

Valorisation de ressources atypiques dans des exploitations bovines de l'Ouest de la France.

Sterling, D.^{1,2}, Puech, T.^{2*}, Farruggia, A.^{1**}, Signoret, F.³, Glinec, J.-F.⁴, Novak, S.⁵, Durant, D.¹

1 : INRAE, DSLP, F-17450 SAINT LAURENT DE LA PREE, ** anne.farruggia@inrae.fr

2 : INRAE, UR 0055 ASTER, F-88500 MIRECOURT, * thomas.puech@inrae.fr

3 : GAEC de La Barge, F-85690 NOTRE DAME DE MONTS

4 : GAEC de Trévarn, F-29800 SAINT-URBAIN

5 : INRAE, FERLUS, F- 86600 LUSIGNAN, doi : 10.15454/1.5572219564109097E12

La raréfaction de certains intrants et l'érosion de la biodiversité appellent à développer des systèmes agricoles autonomes. En élevage, l'autonomie peut être soutenue par l'utilisation de ressources issues du capital naturel des exploitations. Comment peuvent-elles s'intégrer dans les systèmes d'élevage ?
Éléments de réflexion à partir de fermes originales 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 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 (bovin lait et viande), cet article présente une analyse exploratoire d'une diversité de ressources utilisées par ces systèmes (prairies peu productives délaissées, roselières des marais, 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 certaines de ces ressources peuvent être planifiées (agroforesterie), d'autres peuvent être présentes sur le territoire d'exploitation ou dans son environnement proche. A travers une analyse métabolique, cet article montre que ces ressources peuvent substantiellement contribuer à l'autonomie des fermes en limitant le recours à certains intrants (fourrages, paillage), bien qu'elles ne peuvent 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.

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

Summary

Global changes (climatic, economic, political) are calling for an agroecological transformation of agricultural and food systems, and of livestock farming systems in particular. The use of atypical resources derived from 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 some of these resources can be planned (agroforestry), others may be present on the farm or in its immediate environment. Through a metabolic analysis, this article shows that these resources can make a substantial contribution to farm self-sufficiency by replacing inputs (forage, 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 that the farmer manages them in a way that takes this into account.

1. Introduction

Les systèmes d'élevage et en particulier ceux qui sont basés sur l'élevage de ruminants sont au cœur de débat sociétaux alors même que le cheptel français enregistre un net recul ces dernières années, (baisse de 15% du cheptel bovin en 10 ans ; (AGRESTE, 2023)). Le métier d'éleveur doit à la fois 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), baisse de sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre (Lee et al., 2023) et maintien de la biodiversité (Díaz, Malhi, 2022; Rigal et al., 2023). Cela questionne également les ressources que l'élevage des animaux mobilise, en particulier celles qui sont en concurrence vis-à-vis de l'alimentation humaine (Benoit, Mottet, 2023; Mottet et al., 2017).

La transition agroécologique 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). L'agroécologie 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 (maintien de la biodiversité). Eisler et al. (2014) proposent différentes pistes d'adaptation de l'élevage. La première est celle de la valorisation des ressources non cultivées, et notamment celles issues d'espaces naturels marginalisés. A travers le monde, une large variété de ressources alimentaires est utilisée pour l'élevage des animaux. L'azolla (*Azolla sp.*), une fougère aquatique, est utilisée en Inde par certains éleveurs de bovins laitiers (Eisler et al., 2014). L'azolla 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 valeur en matière azotée totale (MAT) particulièrement élevée (entre 180 et 320 g/kgMS - Leterme et al., 2009). En Afrique subsaharienne, les éleveurs pastoraux valorisent les végétations spontanées dans des milieux semi-arides, avec une association de ressources herbacées, arbustives, et ligneuses qui constituent la ration des animaux (Jaquemot, 2023). Dans le sud du Maroc et en Mauritanie, le roseau (*Arundo donax*) est utilisé comme ressource fourragère pour le bétail (Calestreme, 2002; Gélard, 2007).

En France, ces ressources, et en particulier les ressources 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 notamment 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. Le Nord et le Grand Ouest comptent ainsi moins de 1% de zones qualifiées de pastorales (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, issue principalement des prairies 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 raisonnés indépendamment et peu intégrés aux systèmes de production tels les arbres, les haies, ou les végétations spontanées (Ten Brink, 2015). Dans les systèmes conventionnels, ces éléments sont généralement perçus aujourd'hui comme improductifs, voire contre-productifs et requérant un investissement en temps pour leur entretien sans forcément de contrepartie économique (Bouchard, 2023). Par ailleurs, 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 de ces recherches (Girard, 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 dans le contexte français, mais aussi sur les pratiques permettant de les intégrer dans des systèmes d'exploitation.

Cet article présente les résultats d'une étude exploratoire réalisée sur 4 fermes non représentatives de l'élevage du Grand Ouest et qui valorisent des ressources issues du capital naturel (exemple des roseaux, et de formations bocagères – figures 1 et 2). L'objectif de cet article est :

- de caractériser les motivations des éleveurs.es à utiliser ces ressources, 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 la préservation de la biodiversité et à leur autonomie.

Dans la suite de l'article, le terme « atypique » utilisé pour qualifier certaines ressources : l'atypicité de ces ressources pouvant relever soit des ressources elles-mêmes, soit des pratiques de valorisation sur le territoire d'étude (ces pratiques pouvant par ailleurs être communes dans d'autres régions du monde).



Figure 1 : Vache croisée du GAEC de Trévarn pâture une haie bocagère (Photo J.-F. Glinec)



Figure 2 : Vache Maraîchine pâture des roseaux (Photo F. Signoret)

