

# VALORISATION DE RESSOURCES ATYPIQUES DANS DES EXPLOITATIONS BOVINES DE L'OUEST DE LA FRANCE

## Mise en situation

La raréfaction de certains intrants appelle à développer des systèmes agricoles autonomes. En élevage, l'autonomie peut être soutenue par l'utilisation adaptée de ressources végétales issues du capital naturel des exploitations ou de leur territoire proche. Comment peuvent-elles s'intégrer dans les systèmes d'élevage ? Eléments de réflexion à partir de quatre fermes singulières du Grand Ouest.

## Résumé

Les changements globaux (climatiques, économiques, politiques) appellent à une transformation agro-écologique des systèmes agricoles et alimentaires, et en particulier des systèmes d'élevage. L'utilisation de ressources atypiques issues du capital naturel des exploitations agricoles ou de leur territoire proche est une voie à explorer pour contribuer à l'autonomie des fermes. En s'appuyant sur 4 fermes singulières de l'Ouest de la France (bovins lait ou viande), cet article présente une analyse exploratoire d'une diversité de ressources utilisées par ces systèmes : prairies peu productives délaissées, végétations spontanées des milieux humides, formations ligneuses. Ces ressources atypiques peuvent être utilisées en tant que fourrages (pâturés ou distribués) mais également pour le paillage des bâtiments d'élevage. Si ces ressources peuvent être présentes naturellement sur l'exploitation ou dans son environnement proche, certaines peuvent être aussi plantées. A travers une analyse des flux d'azote entre les composantes du système, dite analyse « métabolique », cet article montre que ces ressources peuvent substantiellement contribuer à l'autonomie des fermes en limitant le recours à certains intrants (fourrages, paille), bien qu'elles ne puissent pas se substituer entièrement aux ressources plus traditionnellement utilisées en élevage de ruminants. Outre leur rôle fourrager, ces ressources (et par extension les espaces qui y sont associés) peuvent jouer un rôle dans la préservation de la biodiversité, sous réserve d'une gestion adaptée de la part de l'éleveur.

## Summary

### Making the most of atypical resources on beef farms in western France

Global changes (climatic, economic, political) are calling for an agroecological transition of agricultural and food systems, and of livestock farming systems in particular. The use of atypical resources derived from farms natural capital is one way of contributing to farm self-sufficiency. Based on 4 unique farms in western France (dairy and beef cattle), this article presents an exploratory analysis of a diversity of resources used by these systems (neglected low-productivity grasslands, marsh reedbeds, woody formations). These atypical resources can be used as fodder (grazed or distributed), but also for mulching livestock buildings. While these resources may occur naturally on the farm or in its immediate environment, some may also be planted. Through an analysis of nitrogen flows between system components, known as a 'metabolic' analysis, this article shows that these resources can make a substantial contribution to farm self-sufficiency by replacing some inputs (forages, straw), although they cannot entirely replace the resources more traditionally used in ruminant farming. In addition to their role as fodder, these resources (and by extension the spaces associated with them) can play a role in preserving biodiversity, provided an adequate management by the farmer.

Article accepté pour publication le 01 juillet 2024.

## Auteurs

D. STERLING<sup>1,2</sup>, T. PUECH<sup>2</sup>, D. DURANT<sup>1</sup>, J-F. GLINEC<sup>3</sup>, S. NOVAK<sup>4</sup>, F. SIGNORET<sup>5</sup>, A. FARRUGIA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRAE, DSLP, F-17450 SAINT LAURENT DE LA PREE <sup>2</sup>INRAE, UR 0055 ASTER, F-88500 MIRECOURT <sup>3</sup>GAEC de Trévarn, F-29800 SAINT-URBAIN <sup>4</sup>INRAE, FERLUS, F- 86600 LUSIGNAN <sup>5</sup>GAEC de La Barge, F-85690 NOTRE DAME DE MONTS.

### Auteur correspondant:

Thomas PUECH

thomas.puech@inrae.fr

## Mots clés

Ressource atypique, Système d'élevage, Stratégie, Enquête, Analyse de Réseaux Ecologiques.

## Key words

Atypical resource, dairy system, management strategy, on-farm investigation, Ecological network analysis.

## Références de l'article

STERLING D., PUECH T., DURANT D., GLINEC J-F., NOVAK S., SIGNORET F., FARRUGIA A., (2024). Valorisation de ressources atypiques dans des exploitations bovines de l'Ouest de la France, *Fourrages* 258, 87-101.

## Introduction

Les systèmes d'élevage, et en particulier ceux basés sur l'élevage de ruminants, sont au cœur de débats sociétaux alors même que le cheptel français a enregistré un recul de 15% ces 10 dernières années (AGRESTE, 2023). Le métier d'éleveur doit se réinventer pour mieux rémunérer le travail et répondre aux attentes sociales, en particulier celles des nouvelles générations, mais aussi faire face à de nouveaux enjeux : évolution dans un contexte économique marqué par la volatilité des prix agricoles (INSEE, 2022), injonction à réduire ses émissions des gaz à effet de serre (Lee *et al.*, 2023), maintien de la biodiversité (Díaz et Malhi, 2022; Rigal *et al.*, 2023) et amélioration de son autonomie protéique (Duflot, 2023). Cela questionne également les ressources que l'élevage des animaux mobilise, en particulier celles qui sont en concurrence avec l'alimentation humaine (Benoit et Mottet, 2023; Mottet *et al.*, 2017).

L'agroécologie est promue comme une piste à explorer pour l'agriculture de demain (Wezel *et al.*, 2009), en particulier au regard de l'autonomie des fermes (Bonaudo *et al.*, 2014). Elle apparaît en effet comme une approche prometteuse pour faire face aux enjeux climatiques, environnementaux et sociaux, en réduisant les externalités négatives de l'agriculture conventionnelle, en particulier la perte de biodiversité. Eisler *et al.* (2014) proposent différentes pistes d'adaptation de l'élevage dont la première est celle de la valorisation des ressources non cultivées, et notamment celles issues d'espaces naturels marginalisés. Ces auteurs citent à titre d'exemple l'azolla (*Azolla sp.*), une petite fougère aquatique, qui est utilisée en Inde par certains éleveurs de bovins laitiers. Cette plante a une croissance très rapide (doublement de volume tous les jours lorsque les nutriments qui lui sont nécessaires ne sont pas en quantité limitante), et une teneur en matières azotées totales (MAT) particulièrement élevée (entre 180 et 320 g/kg de matière sèche (MS) - Leterme *et al.*, 2009). Le roseau (*Arundo donax*), utilisé dans le sud du Maroc et en Mauritanie comme ressource fourragère pour le bétail, pourrait également être cité (Calestreme, 2002 ; Gélard, 2007).

En France, certaines ressources, et en particulier celles issues des ligneux (Emile *et al.*, 2017; Moreau *et al.*, 2020), sont valorisées dans le cadre des pratiques de pastoralisme principalement développées dans le Sud du pays. Par le passé, certaines ressources fourragères étaient couramment utilisées pour affourager les animaux. Ce fut le cas des feuilles de frênes durant l'épisode de sécheresse de l'été 1976 (Goust, 2017). Des ressources herbacées variées ont aussi pu être mobilisées : il est fait mention de l'usage de roseaux communs (*Phragmites australis*) pour l'alimentation animale dans une charte datée de 1235 (Goergen, 1996) à Vauvert, dans le Gard.

Aujourd'hui, à l'exception du contexte pastoral du Sud de la France, il est peu fait mention de ces ressources dans les travaux de recherche et développement. En 2018, le Nord et le Grand Ouest comptent ainsi moins de 1% de surfaces pastorales

déclarées au Registre Parcellaire Graphique (Nozieres-Petit *et al.*, 2021). Dans ces régions agricoles, dominées par les systèmes intensifs, les exploitations agricoles se basent sur l'utilisation d'une diversité très limitée de ressources alimentaires pour les animaux, issues principalement des prairies (permanentes ou temporaires) et de cultures fourragères annuelles dédiées (maïs, céréales, protéagineux). Pourtant, dans la perspective de la transition agroécologique de ces modèles, le recours à des ressources issues du capital naturel des exploitations et le développement de pratiques apparentées au pastoralisme pourraient être envisagés. Ce capital comprend les éléments naturels généralement peu intégrés aux systèmes de production tels que les arbres, les haies ou les végétations spontanées (Ten Brink, 2015). Dans cet article, le terme « atypique » sera utilisé pour qualifier certaines ressources : l'atypicité de ces ressources pouvant relever soit des ressources elles-mêmes, soit des pratiques de valorisation rares sur un territoire d'étude donné (sans exclure que ces ressources ou pratiques puissent être courantes dans d'autres régions). Dans les systèmes conventionnels, ces éléments sont généralement perçus comme improductifs, voire contre-productifs et requérant un investissement en temps pour leur entretien sans forcément de contrepartie économique (Bouchard, 2023). Ces ressources font rarement l'objet d'études dans le champ de l'agronomie et de la zootechnie et par conséquent les modalités de leur gestion sont généralement exclues du champ des recherches sur les systèmes agricoles d'Europe de l'Ouest (Girard et Alavoine-Mornas, 2014). Ainsi, en dépit de ces utilisations passées ou dans d'autres contextes, peu de connaissances existent actuellement sur la nature et la composition de ces ressources végétales en France, mais aussi sur les pratiques permettant de les intégrer dans des systèmes d'exploitation (Dubeuf *et al.*, 2023, Novak *et al.*, 2020 a,b).

Cet article présente les résultats d'une étude exploratoire réalisée sur 4 fermes non représentatives des élevages bovins du Grand Ouest, qui valorisent des ressources issues du capital naturel (Figure 1a et Figure 1b). Ses objectifs sont :

- de caractériser les motivations des éleveurs à utiliser ces ressources (affouragement, litière, préservation de la biodiversité...), ainsi que les logiques d'action mises en œuvre,
- de quantifier la contribution de ces ressources aux performances des fermes, en particulier au regard de leur contribution à leur autonomie protéique (Duflot, 2023).

## Matériels et méthodes

### Quatre systèmes d'élevage singuliers et originaux

Ce travail s'appuie sur l'analyse de quatre systèmes d'élevage bovin du Grand Ouest :

- Le GAEC de Trévarn (« Trévarn » dans la suite de l'article) est



FIGURE 1 : Photographies de vaches pâturant des fourrages atypiques  
a : Vache croisée du GAEC de Trévarn pâturant une haie bocagère (Photo J. F. Glinec)  
b : Vache Maraîchine pâturant des roseaux (Photo F. Signoret)

FIGURE 1 : Photographs of cows grazing atypical forage

une ferme commerciale située dans le bocage breton (Saint-Urbain, Finistère). La ferme est en système bovin lait herbager (73 ha de prairies permanentes, 74 vaches de races croisées) et est certifiée en agriculture biologique.

- L'expérimentation système OasYs est située au Sud-Ouest de la Vienne (Unité expérimentale (UE) INRAE Ferlus – Lusignan doi.org/10.15454/1.5572219564109097E12 ; OasYs dans la suite). Le système expérimenté est un système de polyculture-élevage bovin lait (61 ha de prairies temporaires et 30 ha de cultures annuelles fourragères, 72 vaches laitières en croisement rotatif 3 voies).

- Le GAEC de La Barge (La Barge dans la suite) est située dans le marais breton (Notre-Dame-de-Monts, Vendée). Le système est orienté bovin allaitant herbager (170 ha de prairies permanentes et 10 ha de luzerne, 50 mères) et suit le cahier des charges « Nature et Progrès » (Fédération Nature & Progrès, 2017)

- L'expérimentation système Transi'marsh (UE INRAE de Saint Laurent de la Prée, Charente-Maritime, Transi'marsh par la suite) se situe au cœur du marais de Rochefort. Le système expérimenté est un système de polyculture-élevage bovin allaitant (100 ha de prairies permanentes et 60 ha de cultures, 50 mères) et est certifié en agriculture biologique.

