



HAL
open science

Valorization of atypical resources in cattle production in the french “ Grand Ouest ” region

Damaris Sterling

► **To cite this version:**

Damaris Sterling. Valorization of atypical resources in cattle production in the french “ Grand Ouest ” region. Agronomy. 2023. hal-04236259

HAL Id: hal-04236259

<https://hal.inrae.fr/hal-04236259>

Submitted on 10 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Mémoire de fin d'études

Présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome
Option : Systèmes d'Elevage

« Valorisation de ressources végétales atypiques dans des exploitations bovines du Grand Ouest de la France »



Par
Damaris STERLING

Année de soutenance : 2023

Mémoire préparé sous la direction de :
Magali JOUVEN

Présenté le 18/09/2023

Devant le jury :

Magali JOUVEN

Enseignant référent (Institut Agro)

Charles-Henri MOULIN

Rapporteur formation (Institut Agro)

Fabien STARK

Rapporteur principal (INRAE)

Thomas PUECH

Maître de stage (INRAE)

Organisme d'accueil :

INRAE – Domaine expérimental de Saint-Laurent-de-la-Prée (17)

Maîtres de stage :

Anne FARRUGGIA

(INRAE – Saint-Laurent-de-la-Prée (17))

Thomas PUECH

(INRAE – Mirecourt (88))

Résumé :

Pour nourrir près de 10 milliards de personnes d'ici 2050 dans un contexte de changement climatique et de déclin de la biodiversité il apparaît nécessaire de repenser les systèmes agricoles et les ressources qu'ils utilisent. Cette étude se propose de caractériser quatre systèmes d'élevage bovin (deux allaitants, deux laitiers) originaux et singuliers, dans le contexte du Grand Ouest de la France. Ces exploitations ne sont pas représentatives des systèmes dominants de l'Europe de l'Ouest, notamment car elles s'appuient sur l'utilisation de ressources « atypiques » issues de leur capital naturel. Ainsi, les exploitations valorisent ou souhaitent valoriser des ressources comme les formations boisées et bocagères, les prairies humides et les landes, ou les végétations de marais (roseaux, lentilles d'eau, azolla). Ces ressources sont perçues comme non productives et non valorisables dans la vision dominante. Cette étude vise à comprendre et caractériser les usages qui sont faits de ces ressources, et à quantifier à partir d'une approche métabolique des flux d'azote leur contribution aux performances agroécologiques des systèmes.

Nos résultats montrent que l'auto-suffisance de ces systèmes repose principalement sur l'utilisation de ressources renouvelables. Les exploitations présentent différents niveaux d'intégration des ressources atypiques, jusqu'à 30% de l'alimentation des animaux sur une année, pour la ferme ayant les plus hauts niveaux d'intégration. Les ressources atypiques contribuent à l'autonomie des systèmes via (i) l'alimentation au pâturage des animaux pendant des périodes de déficits fourragers lors des sécheresses estivales, (ii) l'approvisionnement des stocks hivernaux, de fourrages ou de litière. Plusieurs stratégies d'intégration sont ainsi identifiées, permettant aux éleveurs une souplesse dans la gestion de leurs systèmes. L'intégration des ressources atypiques est une opportunité pour préserver les écosystèmes des fermes tout en soutenant l'activité de production de lait et/ou de viande, à condition de s'engager dans une gestion durable des ressources afin d'assurer leur renouvellement, et préserver les habitats qu'elles offrent à de nombreuses espèces sauvages.

Ce travail a fait l'objet d'une présentation lors du congrès EAAP + WAAP + Interbull à Lyon le 28 août 2023.

(Sterling, Puech and Farruggia, 2023) : <https://hal.inrae.fr/hal-04190329>

Mots clés : ressources atypiques, fourrages atypiques, autonomie, biodiversité, élevage bovin, analyse des réseaux, approche système, flux d'azote, région Grand Ouest

Abstract :

Title : Valorization of atypical resources in cattle production in the french « Grand Ouest » region

To feed nearly 10 billion people by 2050, in the context of climate change and declining biodiversity, we need to rethink agricultural systems and the resources they use. The aim of this study is to characterize four original and singular cattle farming systems (two suckling, two dairy) in the context of western France. These farms are not representative of the dominant systems in Western Europe, notably because they rely on the use of "atypical" resources that come from their natural capital. Farmers make use of, or wish to make use of, resources such as woodland and bocage formations, wet meadows and moors, or marsh vegetation (reeds, duckweed, azolla). These resources are perceived as non-productive or non-valuable by conventional breeders. This study aims to understand and characterize the uses made of these resources, and to quantify their contribution to the agroecological performance of the systems, using a metabolic approach to nitrogen flows. Our results show that the autonomy of these systems relies mainly on the use of renewable resources. The farms show different levels of integration of atypical resources, with up to 30% of animal feed for the farm with the highest levels of integration. Atypical resources contribute to systems autonomy via (i) feeding animals during periods of forage deficit during summer droughts, (ii) supplying winter stocks for forages or bedding. Several integration strategies have been identified, giving farmers flexibility in managing their systems. The integration of atypical resources is an opportunity to preserve farm ecosystems while supporting milk and/or meat production, under certain conditions. The sustainable management of the resources allows to ensure their renewal, and preserve the habitats they provide for numerous wild species.

This work was presented at the EAAP + WAAP + Interbull congress in Lyon on August 28, 2023.

