *Land* 2, 472–492. <https://doi.org/10.3390/land2030472>

Collection
Résultats

Edité par :
l'Institut de l'Élevage
149 rue de Bercy
75595 Paris Cedex 12
www.idele.fr
Novembre 2023

Dépôt légal :
4^{ème} trimestre 2023
© Tous droits réservés
à l'Institut de l'Élevage
Réf. 0023413001
ISSN 1773-4738



Relations entre élevage herbivore et biodiversité

Résumé

L'agriculture française s'est transformée après la Seconde Guerre mondiale pour répondre aux besoins de production, entraînant une simplification des paysages, l'usage massif d'intrants et la perte de diversité génétique. Ces changements ont provoqué un appauvrissement de la biodiversité, une pollution accrue des milieux et une pression sur les ressources naturelles. La biodiversité est pourtant essentielle à la résilience des systèmes agricoles, à la régulation du climat et à la sécurité alimentaire. Elle permet, entre autres, d'assurer la pollinisation et d'améliorer les rendements agricoles de façon durable. Une transition écologique forte est donc indispensable pour préserver les écosystèmes et garantir le maintien des services écosystémiques.

Cette revue bibliographique dresse un aperçu des liens entre l'élevage herbivore et la biodiversité. Les arguments présentés s'appuient sur des données scientifiques solides issues de nombreuses références. En effet, l'élevage herbivore joue un rôle fondamental dans le maintien de la biodiversité. Il contribue à façonner et entretenir des paysages diversifiés, et favorise une grande diversité d'habitats pour la flore et la faune sauvage. L'assolement varié présent sur de nombreuses fermes d'élevage permet la coexistence de différentes cultures et d'espaces gérés de façon plus extensive, comme les prairies. Ces dernières enrichissent les sols en matière organique et favorisent la biodiversité dans les sols à toutes les échelles (des microorganismes aux vers de terre), et ainsi leur fertilité sur le long terme. Par ailleurs, les effluents d'élevage, une fois épandus, enrichissent les terres cultivées en nutriments, contribuant ainsi à leur productivité. Les prairies permanentes, caractéristiques de ce mode d'élevage, offrent des habitats refuges pour la faune sauvage et présentent une richesse floristique supérieure à celle des systèmes de culture. Par ailleurs, certaines pratiques d'élevage permettent l'entretien de milieux sensibles, comme les milieux humides et les bâtiments d'élevage sont aussi très riches en biodiversité (chauves-souris, oiseaux, insectes, ...).

Avec le soutien financier de :

Contact :
noemie.bataille@idele.fr

Novembre 2023
Réf. 0023413001
ISSN 1773-4738

www.idele.fr