Les deux fermes commerciales (La Barge et Trévarn) ont intégré de longue date ces ressources dans leur fonctionnement (Glinec, 2019). En revanche, l'introduction des ressources atypiques fait partie intégrante depuis une dizaine d'années des projets scientifiques des deux expérimentations système INRAE<sup>1</sup> (Durant et al., 2020, 2021; Novak et al., 2013, 2020b), mais leur utilisation reste encore relativement marginale.

#### Le choix de ces 4 fermes a été motivé par les raisons suivantes :

- toutes utilisent des ressources atypiques dans un objectif d'autonomie de leur système en alimentation ou/et en litière. Ces fermes s'appuient sur des logiques de maximisation du pâturage, dans la mesure où les conditions de leur milieu le permettent.

- ces ressources sont de natures botaniques différentes et sont

d'origines variées.

- 3 des 4 fermes mettent la biodiversité au cœur de leurs pratiques agricoles (Trévarn, La Barge et Transi'marsh). La valorisation des ressources atypiques s'inscrit dans leur volonté de concilier la valorisation d'un capital naturel tout en assurant sa préservation et ses fonctions d'habitats pour la faune et la flore.

- toutes ces fermes sont en rupture par rapport aux fermes conventionnelles de par leurs pratiques et leur fonctionnement. Elles explorent de nouveaux champs de la transition agroécologique. Si la transmission des connaissances produites sur ces systèmes fait partie des missions des deux fermes expérimentales, les deux fermes commerciales s'inscrivent dans des démarches de construction (avec le monde de la recherche et des naturalistes) et partagent ces connaissances auprès des citoyens, du monde agricole mais également des communautés de recherche et développement francophones (Glinec, 2016, 2019).

### Comprendre et analyser le rôle des ressources atypiques dans le fonctionnement des systèmes

Deux approches ont été mobilisées sur chacun des systèmes :

- des enquêtes qualitatives pour comprendre les motivations des éleveurs à utiliser des ressources atypiques, les usages qu'ils en font et leurs logiques d'action, en s'appuyant sur la méthode d'observation participante (Perrin, 2021) et l'analyse fonctionnelle (Moulin et al., 2001).

- des analyses quantitatives pour évaluer la contribution des ressources atypiques aux performances des fermes en particulier leur autonomie. Pour ce faire, nous nous appuyons sur l'analyse du métabolisme azoté en tant que proxy du fonctionnement protéique des systèmes d'élevage. En effet, l'azote est l'un des principaux facteurs limitants des systèmes agricoles, particulièrement des systèmes extensifs tels que ceux étudiés dans cet article (Barbieri et al., 2021). Il est par ailleurs largement mobilisé dans l'étude des systèmes d'élevage (Garnier et al., 2016 ; Stark et al., 2018

<sup>1</sup> Pour simplifier la lecture, les expérimentateurs d'OasYs et Transi'marsh seront qualifiés d'«éleveurs» dans l'article.

; Steinmetz *et al.*, 2021). Pour analyser les performances de ces systèmes et le rôle des ressources atypiques dans ces performances, nous mobilisons des indicateurs issus des approches de type Ecological Network Analysis (Fath *et al.*, 2007).

### L'observation participante

Une méthode d'observation participante (Perrin, 2021) a été mise en œuvre pour comprendre et analyser les pratiques d'élevage, en particulier les pratiques associées à l'usage des ressources atypiques. Cette méthode d'immersion dans le quotidien des fermes (sur une durée d'une semaine dans chacune des 4 fermes étudiées) a permis de collecter les éléments nécessaires à la compréhension de leur fonctionnement, des problématiques rencontrées et les motivations des éleveurs. Un des principaux intérêts de cette méthode est de permettre une alternance de temps d'enquêtes formels (1 à 2 h par jour) et de compréhension informels (Perrin, 2021) au sein de la vie quotidienne de la ferme : organisation du travail et de la ferme, conduite du troupeau, gestion fourragère... Ces périodes d'observations et d'interactions avec les éleveurs

permettent de comprendre la nature des ressources atypiques utilisées et les pratiques qui y sont associées (pâturage, récolte...).

La formalisation de ces observations s'est appuyée sur l'analyse fonctionnelle (Moulin *et al.*, 2001) et le concept de saisons-pratiques (Bellon *et al.*, 1999) pour représenter les séquences d'alimentation, et notamment celles qui mobilisent les ressources atypiques. Une saison-pratique est définie comme une période de l'année durant laquelle l'éleveur mobilise une « combinaison de ressources comparables ». Durant cette phase d'observation participante, les données nécessaires à l'analyse du métabolisme ont été collectées (voir 2.2.2).

### L'analyse du métabolisme azoté et des indicateurs de performance

Pour quantifier la place des ressources atypiques dans le fonctionnement des systèmes d'élevage, une analyse du métabolisme azoté a été conduite sur les quatre systèmes sur la base d'un modèle commun (Figure 2a). Ce dernier identifie les principales composantes des agrosystèmes classiquement

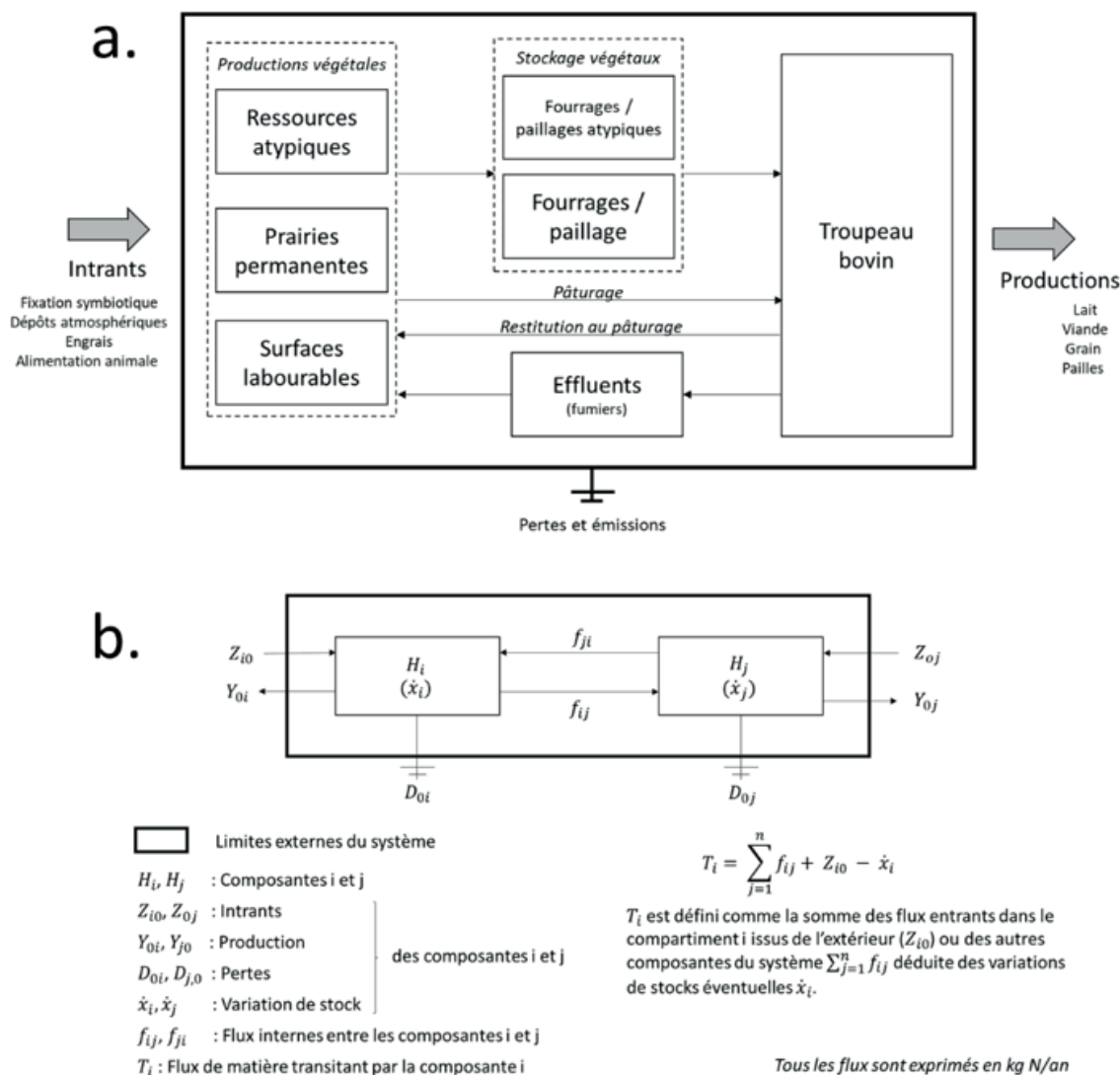


FIGURE 2 : Modèle conceptuel (a. - adapté de Stark *et al.* (2019)) et modèle théorique (b. - adapté de Finn (1980)) pour l'analyse des 4 systèmes étudiés  
 FIGURE 2 : Conceptual model (a. - adapted from Stark *et al.* (2019)) and theoretical model (b. - adapted from Finn (1980)) for the analysis of the 4 systems studied

modélisées dans ce type d'approche (Puech et Stark, 2023 ; Stark et al., 2019 ; Steinmetz et al., 2021), complétées par des composantes relatives à la production et au stockage de ressources atypiques (respectivement [Ressources atypiques] et [fourrages/paillages atypiques] sur la figure 2a). Les interactions entre les composantes (exprimées en kg N/an – figure 2b) sont évaluées à partir des flux de nutriments entre les composantes ( $f_{ij}$ ), des intrants ( $Z_{(i,0)}$  et  $Z_{(j,0)}$ ), des productions exportées ( $Y_{(0,i)}$  et  $Y_{(0,j)}$ ) et des pertes du système ( $D_{(0,i)}$  et  $D_{(0,j)}$ ).

Les systèmes sont ensuite évalués à travers :

- **l'activité totale du système**, correspondant à l'ensemble des flux transitant par chacune des composantes -  $T_i$  (TST – Eq. 1 – exprimé en kg N/ha/an).

$$TST = \sum_{i=1}^n T_i \quad (\text{Eq. 1})$$

- **l'activité interne au système** (TT – Eq. 2 - exprimé en kg N/ha/an) correspondant aux seules interactions entre les composantes du système (flux de fourrages, effluents organiques...).

$$TT = \sum_{i,j} f_{ij} \quad (\text{Eq. 2})$$

- **l'autonomie protéique du système** (Aut – Eq. 3 - exprimé en %), définie comme la part de l'activité du système assurée par les interactions entre les composantes. L'autonomie représente un indicateur de la dépendance des systèmes aux intrants, quelle que soit leur nature (1-Aut).

$$Aut = \frac{TT}{TST} \quad (\text{Eq. 3})$$

- **la part des intrants azotés** assurés par les dépôts atmosphériques et légumineuses via la fixation symbiotique (IRen – Eq. 4 - exprimé en %). Cet indicateur représente un proxy (1-IRen) de la dépendance des systèmes à l'achat d'intrants azotés (azote minéral, aliments des animaux...).

$$IRen = \frac{\sum_i^{n_{renouvelables}} Z_{i,0}}{\sum_j^n Z_{j,0}} \quad (\text{Eq. 4})$$

- **le rôle des ressources atypiques** dans le métabolisme des systèmes (Sterling, 2023), caractérisé par la part de l'activité interne au système assurée par les ressources atypiques (ARI – Eq. 5) et la part des besoins alimentaires des troupeaux assurée par les fourrages atypiques (ARF – Eq. 6).

$$ARI = \frac{\sum_i^{Ressources \& \text{ fourrages atypiques}} f_i}{TT} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$ARF = \frac{\sum_i^{Ressources \& \text{ fourrages atypiques}} f_i}{\sum_i^{Troupeau} f_i} \quad (\text{Eq. 6})$$

La quantification du métabolisme s'est faite en deux temps selon la démarche proposée par Puech et Stark (2023) :

- Dans un premier temps, les flux physiques ont été établis à partir des données collectées lors des phases d'observation

participante et complétées par les systèmes d'information des deux unités expérimentales. Les sources d'informations principales ont été les calendriers de pâturage et d'alimentation des animaux, cahiers d'épandages et de récoltes, ainsi que les registres de ventes (lait, animaux, productions végétales) ou d'achat d'intrants (matières fertilisantes si concernées, animaux ...). La biomasse prélevée au pâturage par les bovins a été estimée sous l'hypothèse d'un prélèvement quotidien moyen de 16 kg MS/UGB/j.