2. Matériel et méthodes

2.1 Quatre systèmes d'élevage singuliers et originaux

Ce travail s'appuie sur l'analyse de quatre systèmes d'élevage bovin du Grand Ouest : deux expérimentations système INRAE et deux fermes commerciales. Deux fermes sont orientées « bovins lait » : la ferme de Trévarn située dans le bocage breton du Finistère (73 ha de prairies permanentes, 74 vaches de génétique croisée, Trévarn dans la suite) et l'expérimentation système OasYs (UE INRAE Ferlus – Lusignan ; OasYs dans la suite) située au Sud-Ouest de la Vienne (61 ha de prairies temporaires et 30 ha de cultures annuelles fourragères, 72 vaches laitières en croisement rotatif 3 voies). Les deux autres fermes sont situées dans des zones de marais et sont orientées en bovin allaitant en race Maraîchine : le GAEC de La Barge situé dans le Marais breton en Vendée (170 ha de prairies temporaires et 10 ha de luzerne, 50 mères, La Barge dans la suite) et l'expérimentation système Transi'marsh (UE INRAE Saint-Laurent-de-la-Prée, Transi'marsh dans la suite) dans le marais de Rochefort (100 ha de prairies permanentes et 60 ha de cultures, 50 mères). Transi'marsh, Trévarn et La Barge sont certifiées en agriculture biologique ou s'inscrivent dans la démarche « Nature et Progrès ». Trévarn et La Barge sont des fermes herbagères tandis que OasYs et Transi'marsh sont des fermes de polyculture-élevage. Les deux fermes commerciales 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 fermes expérimentales (Durant et al., 2020, 2021; Novak, Chargelègue, et al., 2020; Novak et al., 2013), 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 leur permettent.
- Ces ressources sont de natures botaniques différentes et sont d'origines variées.
- Trois 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 les 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 partage de ces connaissances auprès de citoyens, du monde agricole mais également des communautés de recherche et développement francophones (Glinec, 2016, 2019).

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

Deux approches ont été mobilisées sur chacun des systèmes :

- Des enquêtes compréhensives pour comprendre les motivations des éleveurs.es 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 et l'analyse fonctionnelle,
- Des analyses quantitatives pour évaluer la contribution des ressources atypiques aux performances des fermes (en particulier sur leur autonomie) en s'appuyant sur l'analyse du métabolisme azoté et des indicateurs associés dans des approches de type Ecological Network Analysis (Fath et al., 2007).

2.2.1 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) permet 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'observation et d'interaction avec les pilotes des systèmes 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 les séquences 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 ».

2.2.2 L'analyse du métabolisme des systèmes et des indicateurs

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 3a). Ce dernier identifie les principales composantes des agrosystèmes classiquement modélisées dans ce type d'approche (Puech, 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 3a). Les interactions entre les composantes (exprimées en kgN/an – figure 3b) sont évaluées à partir des flux de nutriments entre les composantes (f_{ij}), des intrants ($Z_{i,0}$), des productions exportées ($Y_{0,i}$) et des pertes du système ($Z_{0,i}$).

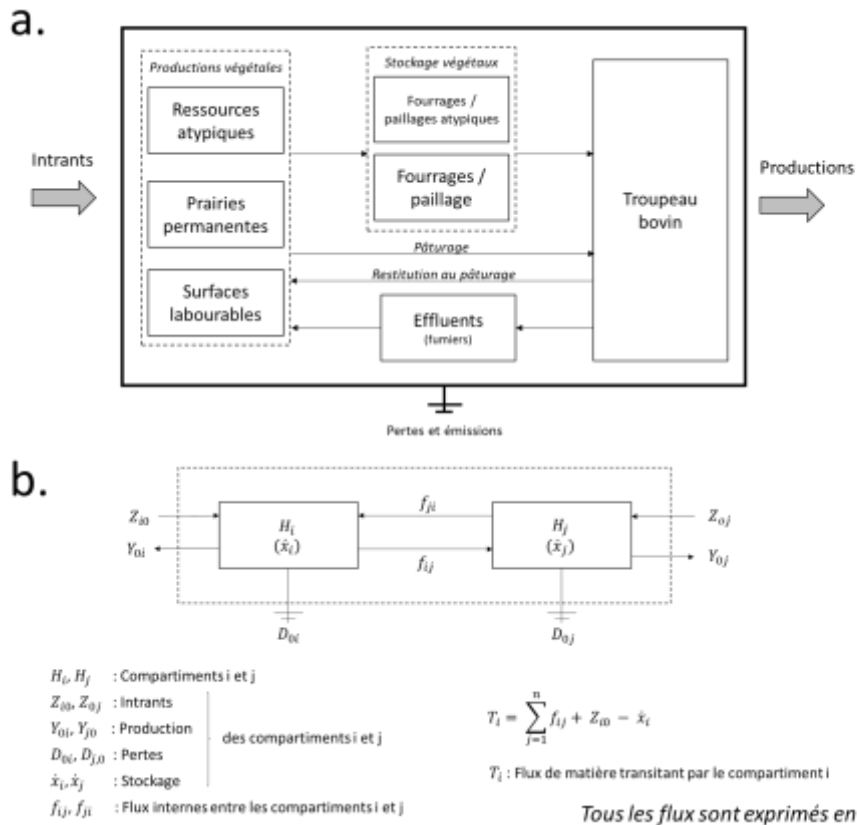


Figure 3 : Modèle conceptuel (a. - adapté de Stark et al. (2019)) et modèle théorique (b. - adapté de Finn (1980)) pour l'analyse des 4 systèmes étudiés.

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 - équation (1) Figure 6).
- L'activité interne au système (TT - équation (2)) correspondant aux seules interactions entre les composantes du système (flux de fourrages, effluents organiques...).
- L'autonomie du système (Aut - équation (3)), 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 leurs natures (1-Aut).
- La part de ressources renouvelables dans les intrants du système (IRen - équation (4)). Cela correspond principalement aux dépôts atmosphériques et à la fixation d'azote symbiotique par les légumineuses. Cet indicateur représente un proxy (1-IRen) de la dépendance des systèmes aux intrants considérés comme non ou peu renouvelables à l'échelle de la ferme (azote minéral, aliments des animaux...).
- Le rôle des ressources atypiques dans le métabolisme des systèmes, caractérisé par la part de l'activité interne au système assurée par les ressources atypiques (ARI - équation (5)) et la part des besoins alimentaires des troupeaux assurée par les fourrages atypiques (ARF - équation (6)).

Activité totale du système* - kgN/an	$TST = \sum_{i=1}^n T_i$ (1*)	Autonomie* - %	$Aut = \frac{TT}{TST}$ (3)
Flux internes* - kgN/an	$TT = \sum_{i,j}^n f_{ij}$ (2*)	Part d'intrants renouvelables - %	$IRen = \frac{\sum_i^{n, renouvelables} Z_{i,0}}{\sum_j^n Z_{j,0}}$ (4)
Intégration de ressources atypiques - % (ARI - Sterling, 2023)	$ARI = \frac{\sum_i^{Ressources \& fourrages atypiques} f_i}{TT}$ (5)		
Intégration des ressources atypiques dans l'alimentation du troupeau - % (ARF - Sterling, 2023)	$ARF = \frac{\sum_i^{Ressources \& fourrages atypiques} f_i}{\sum_j^{Troupeau} f_j}$ (6)		

Tableau 1 : indicateurs utilisés pour l'analyse du métabolisme des systèmes

* Indicateurs issus de l'Ecological Network Analysis (ENA) - (Fath et al., 2007; Ulanowicz et al., 2009).