(Sterling, Puech and Farruggia, 2023) : <https://hal.inrae.fr/hal-04190329>

Keywords : atypical resources, atypical forages, autonomy, biodiversity, cattle production, network analysis, system approach, nitrogen flows, french « Grand Ouest » region

Remerciements :

Tout d'abord, je tiens à remercier Anne Farruggia et Thomas Puech mes maîtres de stage pour l'opportunité d'avoir pu travailler avec eux sur ce sujet passionnant. Je les remercie pour leur disponibilité, leur écoute, et leurs commentaires toujours pertinents vis-à-vis de mon travail. Je leur suis reconnaissante de l'opportunité qu'ils m'ont laissé de présenter mon travail lors du congrès WAAP – EAAP à Lyon, qui a été pour moi l'occasion de partager nos messages à la communauté scientifique des productions animales.

Ce travail a été rendu possible grâce au financement du métaprogramme Métabio, je les en remercie également.

Je remercie l'unité expérimentale de Saint Laurent de la Prée pour l'accueil chaleureux, et les moments de convivialité partagés. Je les remercie aussi pour la disponibilité, et les questions intéressantes qui ont suivi les présentations d'entraînement que j'ai pu réaliser.

Je remercie très chaleureusement les éleveurs et les équipes qui m'ont accueillie pendant la durée de mes enquêtes. Merci à Fred pour m'avoir montré la beauté d'une ferme qui cohabite avec la nature, merci à Jean-François et Olivier pour les remises à niveau « grandes cultures » et culture bretonne avec Anjela Duval. Merci à Sandra et toute l'équipe d'OasYs, pour m'avoir laissé participer aux différentes activités de la ferme.

Je remercie ma tutrice enseignante Magali Jouven pour sa disponibilité et ses conseils précieux pour la rédaction de mon mémoire. Merci également à toute l'équipe pédagogique de la spécialité systèmes d'élevage, pour tout ce qu'ils m'ont apporté durant cette dernière année. Je crois que je comprends maintenant ce que signifie être ingénieure.

Merci enfin à l'équipe stagiaire de l'aquarium pour les bons moments passés, quelle chance d'avoir pu vous côtoyer, Irène, Pierre-Louis, Rachel et Léa. Ce stage n'aurait pas été le même sans votre compagnie.

Merci à ma mère, pour ses relectures soignées, et son soutien indéfectible, pour ce mémoire, mais aussi le jour avant ma présentation au congrès, et tous les autres jours de l'année.

Table des matières

Résumé.....	3
Abstract	4
Remerciements :	5
Table des matières	6
Glossaire :	9
Introduction :	11
Contexte :	13
Matériel et méthodes :	18
1. L'échantillon : 4 exploitations originales et innovantes du Grand Ouest de la France	18
2. Une approche qualitative pour comprendre les stratégies d'usage des ressources atypiques	21
3. Une approche compréhensive et quantitative via l'étude du fonctionnement métabolique	22
3.1. La méthode de l'analyse des réseaux écologiques	22
3.2. Application de la méthode à notre étude	24
3.3. Les indicateurs retenus.....	26
4. Différentes analyses selon les fermes :	28
Résultats.....	29
I. Les stratégies globales des exploitations et leurs motivations à utiliser les ressources atypiques	29
1. Les ressources atypiques des fermes	29
1.1. Les différents types de ressources atypiques et les pratiques d'usages des éleveurs	29
1.2. Identification des modes d'accès aux ressources atypiques.....	34
2. Caractérisation des logiques d'intégration des ressources atypiques : analyse des contextes d'intégration des ressources aux systèmes.....	35
3. Les stratégies d'intégration des ressources atypiques dans les systèmes d'exploitation	38
4. Les motivations des éleveurs à intégrer des ressources atypiques	42
II. La place des fourrages atypiques dans les performances des exploitations	43
1. Les flux azotés dans les systèmes étudiés.....	43
2. Les performances des systèmes.....	47
2.1. L'intégration des ressources atypiques	47
2.1. Propriétés émergentes des systèmes	48
3. La gestion des ressources atypiques par le prisme de l'ENA	50
3.1. Les ressources atypiques sont mobilisées à des périodes précises de l'année	50

3.2. Contribution des ressources atypiques aux performances des systèmes	51
Discussions et perspectives :	53
Conclusion	57
Bibliographie	58
Annexes :	62

Table des illustrations :

Table des figures :

Figure 1 : haie arborée dans la Sainte Onge (17) (Source : ©P.-L. Bouchard)	14
Figure 2 : Roselières le long des fossés dans le marais breton (44) (source personnelle).....	14
Figure 3 : La jussie (<i>Ludwiga peploides</i>), fleur jaune dans les fossés, une espèce exotique envahissante dans les fossés de Saint Laurent de la Prée (17) (source : © R. Boussou)	14
Figure 4 : Evolutions de la part des sols naturels (par opposition avec les surfaces agricoles et surfaces urbanisées) entre 2008 et 2018 (Agreste, 2018)	16
Figure 5 : Présentation des quatre fermes étudiées.....	20
Figure 6 : modèle conceptuel d'un système d'exploitation bovin intégrant des ressources atypiques.....	23
Figure 7 : Vache croisée du troupeau du GAEC Trévarn pâture les arbres de haies bocagères (Source : J.-F. Glinec, éleveur)	29
Figure 8 : Prairies humides (à droite sur la photo) du Finistère en bordure de la rivière "La Mignonne" (Source personnelle)	29
Figure 9 : Représentation schématique de la diversité des ressources sur l'exploitation de Trévarn (enquêtes et (Laurent et al., 2023))	30
Figure 10 : Représentation schématique de la diversité des ressources sur le GAEC La Barge	31
Figure 11 : Barge à queue noire. Espèce menacée (IUCN) (source A. Delberghe ©)	32
Figure 12 : Rousserole effarvate. Sa situation n'est pas préoccupante (IUCN) (source : D.Collin ©) .	32
Figure 13 : Roselière protégée par une clôture au GAEC La Barge. Au premier plan, on voit les roseaux non protégés qui ont été consommés	32
Figure 14 : Vache maraîchine pâture de la jussie dans les fossés de la ferme de SLP en 2023 (source : ©A.C. Zippert)	33
Figure 15 : Génisses pâture dans une parcelle où sont implantés dans arbres. Les arbres sont protégés (à gauche et à droite de la photo) pour l'instant pour permettre leur croissance. (Source personnelle).....	33
Figure 16 : Identification d'éléments chronologiques clés pour le GAEC Trévarn.....	36
Figure 17 : Identification d'éléments chronologiques clés pour le GAEC La Barge. On suit ici le parcours de Frédéric, un des deux éleveurs du GAEC.....	36
Figure 18 : Identification de déterminants pour la mise en place de pratiques alternatives.....	37
Figure 19 : Organisation de la stratégie d'utilisation des ressources sur une année sur la ferme de SLP	39
Figure 20 : Organisation de la stratégie d'utilisation des ressources sur une année sur le GAEC Trévarn.....	39
Figure 21 : Fossés asséchés après pâture de la partie gauche. La partie droite n'a pas été pâturée, on peut y voir de la jussie (Source : ©F. Signoret - éleveur). On voit qu'elle a été entièrement consommée par les animaux pour la partie gauche.	40