- Dans un second temps, ces flux physiques ont été convertis dans une unité commune exprimée en kg N. Si disponibles, les résultats d'analyses ont été privilégiés (principalement dans les unités expérimentales ; par exemple les analyses d'effluents, de fourrages...). Des analyses spécifiques ont été réalisées sur les ressources atypiques (données ne faisant pas l'objet de cet article). Les informations manquantes ont été complétées par des références régionales : (i) la valeur alimentaire des prairies permanentes selon leur saisonnalité (Baumont et al., 2011), (ii) les restitutions organiques au pâturage ont été estimées à hauteur de 85 kg N/UGB/an pour Transi'marsh, La Barge et Trévarn et 110 kg N/UGB/an pour OasYs compte tenu des différences de productivité (Delaby et Foray, 2021), (iii) les pertes par volatilisation ont été établies à partir des coefficients développés par Peyraud et al. (2012), (iv) les dépôts atmosphériques ont été estimés à partir des données collectées sur les stations météorologiques de Saint-Laurent-de-la-Prée, Lusignan et Ploudaniel (env. 20 km de Trévarn) et (v) les pertes par lixiviation et la fixation symbiotique par les légumineuses ont été estimées à partir des travaux de Anglade (2015).

Les analyses sont basées sur le fonctionnement des systèmes au cours de l'année civile 2022 compte tenu de la disponibilité des données en fermes commerciales. Cette année se caractérise d'un point de vue météorologique par un déficit hydrique (défini comme la différence entre la pluviométrie P et l'évapotranspiration potentielle ETP) marqué sur la période printemps – été (15 avril au 30 août). Ainsi, les valeurs de P-ETP atteignent -566 mm, -505 mm et -396 mm sur les unités expérimentales de Saint-Laurent-de-la-Prée, Lusignan et Ploudaniel sur la période concernée, comparativement à la moyenne des 20 dernières années (respectivement -362, -306 et -139 mm sur la période 2002-2022).

## Résultats

### Nature et origine des ressources atypiques

Trois types de ressources ont été identifiés, ceux-ci pouvant se combiner au sein des fermes. Ces types se définissent à la fois par la nature des ressources atypiques et par leur localisation.

### Utiliser les végétations spontanées de l'exploitation

Une diversité de végétations spontanées spécifiques des milieux humides sont utilisées par La Barge et, dans une moindre mesure, par Transi'marsh. Ces végétations sont distribuées selon un gradient topographique associé à des régimes hydriques particuliers (figure 3) : les prairies hygrophiles (dites « Loires ») sont

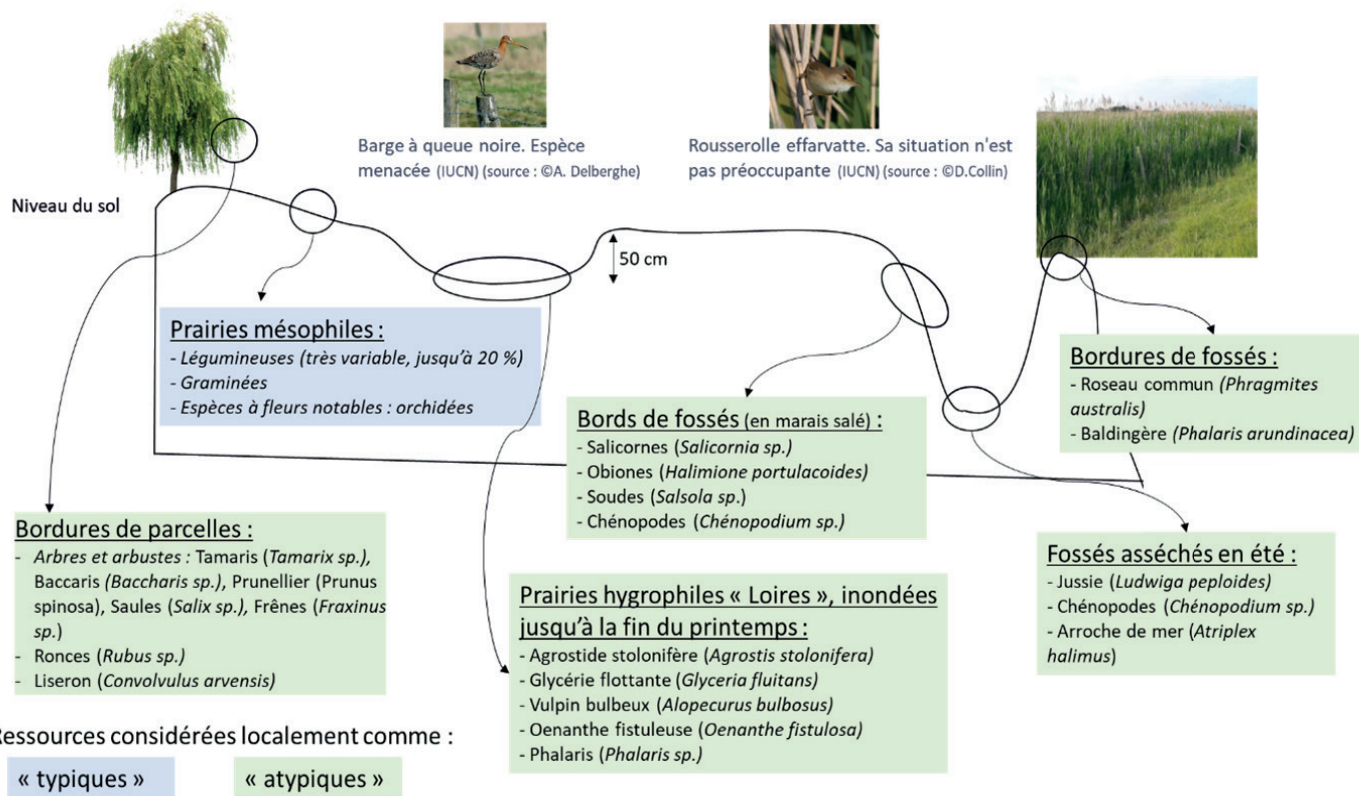


FIGURE 3 : Les ressources fourragères sur la ferme de La Barge  
FIGURE 3: Fodder resources at La Barge farm

caractérisées par une immersion prolongée en période hivernale jusqu'en fin de printemps et une végétation caractéristique (agrostide stolonifère, glycérie flottante...). Les bordures de fossés sont caractérisées par une végétation très particulière selon la présence d'eau saumâtre (salicorne, obiones...) ou d'eau douce (roseaux - Durant *et al.*, 2021). Le fond des fossés constitue également un milieu atypique, de par sa végétation accessible en période d'assec (jussie, chénopodes, arroche de mer). Enfin, la présence d'espèces ligneuses ou d'espèces épineuses (ronces) constitue une ressource atypique des bordures de parcelles (mais non spécifique des milieux de marais - voir 3.1.2). Ces végétations, et les milieux dans lesquels elles se développent, représentent par ailleurs des habitats hébergeant une flore et une faune singulières et menacées (ex. des limicoles comme la barge à queue noire ou le chevalier gambette).

Les formations végétales telles que les arbres intra parcellaires, les haies en bordure de parcelles, les talus, les lianes présentes sur l'exploitation peuvent également constituer des ressources fourragères atypiques pour les animaux. Tréarn compte ainsi près de 19 km linéaires de haies bocagères et d'ourlets (talus de haies) à partir desquels les animaux peuvent consommer les feuilles des arbres jusqu'à environ 2 m de hauteur ou la flore herbacée. Cet apport fourrager n'a pas été comptabilisé au vu de la difficulté à évaluer les quantités ingérées par les animaux. Les ourlets sont soit protégés, soit pâturés par les animaux selon les besoins des éleveurs. Ils sont débroussaillés manuellement tous les ans. L'inventaire botanique réalisé sur la ferme a révélé qu'ils contiennent près de

50 % de la biodiversité végétale de l'exploitation (Glinec, 2016).

### Utiliser des ressources spontanées non valorisées par les autres acteurs du territoire

Cette stratégie consiste à valoriser des ressources non utilisées par les autres acteurs sur le territoire qui est proche de l'exploitation. Ainsi, les éleveurs de La Barge font pâturer les bords des chemins pendant les déplacements des animaux ou l'intégralité des fossés ou des haies les séparant d'un voisin. Les éleveurs de Transi'marsh fauchent des roselières non utilisées par leurs voisins, agriculteurs ou particuliers. Les éleveurs de Tréarn fauchent des prairies naturelles humides et des prairies en pente du bocage breton de faible profondeur (figure 4) délaissées par les agriculteurs du territoire car considérées comme à fortes contraintes naturelles (pente, hydromorphie) et peu productives (2-3 t MS/ha/an contre 4 à 6 t MS/ha/an pour des prairies typiques de la région de Brest). Cette valorisation se fait généralement sur la base d'accords oraux. Ces surfaces ont été considérées comme intégrées aux systèmes agricoles pour les analyses métaboliques.

### Planter des ressources atypiques sur l'exploitation

Cette dernière modalité consiste à planter sur le territoire de l'exploitation des ressources atypiques : cette action est volontaire, planifiée et s'inscrit en cohérence avec les autres activités productives du système. Cette planification a particulièrement été observée sur la ferme expérimentale OasYs, où l'implantation