La quantification des flux de matière a été faite dans un premier temps en matière brute puis convertie en azote selon la démarche décrite dans Puech et Stark (2023). Les informations ont été collectées (i) au cours des phases d'observation participante et (ii) à partir des systèmes d'information des fermes expérimentales. Les analyses sont basées sur le fonctionnement des systèmes au cours de l'année civile 2022 compte tenu (i) de la disponibilité des données en fermes commerciales et (ii) de la singularité de 2022, marquée par un déficit hydrique estival marqué cette année-là, particulièrement d'intérêt pour l'analyse de l'usage des ressources atypiques (-566 mm, -505 mm et -396 mm sur les unités expérimentales de Saint Laurent de la Prée, Lusignan et Ploudaniel [Finistère, ≈ 20 km au nord de Trévarn] du 15/04 au – 30/08/22 contre un déficit hydrique moyen respectif de -362, -306 et -139 mm sur la période 2002-2022).

3. Résultats

3.1 Nature des ressources atypiques

Trois catégories de ressources atypiques sont utilisées dans les fermes.

3.1.1 La végétation spontanée des milieux humides

Les végétations spontanées associées aux milieux humides des marais font partie des ressources utilisées par La Barge de Transi'marsh. Ces végétations sont distribuées selon un gradient topographique associé à des régimes hydriques particuliers (figure 4) : les prairies hygrophiles (dites « Loires ») sont caractérisées par une immersion prolongée en période hivernale jusqu'en fin de printemps et une végétation caractéristique (agrostide stolonifère, glycérie flottante...). Les bordures de fossé 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 spécifiques des milieux de marais - 3.1.2). Ces végétations, et les milieux dans lesquels elles se développent, représentent par ailleurs des habitats caractéristiques d'une faune singulière pour partie menacée (figure 4).

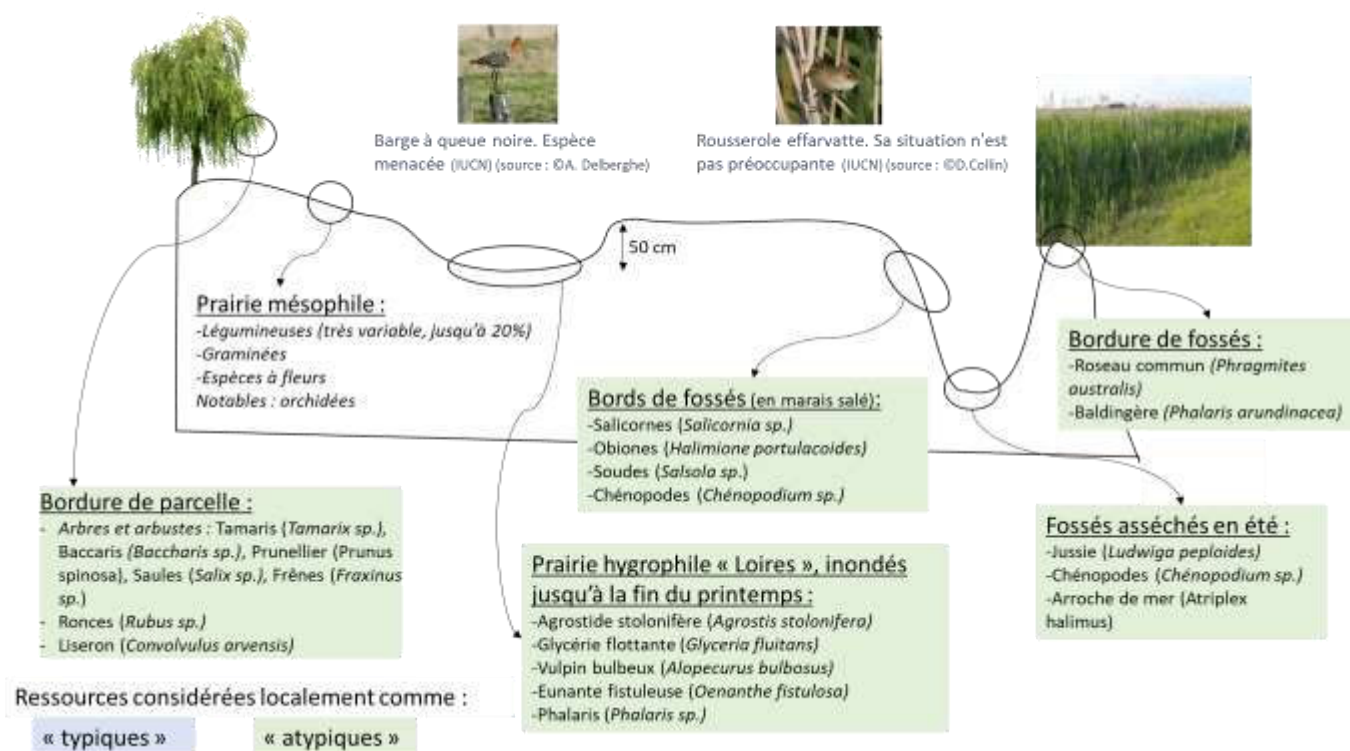


Figure 4: Les ressources sur La Barge.

3.1.2 Les formations ligneuses fourragères

Les formations ligneuses (arbres intraparcellaires, haies en bordure de parcelles, lianes...) peuvent constituer des ressources fourragères pour les animaux. Trévarn compte près de 10 km de haies, et les feuilles des arbres sont consommées par les vaches jusqu'à environ 1 m de hauteur (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). L'apport fourrager des feuilles d'arbre a cependant été considéré comme négligeable en termes de volume dans la suite de l'étude. Les ourlets (talus de haies) constituent également une ressource atypique. Ils sont soit protégés, soit pâturés par les animaux selon les besoins des éleveurs. Les ourlets sont aussi débroussaillés manuellement tous les ans. Ces ourlets contiennent près de 50 % de la biodiversité végétale de l'exploitation (Glinec, 2016). De la même façon, les formations ligneuses implantées sur le dispositif OasYs en 2014 constituent des ressources atypiques pour les animaux aux côtés des prairies temporaires et des cultures annuelles fourragères dédiées. Une diversité de formations ligneuses a été implantée (Novak, Chargelègue, et al., 2020), que ce soit en intraparcellaire sur 4 parcelles de 3 ha ou sous forme de haies, avec au total 70 espèces d'arbre, d'arbuste ou de liane. Il s'agit principalement de ligneux à vocation fourragère, taillés en têtards, recepés ou plessés pour être directement pâturés par les animaux.