Figure 22 : Vaches et veaux pâturant des chénopodes dans les fossés asséchés. On voit bien l'appétence des végétations du fossé par rapport à celles des prairies en hauteur sur la photo. (Source : ©F. Signoret - éleveur).....	40
Figure 23 : Organisation de la stratégie d'utilisation des ressources sur une année sur le GAEC La Barge	41
Figure 24 : Représentation conceptuelle du métabolisme azoté du GAEC Trévarn pour l'année 2022	44
Figure 25 : Représentation conceptuelle du métabolisme azoté de la ferme de SLP pour l'année 2022.	45
Figure 26 : Représentation conceptuelle du métabolisme azoté du GAEC La Barge pour l'année 2022.	46
Figure 27 : Indicateurs d'intégration des ressources atypiques dans les 3 différents systèmes. Tous les indicateurs sont sans unités.	47
Figure 28 : Modélisation des flux d'azote entre le 1er décembre et le 31 mars sur le GAEC Trévarn. Les compartiments et les flux qui ne sont pas représentés ne sont pas mobilisés à cette période (par exemple, pas de fauche sur cette période).	50
Figure 29 : Représentation des flux d'azote entre le 27 avril (début d'utilisation des ressources atypiques) et le 5 octobre (reprise du pâturage des prairies permanentes) sur le GAEC La Barge.....	51

Table des tableaux :

Tableau 1 : Récapitulatif des données recherchées pour la mise en équation des différents flux identifiés dans le cadre de l'analyse des réseaux écologiques pour les 3 fermes étudiées	25
Tableau 2 : Présentation des indicateurs de la littérature choisis pour caractériser les systèmes à étudier. Plus d'indications sur les sigles et les méthodes de calcul sont données en annexe. Les indicateurs sont issus de (Stark et al., 2019 ; Rufino et al. 2009).	27
Tableau 3 : Récapitulatif des analyses présentées dans ce rapport pour les différentes fermes.	28
Tableau 4 : Récapitulatif des indicateurs pour l'analyse des 3 systèmes étudiés.	49
Tableau 5 : Comparaison des valeurs des différents indicateurs issus de l'analyse des réseaux écologiques pour notre étude et des résultats de la littérature	55

Glossaire :

Liste des abréviations

AMI : « Average Mutual Information »

ENA : « Ecological Network analysis »

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

PAC : Politique agricole commune

PN : Prairies naturelles

MAEC : Mesures agro-environnementales et climatiques

MAT : Matière azotée totale

MS : matière sèche

N : « Nitrogen » pour l'azote

SLP : Saint Laurent de la Prée (commune de Charente-Maritime)

TMS : Tonnes de matière sèche

Introduction :

Les effets attendus du changement climatique invitent à rebattre les cartes de la production agricole. En élevage, c'est notamment la disponibilité fourragère qui est menacée avec l'augmentation de la fréquence d'années très sèches. La diversification est un moyen de « ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier ». Pour les exploitations agricoles, la diversification des ressources fourragères mobilisées est un moyen d'augmenter la résilience des exploitations face à des contraintes climatiques extrêmes. Les voies d'exploration dominantes pour la diversification concernent les ressources cultivées, ou les écarts de tri et sous-produits de culture. Pour diversifier les ressources utilisées, sans nuire à l'autonomie des exploitations, et sans rentrer en compétition avec l'usage de terres à des fins alimentaires l'idée émerge de valoriser des nouvelles ressources qui seraient issues du capital naturel, et donc déjà présentes sur l'exploitation. Ces ressources végétales qualifiées d'« atypiques » sont ainsi une piste pertinente à étudier, notamment dans le contexte d'envolée des prix des intrants.