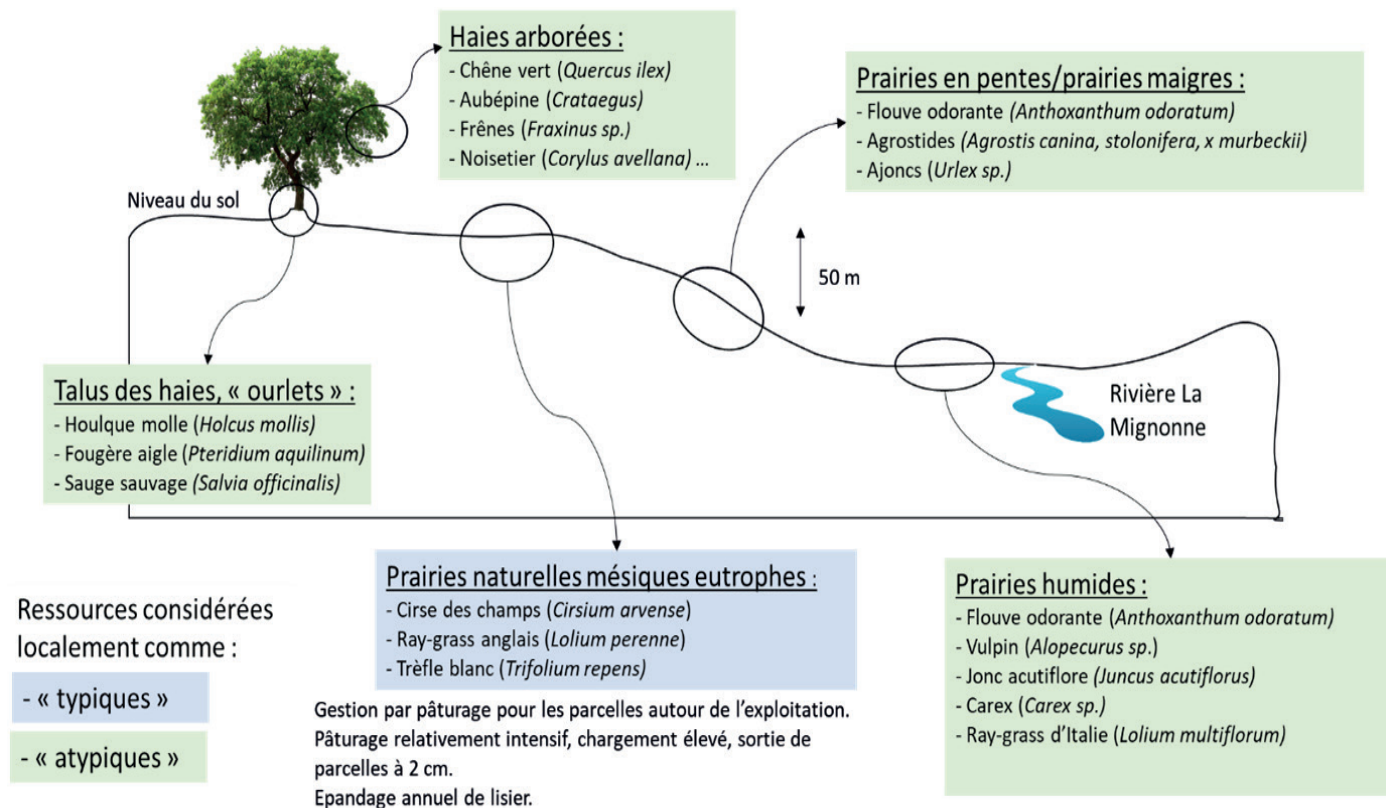


FIGURE 4 : Les ressources fourragères sur la ferme de Trévorn (adapté de Laurent et al., 2023)  
 FIGURE 4: Fodder resources on the Trévorn farm (adapted from Laurent et al., 2023)

d'espèces ligneuses fourragères s'intègre au projet scientifique et agricole débuté en 2013 (Novak et al., 2013) et s'articule avec une gestion spécifique de la sole cultivée (diversification des espèces herbacées fourragères semées) et des conduites d'élevage originales (maximisation du pâturage, allongement des lactations, croisement de races laitières ...). Ainsi une diversité de formations ligneuses a été implantée (Novak et al., 2020b), que ce soit en intra parcellaire sur 4 parcelles de 3 ha ou sous forme de haies, avec au total 70 espèces d'arbres, d'arbustes ou de lianes. Il s'agit principalement de ligneux à vocation fourragère, taillés en têtards, recepés ou plessés pour être directement pâturés par les animaux.

## Stratégies d'utilisation des ressources atypiques

Pour les éleveurs, la valorisation de ces ressources vise à compléter à moindre coût l'alimentation de leurs animaux en été ou en hiver et/ou le paillage dans les bâtiments, tout en préservant les habitats supports de biodiversité sur leur ferme ou sur leur territoire.

### Des ressources pour l'alimentation ou la litière

- Des ressources fourragères estivales

Une première stratégie consiste à intégrer les ressources atypiques alimentaires dans les rotations de pâturage des animaux. Cette pratique est décrite par les éleveurs comme la plus économe dans la mesure où elle limite les charges de mécanisation (carburant, matériel). Les éleveurs mettent à disposition des animaux au

pâturage des fourrages « verts » en période de déficit fourrager (sécheresses estivales). Ces fourrages peuvent être des feuilles de ligneux ou de lianes implantées spécifiquement sur OasYs ou des espèces à cycle végétatif retardé par rapport aux prairies (chénopodes, roseaux) à La Barge (figure 5) ou à Transi'marsh. Cela implique que ces fourrages ne soient pas accessibles aux animaux en dehors de ces périodes (particulièrement au printemps) par des dispositifs de mise en défens (clôtures).

Cette stratégie est particulièrement éprouvée et efficace sur La Barge (figure 5). En associant une diversité de ressources fourragères dont les ressources atypiques, les éleveurs cherchent à étaler la disponibilité fourragère pendant toute la saison de pâturage. Cela implique une gestion différenciée de l'eau dans les marais visant à hétérogénéiser les milieux pour créer de multiples niches écologiques permettant de diversifier les espèces végétales et leur stade physiologique. Pendant l'hiver, lorsqu'une partie des prairies est entièrement inondée, les éleveurs choisissent de ne pas forcer l'évacuation de l'eau, comme cela se fait typiquement autour de lui. Cette gestion différenciée consiste à condamner des rigoles intra parcellaires pour créer des impluvium oligo ou mésotrophes avec des végétations diverses selon le type de sol et la durée de la submersion ou encore fermer des fossés grâce à des batardeaux (barrage provisoire) pour provoquer la submersion des prairies par débordement et générer ainsi des groupements végétaux encore différents du fait de la richesse de l'eau des fossés en nutriments. Au printemps, lorsque l'eau se retire, les animaux pâturent uniquement les prairies permanentes, tandis que 11 ha de prairies et des bords des loires (surélevées) sont mis en défens pour un report sur pied.

Les loires et les fossés sont quant à eux inaccessibles car inondés. En fin du printemps, les 40 ha de loires sont alors pâturés. En été, la végétation des fossés à sec et des bords de fossés, verte et appétente constitue 10% de la ration tandis que le report d'herbe sur pied au stade épiaison, issu de zones protégées du pâturage au printemps apporte les 90% restants. D'autre part, le pâturage des animaux est organisé grâce à l'utilisation de clôtures mobiles, qui permettent de contraindre les animaux à consommer les ressources sur une surface définie (chargements élevés avec des temps de présence d'au plus quelques jours) ou à faciliter / guider le déplacement des animaux lors de leurs déplacements. La valorisation de ces ressources nécessite des apprentissages tant par les animaux que par les éleveurs. Si l'apprentissage de certaines pratiques peut être assez rapide (il faut à titre d'exemple quelques jours aux animaux pour appréhender les clôtures), d'autres peuvent prendre plusieurs années (apprendre à consommer des ressources dont les animaux n'ont pas l'habitude). De la même façon, les éleveurs doivent acquérir des compétences pastorales (largement répandues dans d'autres territoires) particulièrement dans la gestion du pâturage (chargement instantané, durée de présence dans les parcelles) et des ressources mises à disposition des animaux au regard de leurs besoins physiologiques (valeur alimentaire, appétence...). Ces compétences s'acquièrent notamment par des temps d'observation (jusqu'à 1h par jour et par lot d'animaux à La Barge, particulièrement important pour les veaux) et de partage au sein de réseaux (par exemple le réseau technique PâtureAjuste dédié au partage d'expériences sur les pratiques de valorisation des

végétations naturelles en élevage).

- Des ressources pour la litière

La seconde stratégie consiste à utiliser les ressources atypiques pour la litière des bâtiments d'élevage et ainsi limiter le recours à des achats de paille. Dans Transi'marsh par exemple, les éleveurs fauchent une roselière voisine de la ferme (à environ 10 km), en septembre, au moment où le sol est suffisamment portant pour permettre l'intervention mécanique. Mis en andain, le roseau sèche au soleil pendant 6-7 jours avant d'être pressé. Les balles de roseau sont stockées à l'extérieur, sous bâche, avant leur distribution, à la pailleuse, à partir de novembre-décembre. Les éleveurs préfèrent distribuer le roseau avant la naissance des veaux d'automne, car le roseau fait un peu plus de poussière au paillage (sans toutefois que cette poussière ne cause de problèmes respiratoires). Des analyses ont montré que les fumiers issus du roseau ont les mêmes propriétés que ceux de la paille de céréales (composition en minéraux et valeur fertilisante ; Durant *et al.*, 2021). Ainsi, c'est environ ¼ des besoins en litière qui est assuré par le roseau.

- Des ressources pour l'alimentation hivernale puis la litière

Cette troisième stratégie est développée par Trévarn dans laquelle les ressources atypiques sont quasiment exclusivement mobilisées pendant la saison hivernale (en période de tarissement des vaches laitières - Figure 6). Les prairies atypiques sont fauchées

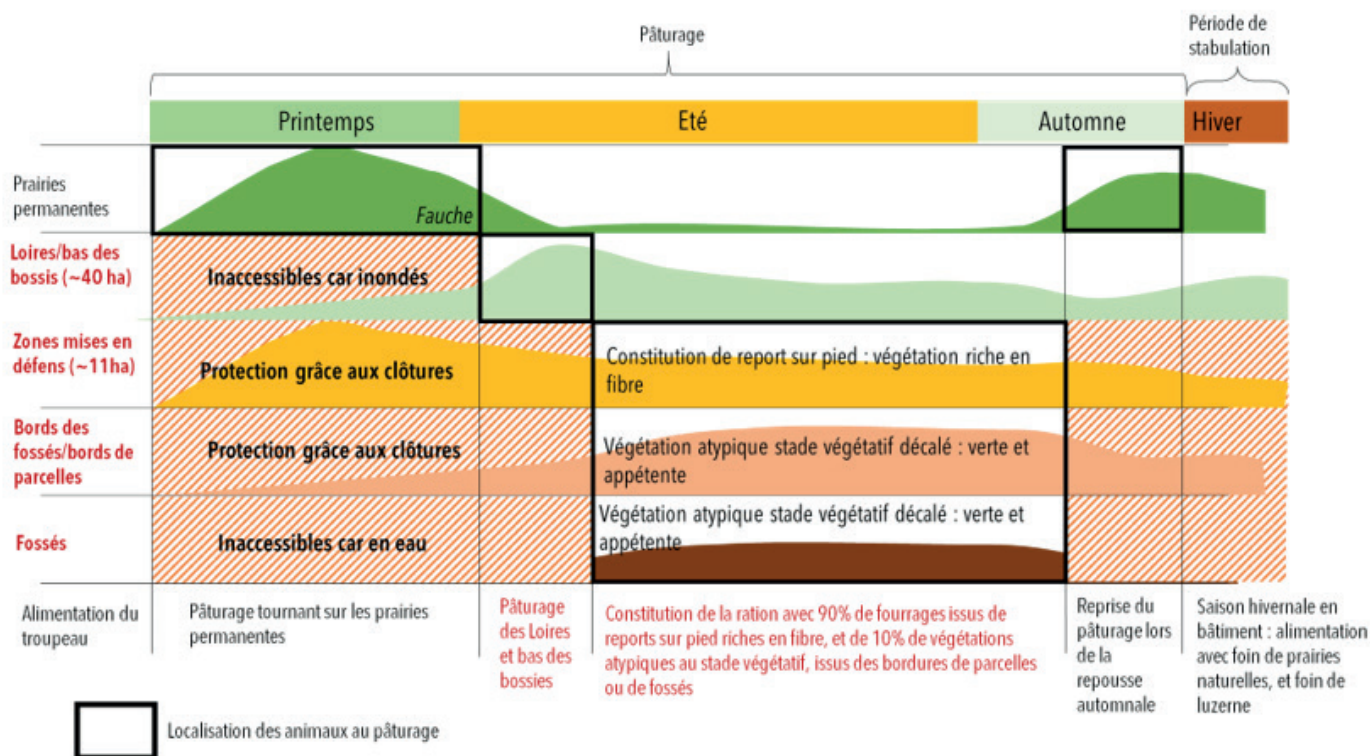


FIGURE 5 : Séquences d'alimentation pour le troupeau de La Barge – Les fourrages atypiques sont en rouge et les bordures noires permettent de comprendre la succession de l'utilisation des ressources par le pâturage  
 FIGURE 5: Feeding sequences for the La Barge herd - Atypical forages are in red and the black borders show the succession of resource use through grazing