3.1.3 Les prairies peu productives et les bords de chemins

Les prairies valorisées usuellement par les éleveurs.es (prairie mésophile eutrophe dans le bocage breton, prairie mésophile dans les marais de l'Ouest) coexistent avec des espaces marginalisés (que l'on qualifie ici d'atypique) par les systèmes agricoles dominants car à fortes contraintes naturelles (pente, hydromorphie), peu artificialisés (pas de drainage, peu de fertilisation, difficilement mécanisables) et par conséquent moins productifs. C'est le cas des prairies humides et en pente du

bocage breton (ferme de Trévarn) délaissées car moins productives (2-3 tMS/ha/an contre 4 à 6 tMS/ha/an pour des prairies typiques bretonnes). Ces espaces constituent des habitats naturels menacés à l'échelle européenne et font l'objet d'aides publiques (Mesures Agri-Environnementales et Climatiques - MAEc). De même, dans les zones de marais (La Barge), les prairies hygrophiles présentent de fortes contraintes hydriques (inondées jusqu'à la fin du printemps) et représentent des habitats particuliers, hébergeant une flore et une faune singulières et menacées (ex. des limicoles comme la Barge à queue noire ou le Chevalier gambette).

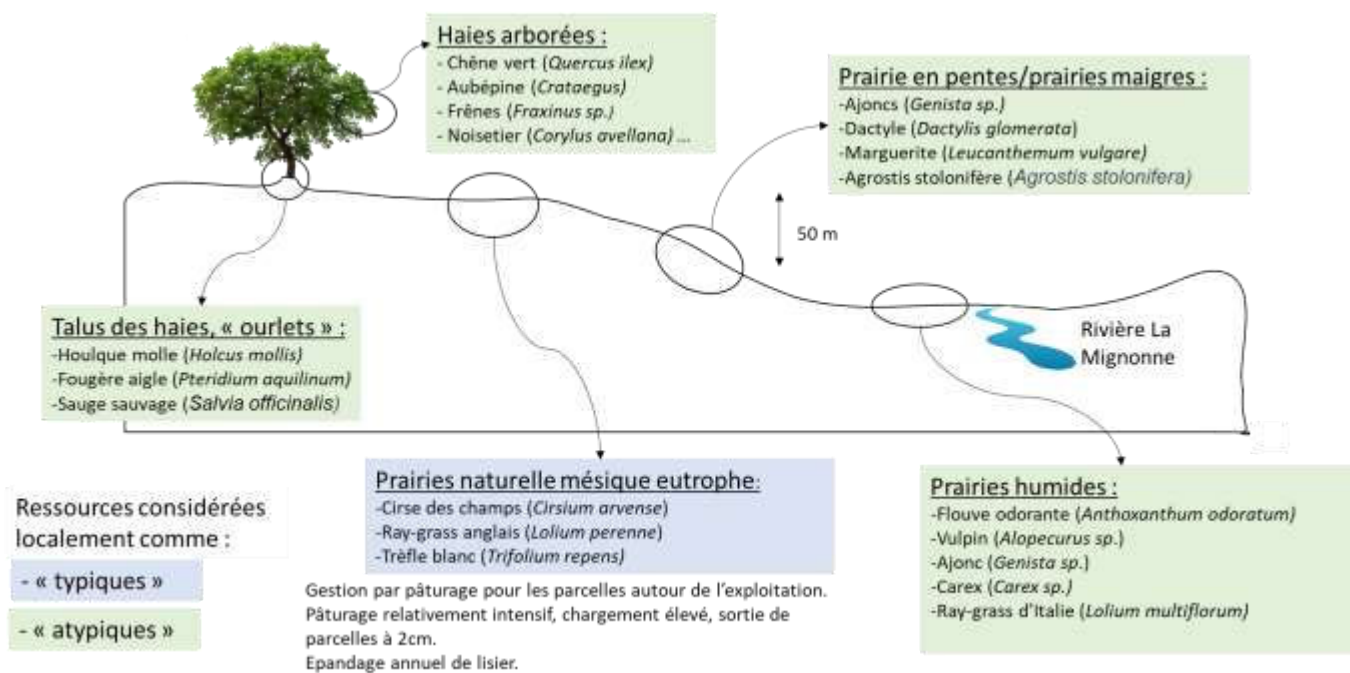


Figure 5 : Les ressources sur Trévarn adapté de Laurent et al. (2023).

3.2 Stratégies d'accès aux ressources atypiques

On observe 3 modalités d'accès aux ressources atypiques, pouvant se combiner à l'échelle d'une ferme.

3.2.1 Des ressources planifiées sur l'exploitation agricole

La première modalité consiste à implanter 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 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...).

3.2.2 Des ressources spontanées issues du capital naturel des exploitations

Cette seconde modalité consiste à valoriser des ressources naturelles déjà présentes sur le territoire des exploitations, souvent de manière pérenne. Les quatre exploitations valorisent différentes ressources issues de leur capital naturel, que ce soit des roselières et végétations spontanées des marais pour Transi'marsh et pour La Barge, des prairies délaissées pour Trévarn, ou des formations ligneuses (haies, bosquets) pour les 4 fermes. Ces espaces peuvent être spécifiquement aménagés en vue d'une gestion différenciée (ex : mise en défens par clôture).

3.2.3 Des ressources spontanées non utilisées par les autres acteurs du territoire

Cette dernière stratégie consiste à valoriser des ressources non utilisées par les autres acteurs du territoire : les exploitations vont prospecter sur le territoire qui leur est proche pour valoriser ces ressources atypiques (10 km autour de la ferme de Transi'marsh). 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 Trévarn et ceux de Transi'marsh fauchent des roselières non-utilisées autrement par leurs voisins, agriculteurs ou particuliers. Les éleveurs des fermes commerciales revendiquent le terme de « squat » pour désigner leurs actions d'utilisation de ces espaces. Ces surfaces ont été considérées comme intégrées aux systèmes agricoles pour les analyses métaboliques.

3.3 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.

3.3.1 Des ressources pour l'alimentation ou la litière

- *Des ressources fourragères estivales*

Une première stratégie consiste à intégrer les ressources atypiques dans les rotations de pâturage des animaux. Cette pratique de pâturage 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 cycles végétatifs retardés par rapport aux prairies (chénopodes, roseaux) à La Barge (figure 6) 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).