Ces types de ressources sont aujourd'hui bien étudiés dans les contextes tropicaux et méditerranéens (Archimede *et al.*, 2019; Azambuja Filho *et al.*, 2020). En France, elles sont notamment explorées dans le cadre du pastoralisme, mais celui-ci est « officiellement pratiqué » uniquement dans la partie sud de la France (Meuret, 2006; Mikicic *et al.*, 2023). Elles sont en revanche peu étudiées dans d'autres contextes agricoles français. Pourtant, il existe bien des éléments naturels préservés dans les exploitations, grâce à la mise en place de politiques publiques, de syndicats mixtes d'aménagement comme les Parcs Naturels Régionaux, ou de pratiques de gestion durables mises en place par des agriculteurs eux-mêmes. Le projet SourceN, financé par le métaprogramme INRAE Metabio et piloté par l'unité expérimentale INRAE de Saint Laurent de la Prée (17) dans lequel s'insère cette étude, s'inscrit dans l'objectif de développer des connaissances sur ces ressources atypiques. La première étape du projet est de développer et d'approfondir les connaissances sur les valeurs nutritives et les valeurs santé pour les ruminants de ressources atypiques dans le contexte agricole du Grand Ouest. Le deuxième volet s'attache à comprendre comment ces ressources peuvent être intégrées à des systèmes de production plus « conventionnels », sous quelles conditions d'intégration, et avec quels résultats.

La présente étude s'intègre dans le deuxième volet du projet SourceN, et s'attache à caractériser les logiques d'intégrations des ressources atypiques dans les exploitations, en proposant d'étudier précisément quatre systèmes innovants du Grand Ouest ayant intégré, ou souhaitant intégrer les ressources dans leur système. Les fermes choisies pour cette étude se placent en marge du cadre dominant de l'agriculture intensive et industrielle, et promeuvent une volonté nouvelle de réintégration de la nature sur l'exploitation. Avec notre étude, nous cherchons à comprendre (1) comment les fourrages atypiques sont intégrés dans les systèmes d'alimentation, (2) comment ils peuvent permettre de correspondre aux objectifs d'auto-suffisance, mais aussi de productivité, et d'efficacité des éleveurs, et enfin (3) comment leur gestion adaptée des ressources peut être un atout pour la sauvegarde et le maintien de la biodiversité sur la ferme. Pour ce faire, nous avons choisi de baser une partie de l'analyse du fonctionnement des systèmes sur une méthode originale, celle de l'analyse des réseaux écologiques à partir du métabolisme azoté qui permet d'identifier et de quantifier les propriétés émergentes associées, c'est-à-dire les caractéristiques qui apparaissent dans un système complexe en raison des interactions entre ses composantes (Bonaudo *et al.*, 2014).

Au-delà de la connaissance, l'objectif final de cette analyse est de tirer des premiers enseignements et de dégager des perspectives vis-à-vis de la valorisation de ressources atypiques pour des systèmes situés hors des zones pastorales du sud de la France.

Ce mémoire s'articule autour de quatre parties. La première partie reprend les éléments de contexte qui permettent de cadrer le sujet afin d'identifier les enjeux liés à l'agriculture et à la transition agroécologique, la définition et l'utilisation des ressources atypiques et la présentation de la zone d'étude, débouchant sur nos questions de recherches et nos hypothèses. La deuxième partie décrit les méthodologies mobilisées pour analyser les stratégies et le fonctionnement de quatre fermes vis-à-vis de l'utilisation de ressources atypiques dans leur contexte spécifique. La troisième partie présente les résultats des analyses avec (i) l'identification des motivations et des stratégies des éleveurs à intégrer ces ressources (ii) leurs places dans les systèmes sur la base de l'analyse de leurs métabolismes azotés. Nous cherchons notamment à comprendre dans quelle mesure les ressources atypiques peuvent participer aux propriétés émergentes de ces systèmes. Enfin, dans la dernière partie nous discutons des limites méthodologiques de cette étude, et des perspectives envisagées pour la diffusion de ces pratiques dans d'autres systèmes d'élevage.

Contexte :

L'agriculture fait face aux enjeux actuels de **changement climatique**, caractérisé par l'élévation des températures et l'augmentation de la fréquence et de l'intensité d'évènements extrêmes (sécheresses notamment) qui menacent la production d'alimentation, et le fonctionnement des écosystèmes. L'élevage n'est pas épargné, et en France c'est notamment la production de fourrage qui est menacée par les sécheresses comme en 2022, année de plus haut déficit hydrique depuis le lancement des stations météo en France (données France Météo). L'élevage représente une des principales sources d'émission de méthane, au « pouvoir de réchauffement global » 10 fois supérieur à celui du CO₂ (United Nation Environmental Program, 2021). L'élevage bovin est donc notamment accusé d'accroître le changement climatique par l'émission de GES d'origine entérique. L'élevage français participe aussi à l'accélération de la déforestation liée à la culture du soja en Amazonie, dont la production est largement intégrée dans la ration des animaux (Le Noë *et al.*, 2016) pour contrebalancer l'apport riche en énergie du maïs ensilage.

Aujourd'hui, les impacts négatifs de l'intensification de l'agriculture se retrouvent au cœur des sujets d'actualité : problématique des algues vertes en Bretagne, controverse des « réserves de substitution (ou mégabassines) », dans un contexte de raréfaction de la disponibilité en eau, et de diminution de la biodiversité. En France, le nombre d'oiseaux a chuté de 25% en 40 ans, et c'est l'agriculture intensive qui est remise en cause, pour ses usages de produits phytosanitaires qui déséquilibrent les réseaux écologiques, selon une étude publiée cette année (Rigal *et al.*, 2023) et largement relayée dans les médias. L'effondrement de la biodiversité est un des enjeux contemporains majeurs (Díaz and Malhi, 2022). Il est caractérisé par le déclin rapide d'espèces, notamment à cause des activités humaines. La mise en danger des écosystèmes présente un risque intrinsèque, mais il menace aussi les activités humaines, et en particulier la production agricole.