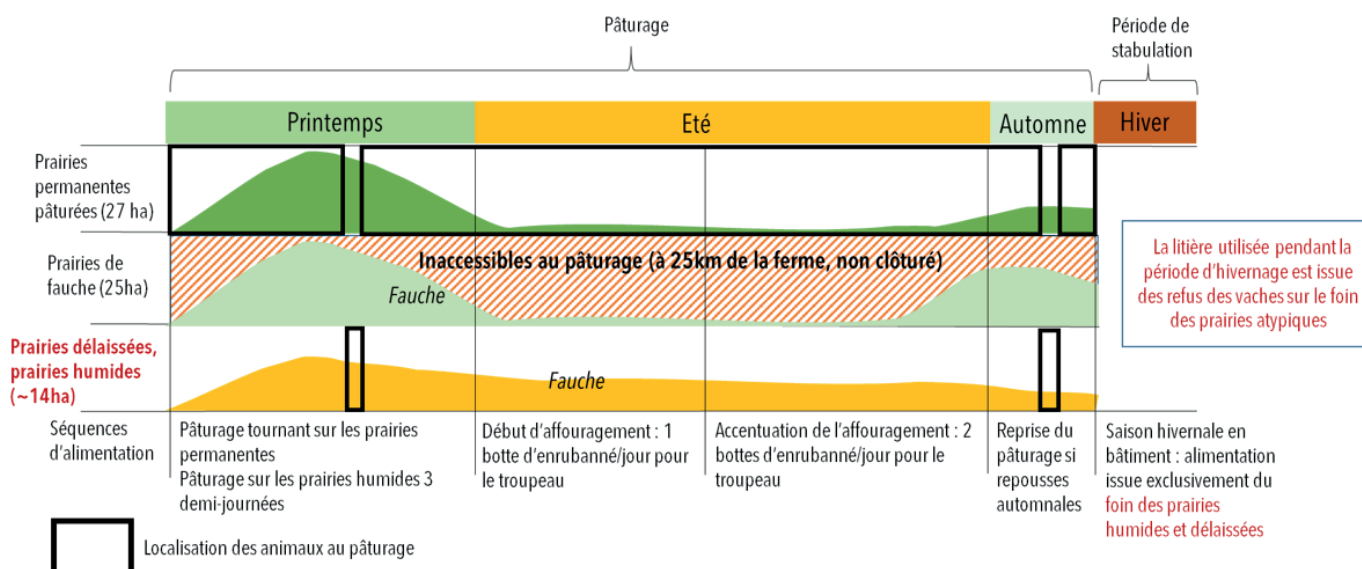


FIGURE 6 : Séquence d'alimentation sur la ferme de Trévarn. – Les fourrages atypiques sont en rouge et les bordures noires permettent de comprendre la succession de l'utilisation des ressources par le pâturage

FIGURE 6: Feeding sequence on the Trévarn farm. - Atypical forages are in red and the black borders show the succession of resource use by grazing

et le foin est distribué pendant l'hiver aux vaches taries aux moindres besoins physiologiques, la saison hivernale correspondant à la période de tarissement du troupeau (vêlages groupés de printemps). Les refus d'aube (soit environ 25% du volume de ces fourrages) sont réutilisés pour constituer le paillage des logettes. Ils constituent l'intégralité de la litière du 15/12 au 1/03.

### Des ressources atypiques pour le maintien de la biodiversité sauvage et domestique

Pour les fermes où la biodiversité est au cœur des pratiques agricoles (Trévarn, La Barge et Transi'marsh), la valorisation des ressources atypiques est vue comme un moyen de les préserver et de participer au maintien d'écosystèmes riches en biodiversité et parfois menacés sur le territoire, ce service pouvant être ou non rétribué par le biais des Mesures Agro-environnementales et climatiques (MAEc). Elles s'appliquent à mettre en œuvre des pratiques permettant le renouvellement de ces ressources comme la fauche tardive ou le pâturage alternés mais aussi la préservation des habitats pour la faune et la flore. A La Barge, les « mesures de préservation des milieux humides » des MAEC concernent notamment le maintien en eau des zones basses de prairie et la mise en défens de certaines zones. Ces pratiques favorisent la nidification des oiseaux comme La Barge à queue noire (*Limosa limosa*) ou le chevalier gambette (*Tringa totanus*). Les roselières constituent des habitats spécifiques pour la rousserolle effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*). A Trévarn, ce sont des espèces de milieu humide comme le séneçon aquatique (*Jacobaea aquatica*), le crocodile leucode (*Crociodura leucodon*) ou le campagnol amphibie (*Sapidus sapidus*), que les éleveurs ont à cœur de préserver.

Ces éleveurs œuvrent également pour préserver la biodiversité

domestique sur leur exploitation. En choisissant des animaux capables d'assurer une production avec des fourrages atypiques parfois grossiers et plus faiblement nutritifs, les éleveurs s'assurent des capacités d'adaptation de leurs animaux à leur milieu. La Barge et Transi'marsh ont choisi une race rustique locale : la race Maraîchine à faible effectif. Trévarn et OasYs ont opté pour le croisement d'une race typiquement laitière, la Holstein, avec des races rustiques adaptées au pâturage (Kiwi néo-zélandaise), ou ayant une bonne capacité de production (Rouge Scandinave), voire une résistance accrue aux stress thermiques (Jersiaise).

### Les ressources atypiques dans le métabolisme et l'autonomie des agrosystèmes

Les quatre fermes étudiées présentent des niveaux variables de métabolisme : l'activité (totale - TST et interne - TT) des deux systèmes laitiers est plus élevée que les systèmes allaitants. Cela signifie que l'intensité des flux d'azote (flux totaux - TST ou internes - TT) est plus élevée dans les systèmes laitiers. Cette intensité métabolique (activité interne) est d'autant plus élevée que le chargement animal est élevé, dans la mesure où les quatre systèmes étudiés (i) ont une orientation productive basée sur les productions animales et (ii) sont conduits dans une logique d'autonomie fourragère (peu d'intrants fourragers, restitution des effluents organiques au sein du système). On note également que les chargements animaux sont relativement faibles (Tableau 1), en particulier pour les deux fermes allaitantes (La Barge et Transi'marsh), compte tenu de leurs contextes de marais avec une faible productivité des prairies (en moyenne 2,5-3 t MS/ha/an en 2022).

Du point de vue de l'autonomie, Trévarn est la plus autonome

TABLEAU 1 : Principaux indicateurs d'analyse du métabolisme des 4 systèmes étudiés (voir 2.2)  
 TABLE 1: Main indicators for analysing the metabolism of the 4 systems studied (see 2.2)

| Ferme                             | La Barge | Trévarn | Transi'marsh | OasYs |
|-----------------------------------|----------|---------|--------------|-------|
| Chargement moyen (UGB/ha SAU)     | 0,31     | 0,87    | 0,46         | 1,09  |
| Activité totale (TST, kg N/ha/an) | 111      | 251     | 181          | 539   |
| Activité interne (TT, kg N/ha/an) | 79       | 203     | 130          | 313   |
| Autonomie (TT/TST)                | 71       | 81      | 72           | 58    |
| Part d'intrants renouvelables     | 99       | 99      | 84           | 77    |
| ARI (%)                           | 12       | 5       | 3            | ≈ 0   |
| ARF (%)                           | 29       | 11      | ≈ 0          | ≈ 0   |

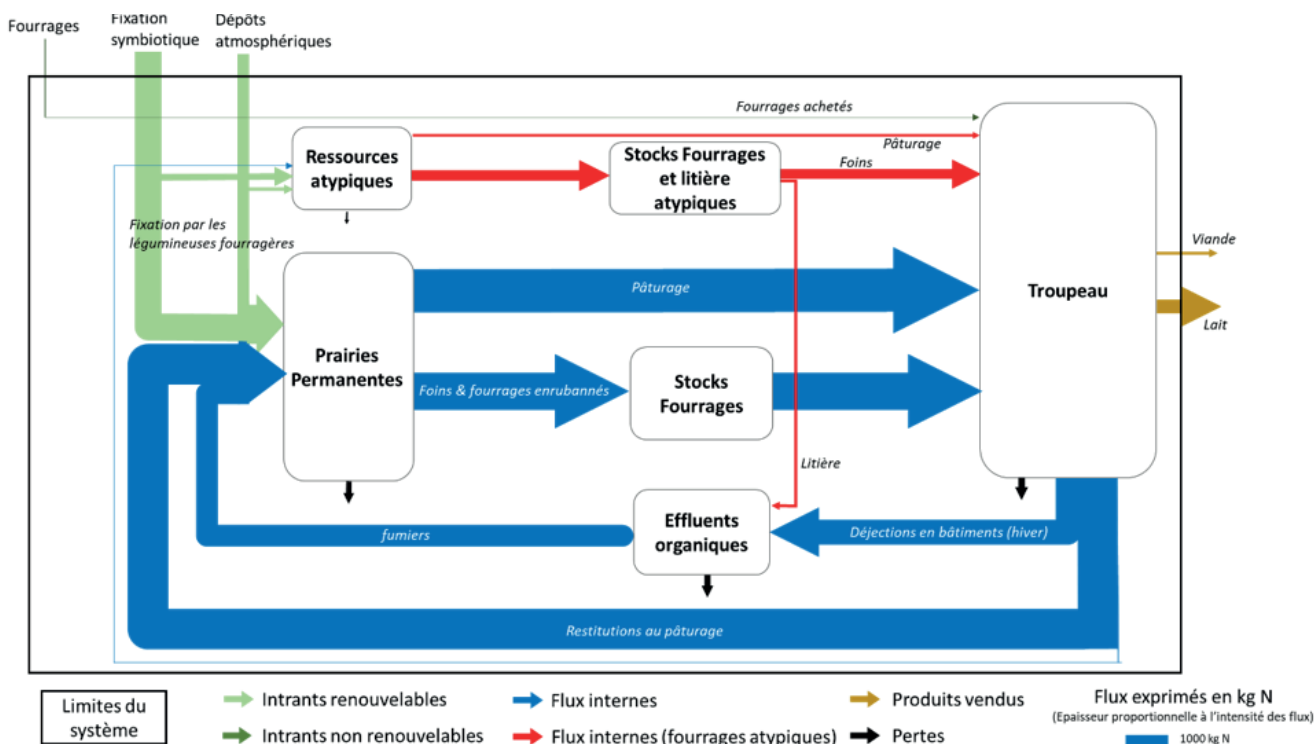


FIGURE 7: Exemple du métabolisme azoté sur la ferme de Trévarn  
 FIGURE 7: Example of nitrogen metabolism on the Trévarn farm

avec plus de 80% de son fonctionnement assuré par des flux internes (fourrages, restitutions organiques... - Figure 7). Transi'marsh et La Barge présentent une autonomie de plus de 70%. Pour ces trois fermes (en agriculture biologique ou « Nature et Progrès »), les intrants (azotés) sont quasi exclusivement d'origine renouvelable, principalement d'origine symbiotique (70%). La différence sur Transi'marsh provient des achats de paille (env. 80 t MS). L'autonomie protéique d'OasYs est moindre que celle des autres fermes (58%) compte tenu des achats de fertilisants azotés minéraux et d'aliments pour les animaux ; mais les intrants

renouvelables restent les principales entrées du système (plus de 75% en valeur N).