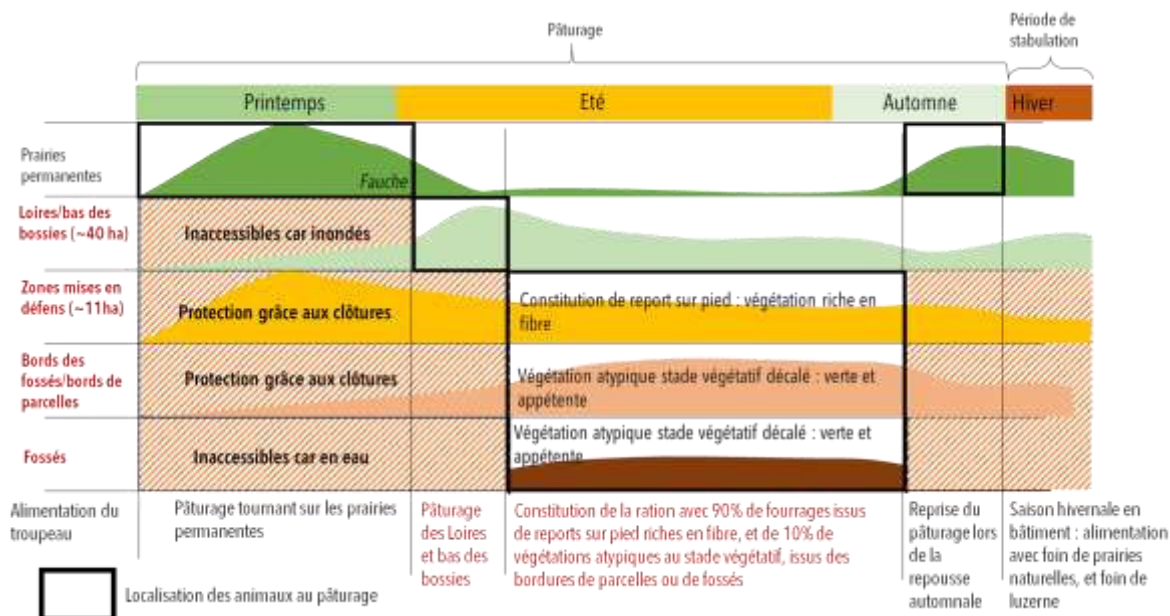


Figure 6 : Séquences d'alimentation pour le troupeau de La Barge – Les fourrages atypiques sont en rouge et les bordures noires permettent de comprendre la succession de l'utilisation des ressources par le pâturage.

Cette stratégie est particulièrement éprouvée et efficace sur La Barge. Les saisons-pratiques sont présentées sur la figure 1. En associant une diversité de ressources fourragères dont les ressources atypiques, les éleveurs cherchent à optimiser la disponibilité fourragère pendant toute la saison de pâturage, ce qui implique une gestion très contrôlée de l'eau, une stratégie de chargement au pâturage associée à un dispositif de clôtures mobiles, et enfin un apprentissage des animaux. Pendant l'hiver, lorsqu'une partie des prairies sont entièrement inondées, l'éleveur choisit de ne pas forcer l'évacuation de l'eau, comme cela se fait typiquement autour de lui. Au printemps, lorsque l'eau se retire, les animaux pâturent uniquement les prairies permanentes, tandis que 11ha de prairies et des bords des loires (surelevées) sont mis en défens pour un report sur pied. Les loires et les fossés sont quant à eux inaccessibles car inondés. Vers la fin du printemps, les 40 ha de loires sont ensuite 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 mises en défens protégées du pâturage au printemps apporte les 90 % restant. Le pâturage des animaux est organisé grâce à l'utilisation de clôtures mobiles, qui permettent de contraindre les animaux à consommer toutes les ressources sur une surface définie. L'apprentissage des animaux, tout autant que celui des éleveurs, à ces méthodes, prend du temps. Les animaux doivent en effet apprendre à consommer des ressources qu'ils n'avaient pas l'habitude de consommer, et les éleveurs doivent apprendre à ne plus changer les animaux de parcelle lorsqu'ils l'« exigent ».

- *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, la paille de céréales achetée a été remplacée pour environ ¼ des besoins annuels par de la paille de roseau.

- Des ressources pour l'alimentation hivernale puis la litière

Cette troisième stratégie est illustrée par Trévarn dans laquelle les ressources atypiques sont quasiment exclusivement mobilisées pendant la saison hivernale (Figure 7). Les prairies atypiques sont fauchées et le foin est distribué pendant l'hiver aux vaches taries à moindres besoins physiologiques, la saison hivernale correspondant à la période de tarissement du troupeau (vélages groupés de printemps). Les refus d'auge (soit environ ¼ du volume de ces fourrages) sont réutilisés pour constituer le paillage des logettes. Ils constituent la seule source de biomasse utilisée pour la litière.

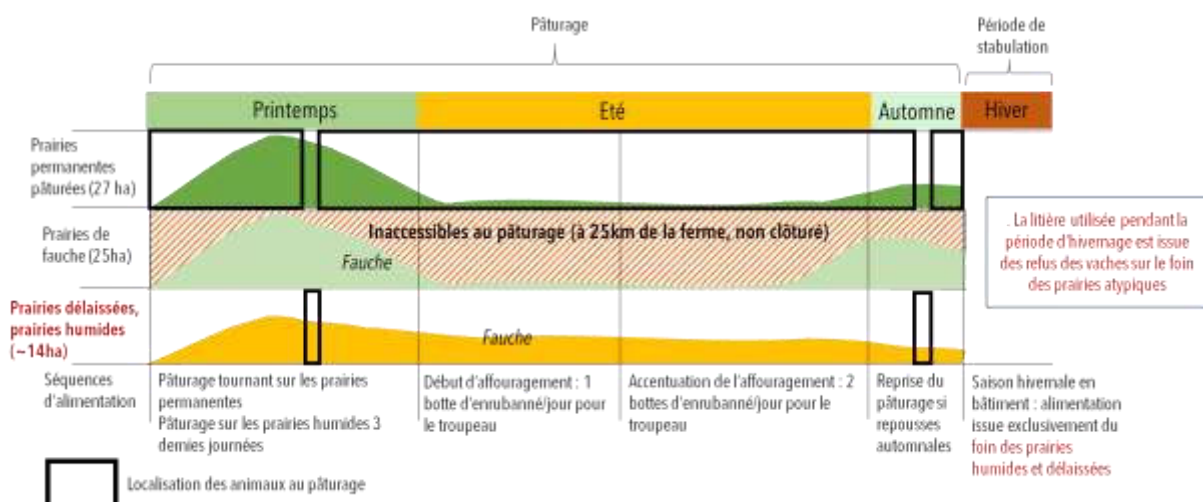


Figure 7 : Séquence d'alimentation de Trévarn. – Les fourrages atypiques sont en rouge et les bordures noires permettent de comprendre la succession de l'utilisation des ressources par le pâturage.