L'élevage d'aujourd'hui doit se réinventer, pour limiter ses externalités négatives liées notamment à la pollution, et pour répondre aux attentes sociétales en termes de bien-être animal, tout en développant ses externalités positives comme le maintien d'espaces prairiaux riches en biodiversité, et qui participent au stockage de carbone (Gac *et al.*, 2020).

La **transition agroécologique** est vue comme une des solutions permettant de répondre aux enjeux de l'agriculture d'aujourd'hui et de demain. L'agroécologie émerge en effet comme une solution très prometteuse pour faire face aux enjeux climatiques, environnementaux, sociaux, en réduisant les externalités négatives de l'agriculture conventionnelle. Elle peut être définie comme une science, un mouvement, et un ensemble de pratiques (Wezel *et al.*, 2009). Au-delà de la dimension de la production agricole, ce terme englobe aujourd'hui des aspects sociaux, environnementaux, culturels et de développement. D'un point de vue plus technique, l'agroécologie peut être définie comme « l'utilisation intégrée des ressources et des mécanismes de la nature dans l'objectif de production agricole » (définition proposée en 2015 par le Ministère de l'agriculture). (Dumont *et al.*, 2013) définissent cinq principes pour son application à l'élevage. L'utilisation de la diversité pour accroître la résilience du système en est un. Qu'elle concerne les productions, les ressources fourragères utilisées, ou les circuits de commercialisation, elle est perçue comme un moyen d'adaptabilité (Rufino *et al.*, 2009a; Stark *et al.*, 2016).

Dans cette logique, **l'utilisation de ressources végétales atypiques issues du capital naturel des exploitations** est donc une piste pertinente à explorer. L'intégration de ces ressources atypiques dans

les systèmes de production permet de diversifier les ressources utilisées dans les systèmes d'exploitation.

Les ressources atypiques peuvent être définies comme étant issues du capital naturel des exploitations. Ce capital naturel comprend les éléments qui ne font pas à priori partie du système de production. Il s'agit notamment des arbres, des haies, des végétations spontanées de marais, et de toute la biodiversité faunistique liée à ces éléments (ten Brink, 2015). Ces éléments sont perçus comme improductifs, voire contre-productifs dans les systèmes conventionnels, avec un investissement en temps pour leur entretien sans forcément de contrepartie économique (Bouchard, 2023). Les éléments naturels et semi-naturels d'une exploitation sont classiquement décrits comme étant de nature surfacique (par exemple les prairies peu productives ou à fortes contraintes hydromorphes (Kernéis, Bonis and Signoret, 2004)), de nature linéaire (arbres en haies, formation bocagères, roselières le long des fossés), ou ponctuelle (arbres isolés au milieu des parcelles). La gestion d'éléments naturels ou semi-naturels n'est généralement pas incluse dans les champs d'études agronomiques qui portent généralement plutôt sur les actions mises en place par l'agriculteur, et non sur les intérêts de la nature dans le système (Alavoine-Mornas and Girard, 2015). **Ces éléments peuvent toutefois représenter un intérêt pour le système de production, tout comme les systèmes de production peuvent entretenir et maintenir ces éléments, ainsi que la biodiversité qui y est liée.**



Figure 1 : haie arborée dans la Sainte Onge (17)
(Source : ©P.-L. Bouchard)



Figure 2 : Roselières le long des fossés dans le marais breton (source personnelle)



Figure 3 : La jussie (*Ludwigia peploides*), fleur jaune dans les fossés, une espèce exotique envahissante dans les fossés de Saint Laurent de la Prée (17) (source : © R. Boussou)

Le terme de ressource atypique est spécifique à un contexte temporel et géographique donné. Ces ressources atypiques n'ont en effet pas toujours été marginalisées en France. Par le passé, des ressources fourragères pouvant être considérées comme « atypiques » ont été utilisées pour affourager les animaux. Durant l'épisode de sécheresse de l'été 1976, ce sont notamment les feuilles des frênes qui ont été utilisées pour affourager les animaux au pâturage (Goust, 2017). Cet exemple est ancré dans la mémoire collective, et tous les agriculteurs que j'ai rencontrés au cours de cette étude m'en ont fait la mention à un moment dans l'entretien. Les arbres comme fourrages représentent un potentiel intéressant, en termes d'affouragement vert en période de déficit herbager, et par leur richesse en certains éléments minéraux et chimiques (Novak *et al.*, 2020), mais leur utilisation est peu répandue aujourd'hui hors du contexte pastoral (Emile *et al.*, 2017; Moreau *et al.*, 2020). Des ressources herbacées variées ont aussi pu être mobilisées par le passé en France, 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 actuel.

A travers le monde, une large variété de ressources alimentaires sont utilisées pour l'élevage des animaux. On peut notamment mentionner l'azolla (*Azolla sp.*), une fougère aquatique, qui est utilisée en Inde par certains éleveurs de bovins laitiers (Eisler and Lee, 2014). L'azolla a une croissance très rapide (doublement de volume tous les jours lorsqu'elle a tous les nutriments nécessaires), et une valeur en matière azotée totale (MAT) particulièrement élevée (entre 180 et 320 g/kgMS (Leterme *et al.*, 2009)). Dans le contexte tropical, il est fait mention de fourrages issus d'écarts de tri de cultures avec les fanes de cultures, comme les patates douces, le manioc ou la malanga (Archimede *et al.*, 2019). 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 (Jacquemot, 2023). Dans le sud du Maroc, le roseau (*Arundo donax*) est utilisé dans les constructions pour la confection de toiture, pour l'écriture avec la taille des roseaux en plume, et est comme ressource fourragère pour le bétail (Gélard, 2007). L'encyclopédie en ligne [Feedipedia](#) rassemble des données qualitatives et nutritionnelles pour une large variété de ressources fourragères.