Au regard du métabolisme azoté global, les ressources atypiques jouent un rôle relativement marginal, dans la mesure où elles ne correspondent qu'à 3% du métabolisme interne (Intégration des Ressources Atypiques - ARI - Tableau 1) sur Transi'marsh (0% sur OasYs en 2022), 5% à Trévarn et 12% du métabolisme interne de La Barge. En revanche, si les valeurs d'ARI semblent faibles au regard de la structuration qu'elles apportent aux systèmes étudiés, elles peuvent jouer un rôle significatif dans l'alimentation des

animaux. Ainsi, près d'un tiers des ressources consommées par les animaux (en valeur azotée) sont issues de ressources atypiques à La Barge (fourrages issus de ressources atypiques – ARF - Tableau 1); et elles permettent l'alimentation du troupeau en période estivale (Figure 5). Sur Trévarn, les ressources atypiques représentent 11% de l'apport protéique du troupeau (pour partie au pâturage mais surtout pour l'alimentation hivernale - Figure 7). Sur les fermes de Transi'marsh et d'OasYs, les fourrages atypiques ne contribuent pas de manière significative à l'alimentation du troupeau dans la mesure où ils sont principalement utilisés pour la litière en période hivernale à Transi'marsh ou ne représentent que quelques centaines de kg pâturés à OasYs en 2022.

## Discussion

### Aller plus loin dans l'analyse multicritères

Au-delà de la diversité des stratégies mises en œuvre au sein des quatre systèmes étudiés pour valoriser les ressources atypiques présentes sur leur territoire, ce travail met en avant une diversité dans l'intégration de ces ressources dans le métabolisme des agrosystèmes : les fourrages atypiques contribuent plus fortement au fonctionnement des deux fermes commerciales que des deux fermes expérimentales. Cette différence illustre une intégration de longue date des fourrages atypiques, qui est au cœur de leurs logiques d'action. En revanche, ces fourrages atypiques sont des objets de recherche relativement « nouveaux » pour les deux fermes expérimentales, bien que dans le cas d'OasYs la dimension « nouvelle » est à entendre au regard de l'inertie liée à la biologie des ressources atypiques concernées (notamment arbres et arbustes). Ainsi, les arbres fourragers ont été implantés en 2014, mais leur première utilisation n'a eu lieu « qu'en » 2022.

Les valeurs des indicateurs issus de l'analyse du métabolisme des 4 systèmes (activité totale du système – TST et activité interne – TT) sont cohérentes avec les éléments de littérature récents en système d'élevage en région tempérée (Laurant *et al.*, 2023 ; Puech et Stark, 2023 ; Stark *et al.*, 2019 ; Steinmetz *et al.*, 2021). Par ailleurs, Sterling (2023) montre que si les 4 systèmes étudiés sont globalement moins productifs que les fermes classiques, ils n'en sont pas pour autant moins efficaces, compte tenu des milieux dans lesquels ils évoluent et des intrants qu'ils mobilisent. Sterling (2023) montre également (i) en cohérence avec Laisse *et al.* (2019) que les deux systèmes laitiers sont plus efficaces que les systèmes allaitants pour produire des protéines alimentaires (au regard des ressources mobilisées) et (ii) que les 4 systèmes étudiés sont des producteurs nets de protéines alimentaires (Lagel, 2016; Steinwider *et al.*, 2016), compte tenu de leur stratégie commune de valorisation de fourrages grossiers.

L'approche quantitative proposée dans cet article, basée sur les flux d'azote, est réductrice par rapport à l'objet « ressources atypiques ». En effet, si l'azote est couramment utilisé pour l'analyse des agrosystèmes et systèmes agri-alimentaires

(Fanjaniaina *et al.*, 2022 ; Garnier *et al.*, 2016 ; Tedesco *et al.*, 2017), l'approche proposée pourrait être complétée par d'autres indicateurs pour mieux rendre compte de la diversité des services rendus par les fourrages atypiques dans le fonctionnement des systèmes agricoles : biomasse utilisée en litière (faible intérêt d'une approche N pour la biomasse à destination de litière), analyse des performances énergétiques en particulier dans une perspective de raréfaction des énergies fossiles (Benoit et Mottet, 2023 ; Pinsard, 2022), intérêts nutritionnels et valeur santé des fourrages atypiques (Novak *et al.*, 2020a), régulation du régime hydrique (infiltrations en période humide, ombrage et ascenseur hydraulique en période sèche (Cardinael *et al.*, 2020), analyse économique. Toutefois, ce travail contribue à une communauté scientifique émergente mobilisant les concepts et les outils de l'Ecological Network Analysis pour analyser les performances agroécologiques (Stark *et al.*, 2018) de systèmes agricoles en milieu tempéré. Jusqu'à présent, dans cette zone, seuls les agrosystèmes autonomes et/ou diversifiés (Laurant *et al.*, 2023 ; Puech et Stark, 2023 ; Stark *et al.*, 2023 ; Steinmetz *et al.*, 2021), en rupture par rapport aux systèmes agricoles dominants spécialisés et à forts niveaux d'intrants chimiques (Billen *et al.*, 2014 ; Le Noë *et al.*, 2016; Martel *et al.*, 2017), ont été étudiés.

### Monter en généralité sur les usages et les performances associées aux ressources atypiques

La singularité des systèmes étudiés (du fait de l'objet d'étude) et l'unique année prise en compte (2022) soulèvent la question de la montée en généralité des résultats présentés dans cet article (nature et usages des ressources atypiques, rôle dans le métabolisme et la construction des performances des systèmes). L'identification d'un échantillon plus large de systèmes permettrait de monter en généralité mais questionne les méthodes pour repérer ces ressources atypiques tant sur leur nature (« l'atypicité » des ressources étant une notion datée et située) que sur les pratiques qui y sont associées (Salembier *et al.*, 2021). Pour autant, les enquêtes compréhensives conduites par voie d'observation participante permettent de comprendre leurs transitions sur le temps long : apprentissages dans la conduite des éleveurs et des animaux pour valoriser les ressources atypiques spontanées (pâturage en zone de marais), inertie de production suite à la mise en culture de ressources atypiques (formations arborées en agroforesterie). L'analyse spécifique de ces transitions (Bergeret *et al.*, 2015 ; Chizallet, 2019), tant en ferme commerciale qu'en ferme expérimentale, pourrait permettre cette montée en généralité par l'interrogation (i) de leurs moteurs individuels ou collectifs et (ii) des étapes de leurs transitions. Mais cela questionne (a minima pour l'analyse quantitative du métabolisme des systèmes) (i) la disponibilité, (ii) la qualité et (iii) le coût d'enquête et de collecte des données sur les fermes commerciales pour une analyse des transitions sur un pas de temps pluriannuel.

## Vers une généralisation de l'usage des ressources atypiques ?

Un rapport du CGAER (Conseil Général de l'Alimentation et des Espaces Ruraux, rattaché au ministère de l'agriculture) fait état de près de 20 000 hectares « en état d'abandon » en France (Baduel et al., 2023), pour partie pour des problèmes d'accès, de morphologie parcellaire (Puech et Mignolet, 2022) et/ou de recul de l'élevage. Les ressources végétales présentes sur ces espaces (au moins pour partie) peuvent vraisemblablement être qualifiées d'« atypiques » au même titre que les « prairies délaissées » utilisées à Trévarn. Dans l'hypothèse où l'usage des ressources atypiques devrait à l'avenir se généraliser, ce travail appelle à une réflexion collective afin de (i) veiller à exploiter ces ressources (à destination fourragère ou en litière) de manière raisonnée pour ne pas compromettre leur pérennité, (ii) tout en conservant le rôle essentiel de ces espaces à maintenir un paysage ouvert et à servir d'habitat pour la biodiversité sauvage (végétale ou animale) bien souvent à enjeux de conservation (LPO, 2013). En effet, l'apport de connaissances sur l'intérêt de ces végétations comporte un risque d'exploitation déraisonnable de celles-ci, sans bénéfice ni pour l'éleveur, ni pour le vivant. Dans le cas du roseau, l'exportation de la matière végétale par la fauche peut contribuer à la bonne vitalité d'une roselière, à condition que cette opération ne soit pas trop fréquente de manière à assurer le cycle régénératif du roseau (Hawke et Jossé, 1996) et qu'elle se fasse en dehors de la période de nidification des oiseaux paludicoles inféodés à ces roselières. Il y a ainsi un réel enjeu à adapter les modes d'exploitation des ressources atypiques et à davantage explorer dans quelles limites leurs prélèvements ne deviennent pas préjudiciables à la biodiversité. Tout ceci invite à réfléchir l'accompagnement des agriculteurs vers plus de durabilité dans (i) l'introduction - et la multiplication - de zones de végétations atypiques au sein des espaces à vocation agricole et dans (ii) le choix des modalités d'utilisation de ces ressources, dans la double perspective d'une plus grande autonomie des fermes et de leur contribution à la préservation de la biodiversité. Pour autant, si la disponibilité de certaines ressources atypiques paraît limitée dans l'espace et le temps (prairies humides délaissées, roselières...), d'autres (agroforesterie) pourraient connaître un changement d'échelle d'autant plus important qu'il peut s'adapter à une large diversité de contextes pédoclimatiques et agricoles. Toutefois, l'inertie de développement liée à la biologie de ces ressources appelle à une rapide mise à l'agenda politique et agricole, compte tenu des enjeux conjoints d'atténuation du changement climatique et d'adaptation des systèmes agricoles face aux évolutions projetées pour les prochaines décennies (Lee et al., 2023).

## Conclusion et perspectives

Cet article s'est attaché à étudier le rôle de ressources atypiques dans le fonctionnement de 4 systèmes d'élevage bovin

originaux de l'Ouest de la France. Sans prétendre à l'exhaustivité, ni dans la nature des ressources étudiées, ni dans les pratiques agricoles qui y sont associées, ce travail montre qu'il existe une diversité de ces ressources et de stratégies tant d'usage (fourrages ou litière) que d'origine. Ces ressources contribuent à la construction de l'autonomie azotée des fermes, elles représentent par exemple 12% du métabolisme azoté total et près d'un tiers des ressources fourragères sur la ferme de Trévarn. Toutefois, l'usage de ces ressources atypiques s'inscrit dans un cadre plus large de transition agroécologique et d'extensification de ces systèmes d'élevage. Il en ressort que l'intégration de ces ressources dans les logiques systémiques s'inscrit dans le temps long, lié conjointement à la biologie des ressources atypiques mais également aux apprentissages des éleveurs et des animaux, pour valoriser ces ressources tout en assurant leur renouvellement sur le long terme. Si l'analyse du métabolisme azoté de ces systèmes permet d'objectiver le rôle des ressources atypiques dans le fonctionnement des fermes, en particulier leur contribution à l'autonomie des systèmes, elle reste cependant réductrice au regard des services que ces ressources peuvent rendre, tant du point de vue des agrosystèmes (régulations hydriques et biologiques, valeurs santé...) que de la préservation de la biodiversité ou encore du travail de l'éleveur. A ce propos, Frédéric Signoret conclue ainsi l'analyse que nous avons faite ensemble : « j'insiste aussi sur le sens du métier : le plaisir de collaborer avec le troupeau dans une complicité indispensable pour ce pâturage semi itinérant. »

## Remerciements

Les auteurs remercient (i) le métaprogramme INRAE METABIO pour son soutien financier au projet SourceN à l'origine de ce travail, (ii) Eric Pelhate, pour avoir réalisé la synthèse des données sur OasYs et (iii) les deux relecteurs anonymes pour leurs regards attentifs et critiques sur les versions antérieures de cet article.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRESTE (2023). Synthèses conjoncturelles bovins. Synthèses Conjonct., n°410, 8p.
- Anglade, J. (2015). Agriculture biologique et qualité des ressources en eau dans le bassin de la Seine: caractérisation des pratiques et applications territorialisées. Thèse. Université Pierre et Marie Curie, Paris. 303p.
- Baduel, V., Hubert, C., Lejeune, H. (2023). Stratégies d'usage des terres en France dans l'objectif d'assurer la souveraineté alimentaire et de préserver la biodiversité (No. Rapport n°22107). Rapport CGAER n°22107, Paris. 58p.
- Barbieri, P., Pellerin, S., Seufert, V., Smith, L., Ramankutty, N., Nesme, T. (2021). Global option space for organic agriculture is delimited by nitrogen availability. *Nat. Food* 2, 363–372
- Baumont, R., Plantureux, S., Farrie, J.-P., Launay, F., Michaud, A., Pottier, E. (2011). Prairies permanentes: des références pour valoriser leur diversité. Institut de l'élevage, Paris, 128p.
- Bellon, S., Girard, N., Guérin, G., 1999. Caractériser les saisons-pratiques pour comprendre l'organisation d'une campagne de pâturage. *Fourrages* 158,