3.4 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 MAEC. Elles s'appliquent à mettre en œuvre des pratiques permettant le renouvellement de ces ressources comme la fauche tardive ou le pâturage alterné (à Transi'marsh, la roselière est fauchée une année sur trois) mais aussi la préservation des habitats pour la faune et la flore.

La biodiversité végétale ainsi préservée offre en effet des habitats à de nombreuses espèces. Les marais sont des espaces privilégiés pour les oiseaux. 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 humides comme le séneçon aquatique (*Jacobaea aquatica*),

le Crocidure leucode (*Crocidura leucodon*) ou le campagnole 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 Maraichine 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).

3.5 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 est plus intense dans les systèmes laitiers. Cette intensité métabolique est d'autant plus élevée sur les flux internes 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 2), 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 (moy. 2.5-3tMS/ha/an en 2022).

Du point de vue de l'autonomie, Trévarn est la plus autonome avec plus de 80% de son fonctionnement assuré par des flux internes (fourrages, restitutions organiques... - Figure 8). 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 sont quasi exclusivement d'origine renouvelable (en valeur azotée), principalement d'origine symbiotique (70 %). La différence sur Transi'marsh provient des achats de paille (env. 80 tMS). L'autonomie d'OasYs est moindre que les 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 ¾ des intrants).

Au regard du métabolisme azoté global, les ressources atypiques jouent un rôle relativement marginal, dans la mesure où si elles ne correspondent qu'à 3 % du métabolisme interne (Intégration des Ressources Atypiques – ARI - Tableau 2) sur Transi'marsh (0 % sur OasYs en 2022), et jusqu'à 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 (fourrages issus de ressources atypiques – ARF - Tableau 2) à La Barge ; et elles permettent l'alimentation du troupeau en période estivale (Figure 6). Sur Trévarn, les ressources atypiques représentent 11 % de l'apport protéique du troupeau (pour partie au pâturage mais surtout pour l'alimentation hivernale - Figure 8). 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 elles sont principalement utilisées pour la litière en période hivernale à Transi'marsh ou ne représentent que quelques centaines de kg pâturés à OasYs en 2022.

	La Barge	Trévarn	Transi'marsh	OasYs
Chargement moyen (UGB/ha SAU)	0.31	0.87	0.46	1.09
Activité totale (TST, kgN/ha/an)	111	251	181	539
Activité interne (TT, kgN/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

Tableau 2 : Principaux indicateurs d'analyse du métabolisme des 4 systèmes étudiés.

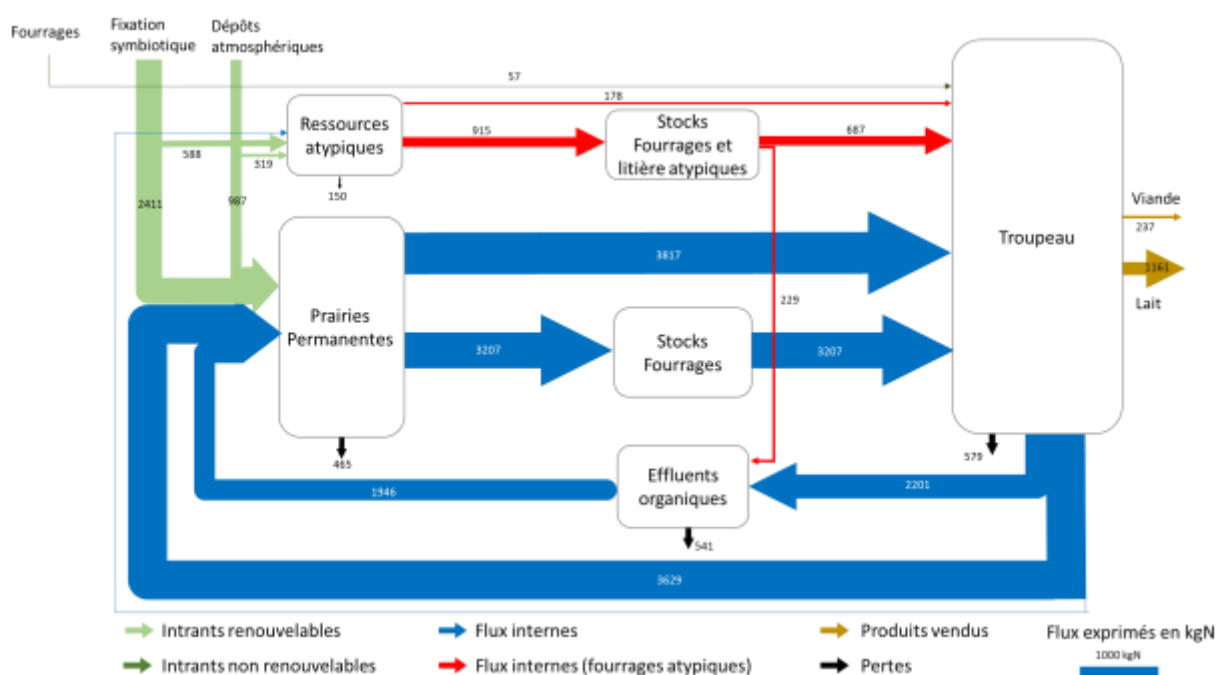


Figure 8: Distribution des flux d'azote sur Trévarn

4. Discussion

4.1 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 un gradient 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. Ainsi, les arbres fourragers ont été implantés en 2014 mais leur première utilisation a eu « seulement » lieu en 2022.

Toutefois, les valeurs des indicateurs issus de l'analyse du métabolisme de ces 4 systèmes présentés par Sterling (2023 – dont TT et TST présentés dans cet article) sont cohérentes avec les éléments de littérature récents en système d'élevage en région tempérée (Laurant et al., 2023; Puech, Stark, 2023; Stark et al., 2019; Steinmetz et al., 2021). Par ailleurs, Sterling (Sterling, 2023) montre que si les quatre systèmes étudiés sont globalement moins productifs que les fermes classiques, ils n'en sont pour autant pas 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 (Laisse et al., 2019) que les deux systèmes laitiers sont plus efficaces que les systèmes allaitants pour produire des protéines alimentaires et (ii) que les quatre 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), intérêts nutritionnels et santé des fourrages atypiques (Novak, Barre, et al., 2020), régulation du régime hydrique (infiltrations en période humide, ombrage et ascenseur hydraulique en période sèche (Cardinael et al., 2020))....