En dépit de ces utilisations passées ou mondiales, peu de connaissances existent actuellement sur les ressources végétales atypiques dans le contexte français, et d'autant plus sur les pratiques permettant de les intégrer dans des systèmes d'exploitation.

La zone d'étude de notre sujet, le Grand Ouest de la France, s'étend des bocages du Finistère aux plaines de Poitou-Charentes, en passant par les marais de la côte atlantique.

Le contexte de production de cette région agricole où domine l'élevage et les grandes cultures, est empreint d'un modèle intensif, qui se base sur l'utilisation d'une diversité très limitée de ressources alimentaires : herbe de prairies cultivées ou naturelles, maïs ensilage, céréales (Merot *et al.*, 2014), et utilisation d'intrants pour augmenter les rendements et protéger les cultures. C'est la région où l'on constate le plus fort taux d'augmentation de la surface en maïs fourrages et en prairies temporaires entre 1970 et 2010 (Schott, Puech and Mignolet, 2018). On peut y voir le phénomène d'intensification fourragère, qui fait régresser les fourrages pérennes (prairies naturelles, qui concernaient 41% de la SAU en 1975 et 28% en 2015) au profit des fourrages cultivées (augmentation de 30% de la surface en prairies temporaires) et des grandes cultures (de 11,7% à 18,2% de la SAU pour le blé entre 1970 et 2010).

L'Ouest de la France, avec notamment la Bretagne, est le bassin de production laitier français, avec 12900 exploitations laitières, pour environ 700 000 vaches laitières en 2017 (Agreste, 2020).

Dans ce contexte d'intensification et d'uniformisation, on peut toutefois noter la subsistance de zones plus préservées. En effet, pour faire face à l'expansion de l'agriculture intensive, des programmes de protection de zones d'intérêt écologiques ont été mis en place. Sur la côte Atlantique, il s'agit notamment des parcs naturels régionaux, et des zones Natura 2000. Ces espaces naturels sont protégés notamment par les politiques locales d'urbanisme (plans Grenelles). On peut mentionner entre autres les landes de Bretagne, les zones de marais (Réseau Pâtur'Ajuste, 2020), et les formes bocagères. Ces espaces de faible productivité fourragère, parfois difficilement mécanisables sont menacés. Depuis 1950, c'est 70% des haies des bocages français qui ont disparu, et cette diminution se poursuit avec 0,9% de pertes par an des bosquets et des haies (Agreste, 2018). Les départements du Grand Ouest de la France font globalement face à une diminution de la part des sols naturels (**Figure 4** : Evolutions de la part des sols naturels (par opposition avec les surfaces agricoles et surfaces urbanisées) entre 2008 et 2018 (Agreste, 2018)). Cette diminution se fait au profit des surfaces agricoles, et des surfaces urbanisées.

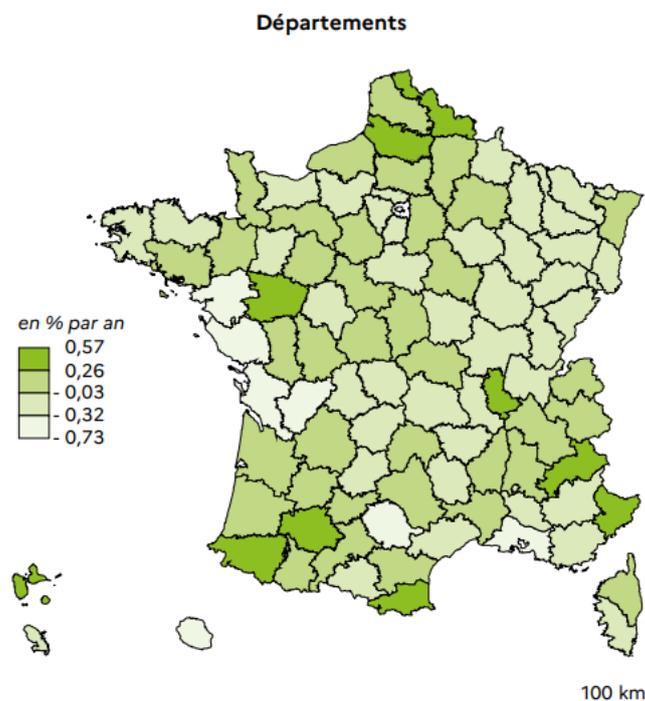


Figure 4 : Evolutions de la part des sols naturels (par opposition avec les surfaces agricoles et surfaces urbanisées) entre 2008 et 2018 (Agreste, 2018)

Loin du mouvement d'intensification constatée dans cette grande région depuis une soixante d'année, les sols naturels du Grand Ouest pourraient pourtant être considérés comme des surfaces potentielles nouvelles de diversification, au sens de l'utilisation de ressources atypiques dans le cadre d'une transition agroécologique des systèmes. Ceci est rendu possible par la préservation d'au moins une partie des sols et végétations naturels dans cette région.

Aujourd'hui, une partie des études portant sur l'exploration de nouvelles sources alimentaires pour le bétail se focalise sur la variété des cultures, la recherche de nouvelles essences, de nouveaux

mélanges ou de nouvelles méthodes de transformations des ressources. La voie alternative choisie pour cette recherche se démarque par son absence d'impact additionnel sur l'exploitation, avec pour objectif de réduire l'utilisation de ressources non renouvelables comme le gazole utilisé pour les cultures. De plus, les efforts visant à valoriser les ressources issues du milieu naturel échappent au contexte de compétition feed/food, en participant à l'herbivorie du régime des bovins.