- Benoit, M., Mottet, A. (2023). Energy scarcity and rising cost: Towards a paradigm shift for livestock. *Agric. Syst.* 205, 103585. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103585>
- Bergeret, A., George-Marcelpoil, E., Delannoy, J.-J., Piazza-Morel, D. (2015). L'outil-frise : une expérimentation interdisciplinaire : Comment représenter des processus de changements en territoires de montagne ? *Carnets Labex ITEM*, 180p.
- Billen, G., Lassaletta, L., Garnier, J. (2014). A biogeochemical view of the global agro-food system: Nitrogen flows associated with protein production, consumption and trade. *Glob. Food Secur.* 3, 209–219p. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2014.08.003>
- Bonauto, T., Bendahan, A.B., Sabatier, R., Ryschawy, J., Bellon, S., Leger, F., Magda, D., Tichit, M. (2014). Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. *Eur. J. Agron.* 57, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010>
- Bouchard, P.-Y. (2023). Caractérisation des pratiques de gestion des formations arborées et de leurs déterminants dans les exploitations de polyculture-élevage en Poitou-Charentes. Rapport stage M2 Agroparistech.
- Calestreme, A. (2002). Valorisation fourragère de *Typha australis* en élevage extensif de zébus maures laitiers dans la région du Trarza (Mauritanie). Mémoire de fin d'étude – Cirad & Université Montpellier II.
- Cardinael, R., Mao, Z., Chenu, C., Hinsinger, P. (2020). Belowground functioning of agroforestry systems: recent advances and perspectives. *Plant Soil.* 453, 1–13p. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04633-x>
- Delaby, L., Foray, S. (2021). Note à l'intention du CST GENEM, faisant suite à la saisine du MAA et du MTE concernant l'ajout d'une catégorie de vaches laitières dans l'évaluation de la production d'azote épandable en application de la Directive Nitrates.
- Chizallet, M. (2019). Comprendre le processus de conception d'un système de travail dans l'indivisibilité du temps : le cas d'agriculteurs en transition agroécologique. Conservatoire national des arts et métiers - CNAM. 281p.
- Díaz, S., Malhi, Y. (2022). Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 47, 31–63. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120120-054300>
- Dubeuf, J.-P., Biehlmann, F., Lorton, R., Sorba, J.-M., Valenti, M. (2023). Assessing the operational perspectives of agrosilvopastoralism in the Mediterranean Region: Learnings from observations in Corsica. *Small Ruminant Research* 229, 107131.
- Duflot, B. (2023). Autonomie protéique en élevages en France et en Europe : enjeux et leviers à différentes échelles. *Fourrages* 255, 3-10
- Durant, D., Farruggia, A., Tricheur, A. (2020). Utilization of Common Reed (*Phragmites australis*) as Bedding for Housed Suckler Cows: Practical and Economic Aspects for Farmers. *Resources* 9, 140p.. <https://doi.org/10.3390/resources9120140>
- Durant, D., Farruggia, A., Tricheur, A. (2021). Le roseau commun (*Phragmites australis*) : un capital naturel utilisé en litière pour le logement des vaches allaitantes. *BASE*, n°4, 223–235p. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.19164>
- Eisler, M.C., Lee, M.R.F., Tarlton, J.F., Martin, G.B., Beddington, J., Dungait, J.A.J., Greathead, H., Liu, J., Mathew, S., Miller, H., Misselbrook, T., Murray, P., Vinod, V.K., Van Saun, R., Winter, M. (2014). Agriculture: Steps to sustainable livestock. *Nature* 507, 32–34p. <https://doi.org/10.1038/507032a>
- Emile, J.-C., Barre, P., Delagarde, R., Niderkorn, V., Novak, S. (2017). Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers ? *Fourrages* 230, 155–160p.
- Fanjaniaina, M.L., Stark, F., Ramarovahoaka, N.P., Rakotoharinaivo, J.F., Rafofisy, T., Salgado, P., Becquer, T. (2022). Nutrient Flows and Balances in Mixed Farming Systems in Madagascar. *Sustainability* 14, 984. <https://doi.org/10.3390/su14020984>
- Fath, B.D., Scharler, U.M., Ulanowicz, R.E., Hannon, B. (2007). Ecological network analysis: network construction. *Ecol. Model.* 208, 49–55p. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.04.029>
- Federation Nature & Progres (2017). Cahier des charges Bovins-Equins, Edition 2017. 57p.
- Finn, J.T. (1980). Flow Analysis of Models of the Hubbard Brook Ecosystem. *Ecology* 61, 562–571p. <https://doi.org/10.2307/1937422>
- Garnier, J., Anglade, J., Benoit, M., Billen, G., Puech, T., Ramarson, A., Passy, P., Silvestre, M., Lassaletta, L., Trommenschlager, J.-M., Schott, C., Tallec, G. (2016). Reconnecting crop and cattle farming to reduce nitrogen losses to river water of an intensive agricultural catchment (Seine basin, France): past, present and future. *Environ. Sci. Policy* 63, 76–90p. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.019>
- Gélard, M.-L. (2007). Le roseau protecteur: Techniques et symboliques d'une plante dans le Sud marocain (Tafilalt). *Tech. Cult.* 48, 61–84. <https://doi.org/10.4000/tc.2742>
- Girard, S., Alavoine-Mornas, F. (2014). La Trame Verte à l'épreuve du terrain : pratiques et représentations des agriculteurs. *Sci. Eaux Territ.* n°14, 64–69p.
- Glinec, J.-F. (2016). Etude de la flore d'une exploitation laitière du fond de la rade de Brest. ERICA, Conservatoire botanique national de Brest, 30, 77–86.
- Glinec, J.-F. (2019). De la botanique à la multifonctionnalité : témoignage sur l'évolution d'une ferme qui a intégré les aspects sociaux et écologiques. *Fourrages* 237, 41–46p.
- Goergen, P. (1996). Entre patrimoine naturel et patrimoine architectural : Le chaume des marais. Ecole nationale supérieure du paysage.
- Goust, J. (2017). Arbres fourragers. De l'élevage paysan au respect de l'environnement, Éditions de Terran. ed. 222p.
- Hawke, C. J., Jossé, P. V. (1996). Reedbed management. For commercial and wildlife interests. Sandy, UK: Royal Society for the Protection of Birds. 212p.
- INSEE (2022). Indice des prix agricoles (IPPAP, IPAMPA). Inf. Rapides – INSEE, n°4.
- Lagel, A. (2016). Contribution de l'élevage bovin laitier à l'approvisionnement protéique pour l'être humain. Mémoire de fin d'études AgroSup Dijon-Idele, Dijon, France.
- Laisse, S., Baumont, R., Dusart, L., Gaudré, D., Rouillé, B., Benoit, M., Veysset, P., Rémond, D., Peyraud, J.-L. (2019). L'efficacité nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. *INRA Prod. Anim.* 31, 269–288p. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2355>
- Laurant, D., Stark, F., Le Page, C., Rousselou, E., Bazile, D. (2023). Linking organizational and technical dimensions to design integrated collective farms: a case study in Camargue, France. *Agron. Sustain. Dev.* 43, n°4, 48p. <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00899-4>
- Laurent, E., Magnanon, S., Glinec, J.-F. (2023). Expertise botanique et phytosociologique des ressources fourragères atypiques mobilisées par la ferme de Trévarn (29).
- Le Noë, J., Billen, G., Lassaletta, L., Silvestre, M., Garnier, J. (2016). La place du transport de denrées agricoles dans le cycle biogéochimique de l'azote en France : un aspect de la spécialisation des territoires. *Cah. Agric.* 25, n°1, 15004. <https://doi.org/10.1051/cagri/2016002>
- Lee, H., Calvin, C., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Blanco, G., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., Jotzo, F., Krug, T., Lasco, R., Lee, J., Masson-Delmotte, V., Meinshausen, M., Mintenbeck, K., Mokssit, A., Otto, F., Pathak, M., Pirani, A., Poloczanska, E., Pörtner, H., Revi, A., Roberts, D., Roy, J., Ruane, A., Ske, J., Shukla, P., Slade, R., Slangen, A., Sokona, Y., Sörensön, A., Tignor, M., van Vuuren, D., Wei, Y., Winkler, H., Zhai, P., Zommers, Z. (2023). Synthesis report of the IPCC sixth assessment report. IPCC.
- Leterme, P., Londoño, A.M., Muñoz, J.E., Suárez, J., Bedoya, C.A., Souffrant,