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, 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.

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

Le nombre limité de systèmes étudiés et la seule année d'étude (2022) soulèvent la question de la montée en généralité des résultats présentés dans cet article sur les stratégies d'usage de ressources atypiques en systèmes d'élevage et des performances qui y sont associées. Toutefois, les quatre fermes étudiées présentent un gradient fort, tant dans le niveau d'intégration des ressources atypiques que dans la nature des productions (bovin lait / bovin viande). L'identification d'un échantillon plus large de systèmes permettrait de monter en généralité mais questionne les méthodes pour repérer ces ressources atypiques aussi bien 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 sur les quatre fermes par voie d'observation participante permettent une approche approfondie des pratiques d'élevage et de comprendre leurs transitions sur le temps long : apprentissages dans la conduite des pilotes des systèmes 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 de données sur les fermes commerciales pour une analyse des transitions sur un pas de temps pluriannuel. Pour autant, la singularité de l'année 2022 étudiée dans cet article montre l'intérêt d'étudier le rôle que peuvent jouer les ressources atypiques en systèmes d'élevage en contexte variable et incertain au regard des productions fourragères « classiques ».

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

Sans lien de causalité, l'écriture de cet article a été concomitante avec la publication d'un rapport du CGAER faisant état que près de 20.000 ha serait « en état d'abandon » en France (Baduel et al., 2023), pour partie pour des raisons d'accès, de morphologie ou de recul de l'élevage. Une partie d'entre-elles pouvant vraisemblablement être qualifiées d'« atypiques » au même titre que les « prairies délaissées » utilisées à Trévarn. Dans ce contexte, et au regard de l'utilisation des ressources atypiques, l'analyse croisée des fermes étudiées montre que trois d'entre elles valorisent des ressources atypiques en dehors de leur territoire d'exploitation (Transi'marsh, Trévarn, La Barge). Si l'utilisation de ces ressources se fait avec l'accord (généralement oral) des propriétaires, les éleveurs des deux fermes commerciales revendiquent dans certaines situations la notion de « squat » de ces espaces, entraînant parfois des désaccords sur l'utilisation de ces ressources, par ailleurs délaissées par les autres exploitations d'élevage. Dans l'hypothèse où l'usage de ces ressources atypiques devait à l'avenir se généraliser, ce travail appelle à un raisonnement collectif de l'usage de ces espaces pour maintenir (i) une production de biomasse (à destination fourragère ou litière) sur le temps long (par exemple, il est conseillé de ne pas faucher les roselières tous les ans de manière à assurer le cycle régénératif du roseau), tout (ii) en conservant le rôle essentiel de ces espaces à maintenir un paysage ouvert et une biodiversité sauvage (végétale ou animale) bien souvent à enjeu de conservation (LPO, 2013). 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 contexte pédo-climatiques et agricoles. Toutefois, l'inertie de développement liée à la biologie de ces ressources appelle très prochainement à une 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., (Lee 2023).

Conclusion et perspectives

A travers l'analyse de quatre systèmes d'élevage bovin originaux de l'Ouest de la France, cet article présente une diversité de ressources atypiques, sans prétendre à l'exhaustivité dans la mesure où la notion d'atypicité est relative à une région et à une époque. Toutefois, la diversité des ressources étudiées et les différentes stratégies mises en œuvre dans les systèmes étudiés tant en termes d'usage (fourrages ou litière) que d'approvisionnement (ressources planifiées, issues du capital naturel des exploitations ou du territoire environnant) contribue à l'autonomie des fermes. 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 pilotes de ces systèmes et des animaux, pour valoriser ces ressources tout en assurant leur renouvellement sur le temps long. Si l'approche d'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 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 endémique de ces espaces.

Remerciements

Les auteurs et autrices remercient le métaprogramme INRAE METABIO pour son soutien financier au projet SourceN à l'origine de ce travail, et Eric Pelhate, pour avoir réalisé la synthèse des données sur OasYs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRESTE. (2023) *"Synthèses conjoncturelles bovins", Synthèses conjoncturelles, N°410, 8p.*
- 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. Paris, Rapport CGAER n°22107.*
- BELLON S., GIRARD N., GUERIN G. (1999) *"Caractériser les saiaons-pratiques pour comprendre l'organisation d'une campagne de pâturage", Fourrages, Vol.158, 115-132.*
- BENOIT M., MOTTET A. (2023) *"Energy scarcity and rising cost: Towards a paradigm shift for livestock", Agricultural Systems, Vol.205, 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 ?.", *Les Carnets du Labex ITEM*, 180.
- 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", *Global Food Security*, Vol.3, N°3-4, 209-219.
- BONAUDO T., BENDAHAN A. B., SABATIER R., RYSCHAWY J., BELLON S., LEGER F., ET AL. (2014) "Agroecological principles for the redesign of integrated crop-livestock systems", *European Journal of Agronomy*, Vol.57, 43-51.
- 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.*
- 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.*
- CARDINAE L., MAO Z., CHENU C., HINSINGER P. (2020) "Belowground functioning of agroforestry systems: recent advances and perspectives", *Plant and Soil*, Vol.453, N°1-2, 1-13.
- 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*, 281 p.
- DIAZ S., MALHI Y. (2022) "Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives", *Annual Review of Environment and Resources*, Vol.47, N°1, 31-63.
- 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*, Vol.9, N°12, 140.
- 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, 223-235.
- EISLER M. C., LEE M. R. F., TARLTON J. F., MARTIN G. B., BEDDINGTON J., DUNGAIT J. A. J., ET AL. (2014) "Agriculture: Steps to sustainable livestock", *Nature*, Vol.507, N°7490, 32-34.
- EMILE J.-C., BARRE P., DELAGARDE R., NIDERKORN V., NOVAK S. (2017) "Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers ?", *Fourrages*, N°230, 155-160.
- FANJANIAINA M. L., STARK F., RAMAROVAHOAKA N. P., RAKOTOHARINAIVO J. F., RAFOLISY T., SALGADO P., ET AL. (2022) "Nutrient Flows and Balances in Mixed Farming Systems in Madagascar", *Sustainability*, Vol.14, N°2, 984.
- FATH B. D., SCHARLER U. M., ULANOWICZ R. E., HANNON B. (2007) "Ecological network analysis: network construction", *Ecological Modelling*, Vol.208, N°1, 49-55.
- FINN J. T. (1980) "Flow Analysis of Models of the Hubbard Brook Ecosystem", *Ecology*, Vol.61, N°3, 562-571.
- GARNIER J., ANGLADE J., BENOIT M., BILLEN G., PUECH T., RAMARSON A., ET AL. (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", *Environmental Science & Policy*, Vol.63, 76-90.
- GELARD M.-L. (2007) "Le roseau protecteur: Techniques et symboliques d'une plante dans le Sud marocain (Tafilalt)", *Techniques & culture*, N°48-49, 61-84.
- GIRARD S., ALA VOINE-MORNAS F. (2014) "La Trame Verte à l'épreuve du terrain : pratiques et représentations des agriculteurs", *Sciences Eaux & Territoires*, N°14, 64-69.
- GLINEC J.-F. (2016) "Etude de la flore d'une exploitation laitière du fond de la rade de Brest", *ERICA*, Vol.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*, N°237, 41-46.
- 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.* 222p. p.
- INSEE. (2022) "Indice des prix agricoles (IPPAP, IPAMPA)", *Informations rapides - INSEE*, N°206, 4.
- JAUQUEMOT P. (2023) *Le pastoralisme en Afrique. Un mode d'existence en péril ?* Fondation Jean Jaurès.
- LAGEL A. (2016) *Contribution de l'élevage bovin laitier à l'approvisionnement protéique pour l'être humain. Dijon, France, Mémoire de fin d'études AgroSup Dijon-Idel.*