Questions de recherche et hypothèses :

Au regard de ces éléments de contexte, l'objectif de ce mémoire est de caractériser et de comprendre les stratégies d'éleveurs vis-à-vis de ressources atypiques pour lesquelles il existe peu de connaissances sur leurs usages en fermes d'élevage, et qui semblent représenter un potentiel pour les exploitations

Pour instruire cet enjeu, nous posons les trois questions de recherche suivantes :

- Quelles sont les motivations et opportunités d'utilisation des ressources atypiques dans le Grand Ouest de la France ?
- Comment ces ressources sont-elles intégrées dans les systèmes d'alimentation et systèmes d'exploitation ?
- En quoi peuvent-elle contribuer à la productivité, l'auto-suffisance, la résilience, ou l'efficacité des exploitations ? Ainsi qu'à la préservation des écosystèmes et de leur biodiversité sur l'exploitation ?

Hypothèses :

Trois hypothèses guident ce travail :

- L'intégration des ressources fourragères atypiques permettrait d'augmenter l'auto-suffisance des exploitations, grâce à une substitution des ressources cultivées ou achetées, par des fourrages ressources atypiques.
- L'intégration de ces ressources permettrait de fournir des fourrages aux moments critiques, et de limiter ainsi les achats extérieurs.
- La gestion adéquate de ressources atypiques pour différents besoins, affouragement ou soin aux animaux, serait un atout dans le maintien de la biodiversité des exploitations.

Matériel et méthodes :

1. L'échantillon : 4 exploitations originales et innovantes du Grand Ouest de la France

L'analyse est fondée non pas sur la représentativité d'un système de production mais sur l'exploration de quatre systèmes singuliers et particulièrement originaux quant à l'utilisation de ressources atypiques. Le choix de ces quatre exploitations a été motivé par plusieurs raisons :

- Ce sont tout d'abord des fermes innovantes, par leurs pratiques, mais aussi par leur gestion de la transmission des connaissances. Les agriculteurs sont investis dans le domaine de la recherche, participant eux-mêmes à l'écriture d'articles scientifiques (Glinec, 2016, 2019). Les fermes choisies ont réduit la distance entre monde de l'agriculture et celui de la conservation de la nature. Elles conduisent des systèmes originaux et singuliers au sein desquels on retrouve des ressources atypiques.
- L'objectif d'approfondissement des connaissances sur l'utilisation des ressources atypiques se fait notamment par la mise en valeur de « **connaissances paysannes** » (Doré *et al.*, 2011) issues de fermes dites « commerciales ». En effet, les agriculteurs développent des connaissances sur des systèmes qu'ils gèrent, dans lesquels ils mettent en place des pratiques, et cela les amène à générer des connaissances. Ils peuvent alors être considérés comme des « experts profanes ». La reconnaissance et la valorisation de ces expertises, qui produisent d'autres connaissances que celles d'agronomes ou de zootechniciens sont un enjeu pour les défis à relever de l'agriculture.
- Les ressources atypiques sont pour chacune de ces fermes un sujet de prédilection, qui cristallise les différents enjeux de la production agricole, et de la viabilité de la ferme : les agriculteurs ont choisi d'intégrer, à leur manière, la nature sur leur exploitation, avec l'idée de non pas la sanctuariser, mais de la gérer pour ainsi produire de l'alimentation tout en préservant les écosystèmes.
- Les quatre exploitations, choisies en amont de cette étude, sont des fermes habituées à travailler dans le cadre de projets de recherche, ce qui facilitait le travail d'enquête.

Deux exploitations sont des fermes commerciales : une ferme laitière de 73ha et 74 vaches à la traite, située dans le bocage breton du Finistère (GAEC Trévarn) et une ferme herbagère allaitante de 170 ha et 50 mères située en Vendée dans le marais breton (GAEC de la Barge). Les deux autres fermes sont des fermes expérimentales INRAE mettant en place une expérimentation système à taille réelle **Figure 5**). L'une est située en Charente-Maritime, dans le marais de Rochefort et l'autre dans une zone de grande culture dans la Vienne. La ferme expérimentale de Saint Laurent de la Prée (ferme de SLP dans la suite) met en place l'expérimentation système Transimar'ch (transition dans les marais), à travers un système de polyculture-élevage de 50 mères allaitantes pour 160ha, dont 60 ha de cultures. La ferme expérimentale de Lusignan (OasYs dans la suite) met en place l'expérimentation Système OasYs (produire du lait biOclimAtique en expérimentation SYStème) sur 91 ha avec 75 vaches à la traite. Les deux fermes laitières élèvent des vaches croisées Holstein, Jersiaises, Rouge Scandinave entre autres, et les deux fermes allaitantes élèvent des bovins de race Maraîchine, une race menacée, originaire des marais atlantiques. La ferme de SLP est la seule à valoriser des productions de culture à destination de l'alimentation humaine, en plus des productions animales. Les fermes commerciales sont herbagères. Le GAEC La Barge cultive cependant 10ha de luzerne sur les parcelles d'un céréalier voisin. Le GAEC La Barge exporte l'intégralité de son fumier, et principalement pour les besoins de ce céréalier.

La figure suivante présente la localisation et les caractéristiques générales des 4 fermes étudiées, ainsi que les ressources atypiques utilisées ou perçues comme potentiellement valorisables par les éleveurs.

Dans un souci de clarté pour la suite de la rédaction, nous appellerons les gestionnaires des fermes expérimentales « éleveurs », bien que les décisions soient prises en concertation par les ingénieurs et les techniciens animaliers notamment.