- W.B., Buldgen, A. (2009). Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 149, n°1-2, 135–148p. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.04.013>
- LPO (2013). Roselières, prairies et cultures à but énergétique et biodiversité - Etude des opportunités et des risques pour la nature. LPO Alsace.
- Martel, G., Guilbert, C., Veysset, P., Dieulot, R., Durant, D., Mischler, P. (2017). Mieux coupler cultures et élevage dans les exploitations d'herbivores conventionnelles et biologiques : une voie d'amélioration de leur durabilité ? *Fourrages* 231, 235–245p.
- Moreau, J.-C., Béral, C., Hannachi, Y., Lavoyer, S., Monier, S., Novak, S., Van Lerberghe, P. (2020). ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples. *Innov. Agron.* 79, 499–521. <https://doi.org/10.15454/ZRTP-AV46>
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Glob. Food Secur.* 14, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- Moulin, C., Girard, N., Dedieu, B. (2001). L'apport de l'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation. *Fourrages* 167, 337–363p.
- Novak, S., Delagarde, R., Fiorelli, J.-L. (2013). Conception d'un système fourrager bioclimatique : la démarche initiée à Lusignan. *Fourrages* 215, 241–246p.
- Novak, S., Barre, P., Delagarde, R., Mahieu, S., Niderkorn, V., Emile, J.-C. (2020a). Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été. *Fourrages* 242, 35–47p.
- Novak, S., Chargelègue, F., Chargelègue, J., Audebert, G., Liagre, F., Fichet, S. (2020b). Premiers retours d'expérience sur les dispositifs groforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs. *Fourrages* 242, 71–78p.
- Nozieres-Petit, M.-O., Launay, F., Etienne, L., Moulin, C.-H. (2021). Les grands traits de l'élevage pastoral aujourd'hui en France. *Fourrages* 245, 3–11p.
- Perrin, A. (2021). Caractérisation des facteurs de la résilience des exploitations bovines et ovines laitières biologiques françaises. Thèse de l'Université de Toulouse. 274p.
- Peyraud, J.-L., Cellier, P., Aarts, F., Beline, F., Bockstaller, C., Bourblanc, M., Delaby, L., Donnars, C., Dourmad, J.Y., Dupraz, P., Durand, P., Favardin, P., Fiorelli, J.-L., Gaigne, C., Girard, A., Guillaume, G., Kuikman, P., Langlais, A., Le Goffe, P., Le Perchec, S., Lescoat, P., Morvan, T., Nicourt, C., Parnaudeau, V., Rechauchere, O., Rochette, P., Vertes, F., Veysset, P. (2012). Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres (Expertise scientifique collective INRA). France. 529p.
- Pinsard, C. (2022). Assessing the resilience of European farming systems to consequences of global peak oil using a dynamic nitrogen flow model. Thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay. 306p.
- Puech, T., Mignolet, C. (2022). Caractériser la morphologie des parcelles agricoles à l'échelle de la France. *Cybergeo*, 1038, 28p. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.39924>
- Puech, T., Stark, F. (2023). Diversification of an integrated crop-livestock system: Agroecological and food production assessment at farm scale. *Agric. Ecosyst. Environ.* 344, 108300. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108300>
- Rigal, S., Dakos, V., Alonso, H., Auniņš, 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., Kālās, J.A., Lehtikoinen, A., Lindström, Å., Lorrillière, R., Moshøj, C., Nellis, R., Noble, D., Eskildsen, D.P., Paquet, J.-Y., Pélissier, 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. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 120, n°21, e2216573120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120>
- Salembier, C., Segrestin, B., Weil, B., Jeuffroy, M.-H., Cadoux, S., Cros, C., Fvrière, E., Fontaine, L., Gimaret, M., Noilhan, C., Petit, A., Petit, M.-S., Porhiel, J.-Y., Sicard, H., Reau, R., Ronceux, A., Meynard, J.-M. (2021). A theoretical framework for tracking farmers' innovations to support farming system design. *Agron. Sustain. Dev.* 41, n°5, 61p. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00713-z>
- Stark, F., González-García, E., Navegantes, L., Miranda, T., Pocard-Chapuis, R., Archimède, H., Moulin, C.-H. (2018). Crop-livestock integration determines the agroecological performance of mixed farming systems in Latino-Caribbean farms. *Agron. Sustain. Dev.* 38, n°1, 4. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0479-x>
- Stark, F., Archimède, H., Gonzalez-Garcia, E., Pocard-Chapuis, R., Fanchone, A., Moulin, C.H. (2019). Evaluation des performances agroécologiques des systèmes de polyculture élevage en milieu tropical humide : application de l'analyse de réseaux écologiques. *Innov. Agron.* 72, 1–14p.
- Stark, F., Amposta, N., Nasri, W., Lamarque, M., Parisot, S., Salgado, P., Gonzalez-Garcia, E. (2023). Nutrient cycling and efficiency: a comparative flow analysis of meat and dairy sheep farming systems, in: 74th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. Presented at the EAAP/WAAP, Lyon, France, p. 444.
- Steinmetz, L., Veysset, P., Benoit, M., Dumont, B. (2021). Ecological network analysis to link interactions between system components and performances in multispecies livestock farms. *Agron. Sustain. Dev.* 41, n°3, 42. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00696-x>
- Steinwider, A., Wolfthaler, J., Frey, H.J., Hofstetter, P., Gazzarin, C., Kirchwegger, S., Kantelhardt, J. (2016). Stall- und weidebasierte Milchproduktionssysteme – Analysen zur Netto-Lebensmittelproduktion sowie zur Wirtschaftlichkeit. *Österr. Fachtag. Für Biol. Landwirtschaft.* 31–36.
- Sterling, D., 2023. Valorisation de ressources végétales atypiques dans des exploitations bovines du Grand Ouest de la France (Mémoire de Master 2). Stage M2, Institut Agro Montpellier.
- Tedesco, C., Petit, C., Billen, G., Garnier, J., Personne, E. (2017). Potential for recoupling production and consumption in peri-urban territories: The case-study of the Saclay plateau near Paris, France. *Food Policy* 69, 35–45p. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.03.006>
- Ten Brink, P. (2015). What is natural capital ? *La revue du CGDD*, Dec 2015. 10p.
- Ulanowicz, R.E., Goerner, S.J., Lietaer, B., Gomez, R. (2009). Quantifying sustainability: Resilience, efficiency and the return of information theory. *Ecol. Complex.* 6, n°1, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2008.10.005>
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29, n°4, 503–515p. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- (2015). Landscape simplification filters species traits and drives biotic homogenization. *Nature communications*, 6. <http://www.nature.com/ncomms/2015/151020/ncomms9568/full/ncomms9568.html>
- Gonthier, D. J., Ennis, K. K., Farinas, S., Hsieh, H.-Y., Iverson, A. L., Batáry, P., Rudolphi, J., Tschardt, T., Cardinale, B. J., & Perfecto, I. (2014). Biodiversity conservation in agriculture requires a multi-scale approach. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 281(1791), 20141358.
- Gossner, M. M., Lewinsohn, T. M., Kahl, T., Grassein, F., Boch, S., Prati, D., Birkhofer, K., Renner, S. C., Sikorski, J., Wubet, T., Arndt, H., Baumgartner, V., Blaser, S., Blüthgen, N., Börschig, C., Buscot, F., Diekötter, T., Jorge, L. R., Jung, K., ... Allan, E. (2016). Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature*, 540(7632), 266–269. <https://doi.org/10.1038/nature20575>
- Greenop, A., Woodcock, B. A., Wilby, A., Cook, S. M., & Pywell, R. F. (2018). Functional diversity positively affects prey suppression by invertebrate predators : A meta-analysis. *Ecology*, 99(8), 1771–1782. <https://doi.org/10.1002/ecy.2378>
- Gross, N., Bagousse-Pinguet, Y. L., Liancourt, P., Berdugo, M., Gotelli, N. J., & Maestre, F. T. (2017). Functional trait diversity maximizes ecosystem multifunctionality. *Nature Ecology & Evolution*, 1(5), 0132. <https://doi.org/10.1038/nature20575>

- org/10.1038/s41559-017-0132
- Harpole, W. S., Sullivan, L. L., Lind, E. M., Firn, J., Adler, P. B., Borer, E. T., Chase, J., Fay, P. A., Hautier, Y., Hillebrand, H., MacDougall, A. S., Seabloom, E. W., Williams, R., Bakker, J. D., Cadotte, M. W., Chaneton, E. J., Chu, C., Cleland, E. E., D'Antonio, C., ... Wragg, P. D. (2016). Addition of multiple limiting resources reduces grassland diversity. *Nature*, 537(7618), 93. <https://doi.org/10.1038/nature19324>
- Hoehn, P., Tschamtkte, T., Tylanakis, J. M., & Steffan-Dewenter, I. (2008). Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275(1648), 2283-2291. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0405>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, I. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- Isbell, F., Adler, P. R., Eisenhauer, N., Fornara, D., Kimmel, K., Kremen, C., Le-tourneau, D. K., Liebman, M., Polley, H. W., Quijas, S., & Scherer-Lorenzen, M. (2017). Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *Journal of Ecology*, 105(4), 871-879. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12789>
- Isbell, F., Gonzalez, A., Loreau, M., Cowles, J., Diaz, S., Hector, A., Mace, G. M., Wardle, D. A., O'Connor, M. I., & Duffy, J. E. (2017). Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. *Nature*, 546(7656), 65-72.
- Kleijn, D., Baquero, R. A., Clough, Y., Diaz, M., Esteban, J. de, Fernández, F., Gabriel, D., Herzog, F., Holzschuh, A., Jöhl, R., & others. (2006). Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries. *Ecology letters*, 9(3), 243-254.
- Krauss, J., Bommarco, R., Guardiola, M., Heikkinen, R. K., Helm, A., Kuussaari, M., Lindborg, R., Öckinger, E., Pärtel, M., Pino, J., & others. (2010). Habitat fragmentation causes immediate and time-delayed biodiversity loss at different trophic levels. *Ecology letters*, 13(5), 597-605.
- Kremen, C., & Merenlender, A. M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412). <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Steffan-Dewenter, I., Vazquez, D. P., & others. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters*, 10(4), 299-314.
- Kuussaari, M., Bommarco, R., Heikkinen, R. K., Helm, A., Krauss, J., Lindborg, R., Öckinger, E., Pärtel, M., Pino, J., Roda, F., & others. (2009). Extinction debt: A challenge for biodiversity conservation. *Trends in ecology & evolution*, 24(10), 564-571.
- Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: Revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16(5), 545-556. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x>
- Lavorel, S., McIntyre, S., Landsberg, J., & Forbes, T. D. A. (1997). Plant functional classifications: From general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(12), 474-478. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(97\)01219-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01219-6)
- Le Provost, G., Badenhausser, I., Le Bagousse-Pinguet, Y., Clough, Y., Henc-kel, L., Violle, C., Bretagnolle, V., Roncoroni, M., Manning, P., & Gross, N. (2020). Land-use history impacts functional diversity across multiple trophic groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(3), 1573-1579.
- Le Provost, G., Schenk, N. V., Penone, C., Thiele, J., Westphal, C., Allan, E., Ayasse, M., Blüthgen, N., Boeddinghaus, R. S., Boesing, A. L., Bolliger, R., Busch, V., Fischer, M., Gossner, M. M., Hölzel, N., Jung, K., Kandeler, E., Klaus, V. H., Kleinebecker, T., ... Manning, P. (2023). The supply of multi-ple ecosystem services requires biodiversity across spatial scales. *Nature Ecology & Evolution*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01918-5>
- Mandelik, Y., Winfree, R., Neeson, T., & Kremen, C. (2012). Complementary habitat use by wild bees in agro-natural landscapes. *Ecological Applications*, 22(5), 1535-1546. <https://doi.org/10.1890/11-1299.1>
- Naeem, S., Thompson, L. J., Lawler, S. P., Lawton, J. H., Woodfin, R. M., & others. (1994). Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature*, 368(6473), 734-737.
- Pe'er, G., Dicks, L. V., Visconti, P., Arlettaz, R., Báldi, A., Benton, T. G., Collins, S., Dieterich, M., Gregory, R. D., Hartig, F., Henle, K., Hobson, P. R., Kleijn, D., Neumann, R. K., Robijns, T., Schmidt, J., Shwartz, A., Sutherland, W. J., Turbé, A., ... Scott, A. V. (2014). EU agricultural reform fails on biodiversity. *Science*, 344(6188), 1090-1092. <https://doi.org/10.1126/science.1253425>
- Perrot, T., Rusch, A., Coux, C., Gaba, S., & Bretagnolle, V. (2021). Proportion of Grassland at Landscape Scale Drives Natural Pest Control Services in Agricultural Landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2021.607023>
- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P., Howlett, B. G., Winfree, R., Cunningham, S. A., Mayfield, M. M., Arthur, A. D., Andersson, G. K., & others. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 146-151.
- Schellhorn, N. A., Gagic, V., & Bommarco, R. (2015). Time will tell: Resource continuity bolsters ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(9), 524-530. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.06.007>
- Scheper, J., Badenhausser, I., Kantelhardt, J., Kirchweiger, S., Bartomeus, I., Bretagnolle, V., Clough, Y., Gross, N., Raemakers, I., Vilà, M., Zaragoza-Trel-lo, C., & Kleijn, D. (2023). Biodiversity and pollination benefits trade off against profit in an intensive farming system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(28), e2212124120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2212124120>
- Scheper, J., Reemer, M., van Kats, R., Ozinga, W. A., van der Linden, G. T., Schaminée, J. H., Siewpel, H., & Kleijn, D. (2014). Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in The Netherlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(49), 17552-17557.
- Soliveres, S., van der Plas, F., Manning, P., Prati, D., Gossner, M. M., Renner, S. C., Alt, F., Arndt, H., Baumgartner, V., Binkenstein, J., Birkhofer, K., Blaser, S., Blüthgen, N., Boch, S., Böhm, S., Börschig, C., Buscot, F., Diekötter, T., Heinze, J., ... Allan, E. (2016). Biodiversity at multiple trophic levels is needed for ecosystem multifunctionality. *Nature*, 536(7617), Article 7617. <https://doi.org/10.1038/nature19092>
- Tamburini, G., Lami, F., & Marini, L. (2017). Pollination benefits are maximized at intermediate nutrient levels. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1860), 20170729. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0729>
- Tschamtkte, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology letters*, 8(8), 857-874.
- Wagner, D. L. (2020). Insect Declines in the Anthropocene. *Annual Review of Entomology*, 65(1), 457-480. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025151>
- WallisDeVries, M. F., Poschlod, P., & Willems, J. H. (2002). Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: Integrating the requirements of flora and fauna. *Biological Conservation*, 104(3), 265-273.
- Wilson, J. D., Morris, A. J., Arroyo, B. E., Clark, S. C., & Bradbury, R. B. (1999). A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 75(1), 13-30.