- LAISSE S., BAUMONT R., DUSART L., GAUDRE D., ROUILLE B., BENOIT M., ET AL. (2019) "L'efficience 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 Productions Animales*, Vol.31, N°3, 269-288.
- 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", *Agronomy for Sustainable Development*, Vol.43, N°4, 48.
- 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", *Cahiers Agricultures*, Vol.25, N°1, 15004.
- LEE H., CALVIN C., DASGUPTA D., KRINNER G., MUKHERJI A., THORNE P., ET AL. (2023) *Synthesis report of the IPCC sixth assessment report. IPCC*.
- LETERME P., LONDOÑO A. M., MUÑOZ J. E., SÚAREZ J., BEDOYA C. A., SOUFFRANT W. B., ET AL. (2009) "Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs", *Animal Feed Science and Technology*, Vol.149, N°1-2, 135-148.
- 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*, Vol.231, 235-245.
- MOREAU J.-C., BERAL C., HANNACHI Y., LAVOYER S., MONIER S., NOVAK S., ET AL. (2020) "ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples", *Innovations Agronomiques*, N°79, 499-521.
- 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", *Global Food Security*, Vol.14, 1-8.
- MOULIN C., GIRARD N., DEDIEU B. (2001) "L'apport de l'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation", *Fourrages*, N°167, 337-363.
- NOVAK S., BARRE P., DELAGARDE R., MAHIEU S., NIDERKORN V., EMILE J.-C. (2020) "Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été", *Fourrages*, Vol.242, 35-47.
- NOVAK S., CHARGELEGUE F., CHARGELEGUE J., AUDEBERT G., LIAGRE F., FICHET S. (2020) "Premiers retours d'expérience sur les dispositifs groforestiers intégrés dans le système laitier expérimental OasYs", *Fourrages*, N°242, 71-78.
- NOVAK S., DELAGARDE R., FIORELLI J.-L. (2013) "Conception d'un système fourrager bioclimatique : la démarche initiée à Lusignan", *Fourrages*, Vol.215, 241-246.
- NOZIERES-PETIT M.-O., LAUNAY F., ETIENNE L., MOULIN C.-H. (2021) "Les grands traits de l'élevage pastoral aujourd'hui en France", *Fourrages*, N°245, 3-11.
- PERRIN A. (2021) *Caractérisation des facteurs de la résilience des exploitations bovines et ovines laitières biologiques françaises. Toulouse, Toulouse, 274 p.*
- PUECH T., STARK F. (2023) "Diversification of an integrated crop-livestock system: Agroecological and food production assessment at farm scale", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol.344, 108300.
- RIGAL S., DAKOS V., ALONSO H., AUNINS A., BENKO Z., BROTONS L., ET AL. (2023) "Farmland practices are driving bird population decline across Europe", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.120, N°21, e2216573120.
- SALEMBIER C., SEGRESTIN B., WEIL B., JEUFFROY M.-H., CADOUX S., CROS C., ET AL. (2021) "A theoretical framework for tracking farmers' innovations to support farming system design", *Agronomy for Sustainable Development*, Vol.41, N°5, 61.
- STARK F., AMPOSTA N., NASRI W., LAMARQUE M., PARISOT S., SALGADO P., ET AL. (2023) "Nutrient cycling and efficiency: a comparative flow analysis of meat and dairy sheep farming systems", 444 in: *74th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. Lyon, France*.

- STARK F., ARCHIMEDE H., GONZALEZ-GARCIA E., POCCARD-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", *Innovations Agronomiques*, Vol.72, 1-14.
- STARK F., GONZALEZ-GARCIA E., NAVEGANTES L., MIRANDA T., POCCARD-CHAPUIS R., ARCHIMEDE H., ET AL. (2018) "Crop-livestock integration determines the agroecological performance of mixed farming systems in Latino-Caribbean farms", *Agronomy for Sustainable Development*, Vol.38, N°1, 4.
- STEINMETZ L., VEYSSET P., BENOIT M., DUMONT B. (2021) "Ecological network analysis to link interactions between system components and performances in multispecies livestock farms", *Agronomy for Sustainable Development*, Vol.41, N°3, 42.
- STEINWIDDER A., WOLFHALER J., FREY H. J., HOFSTETTER P., GAZZARIN C., KIRCHWEGGER S., ET AL. (2016) "Stall- und weidebasierte Milchproduktionssysteme – Analysen zur Netto-Lebensmittelproduktion sowie zur Wirtschaftlichkeit", *Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft*, 31-36.
- STERLING D. (2023) *Valorisation de ressources végétales atypiques dans des exploitations bovines du Grand Ouest de la France*. Montpellier, 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*, Vol.69, 35-45.
- TEN BRINK P. (2015) "Qu'est ce que le capital naturel",
- ULANOWICZ R. E., GOERNER S. J., LIETAER B., GOMEZ R. (2009) "Quantifying sustainability: Resilience, efficiency and the return of information theory", *Ecological Complexity*, Vol.6, N°1, 27-36.
- WEZEL A., BELLON S., DORÉ T., FRANCIS C., VALLOD D., DAVID C. (2009) "Agroecology as a science, a movement and a practice. A review", *Agronomy for Sustainable Development*, Vol.29, N°4, 503-515.