Figure 5 : Présentation des quatre fermes étudiées

GAEC TREVARN (29)

- Olivier et Jean-François GLINEC (2 UTH)
- Siège de l'exploitation à Saint-Urbain (29)
- 74 vaches à la traite. Croisées Holstein, Montbéliardes, Jersiaises, Rouge Scandinave, Kiwi.
- SAU : 73 ha déclarés à la PAC + 15 ha fauchés avec l'accord des propriétaires. Tout en prairies permanentes.
- 222 000L en 2022, soit 3000 L/lait/vache/an
- **Ressources fourragères atypiques** : prairies humides et prairies « délaissées ».

OasYs(86)

- 4 techniciens animaliers + ingénieurs
- Lusignan (86)
- 75 vaches à la traite. Croisement 3 voies Holstein, Jersiaises, Rouge Scandinave.
- SAU : 91 ha dont 61ha de prairies temporaires et 30 ha de cultures diversifiées pour le troupeau.
- 470 000L en 2022, soit 6 300 L/lait/vache/an
- **Ressources fourragères atypiques** : 50 essences d'arbres, lianes (vignes fourragères, kiwi, houblon)



Prairie humide du Finistère

Génisse croisée pâture une haie

GAEC La Barge (85)

- Frédéric SIGNORET et Ludivine COSSON + 2 salariés (4 UTH)
- Siège de l'exploitation à Notre-Dame-des-Monts (85)
- 50 vaches Maraîchines.
- SAU : 180 ha dont 170 de prairies permanentes et 10ha de luzerne.
- 6 000kg carc vendus en 2022 + 25 génisses vendues à d'autres élevages.
- **Ressources fourragères atypiques** : Roseaux, végétations des basses des marais, jussies, chénopodes, baldingères,...

Ferme expérimentale de SLP (17)

- 2,5 techniciens animaliers + ingénieurs
- Saint Laurent de la Prée (17)
- 50 vaches Maraîchines.
- SAU : 160 ha dont 100ha de prairies permanentes, et 60 ha de cultures.
- 9 600kg carc vendus en 2022 + cultures à destination de l'alimentation humaine
- **Ressources fourragères atypiques** : Roseaux, Azolla, lentilles d'eau



Vache Maraîchine dans les roseaux en été



Vache Maraîchine dans les prairies inondées

2. Une approche qualitative pour comprendre les stratégies d'usage des ressources atypiques

La nécessité de bien comprendre le fonctionnement des fermes et la place des ressources atypiques, mais aussi pour recueillir des données les plus fiables possibles pour l'analyse quantitative nous a orienté vers l'« **observation participante** » (Perrin, 2021). Ce terme désigne une position particulière de l'enquêteur, en immersion totale dans le terrain d'étude. Ainsi, j'ai passé au moins une semaine sur chaque exploitation. L'enquête, menée grâce à des entretiens semi-directifs, d'une durée moyenne de 6h s'étalait ainsi pendant toute la semaine. Généralement 1h à 2h par jour étaient consacrées à l'enquête, tandis que le reste du temps était occupé par des temps d'échanges plus informels, permettant de récolter d'autres données. En participant aux travaux de la ferme, selon les besoins des agriculteurs, je pouvais ainsi appréhender l'organisation du travail et les enjeux de l'exploitation de façon réaliste. C'était également l'occasion pour moi de réaliser des visites des parcelles de l'exploitation, afin d'identifier les ressources atypiques. Les retranscriptions des temps d'enquêtes étaient réalisées chaque soir. J'ai également profité de ces temps de présence sur les exploitations pour réaliser des enregistrements sonores, des photographies ou des vidéos, que je remobilise pour préciser ou illustrer mon travail par la suite.

Les points suivants constituaient le cœur du guide d'enquête (en annexe) :

- Identifier les motivations des éleveurs. On cherche à retracer les trajectoires des exploitations, c'est-à-dire les chemins pris par un système selon une succession de phases (AGEA : Bonneville, Jussiau and Marshall, 1989; Couvreur *et al.*, 2019). Nous étudierons donc les différents contextes qui impactent les décisions des agriculteurs (contexte naturel, pédoclimatique, agricole, sociétal), ainsi que les trajectoires personnelles de ceux-ci, afin d'identifier les déterminants qui ont permis l'intégration des ressources atypiques dans leur système.
- Identifier le calendrier de conduite des animaux, le calendrier d'alimentation par lot. On cherche à identifier les séquences d'alimentation, et notamment les séquences qui mobilisent les ressources atypiques. Nous mobiliserons pour ça l'analyse fonctionnelle (Moulin, Girard and Dedieu, 2001). Afin de caractériser précisément les séquences d'alimentation au pâturage, nous mobiliserons le concept de saisons-pratiques (Bellon, 1998). Une saison pratique est définie comme une période de l'année durant laquelle l'éleveur mobilise une « combinaison de ressources comparables », ce sont les ressources visées qui caractérisent la saison-pratique, par exemple de l'herbe en croissance, du stock sur pied, ou des ressources atypiques. La saison-pratique reflète les choix stratégiques des agriculteurs. L'identification des saisons pratiques pour les différentes exploitations sont présentées en annexe. Pour nous, cela nous permet d'identifier la variabilité et l'adaptabilité des exploitations quant aux ressources fourragères.
- Identifier et caractériser les ressources atypiques et les stratégies de mobilisation et d'intégration dans les systèmes. On cherche à comprendre quelles sont les ressources utilisées, à quel moment elles le sont, dans quels objectifs de production, et quels sont les enjeux identifiés sur la préservation des ressources.
- Collecter des données pour l'analyse quantitative (**Tableau 1**).

3. Une approche compréhensive et quantitative via l'étude du fonctionnement métabolique

3.1. La méthode de l'analyse des réseaux écologiques

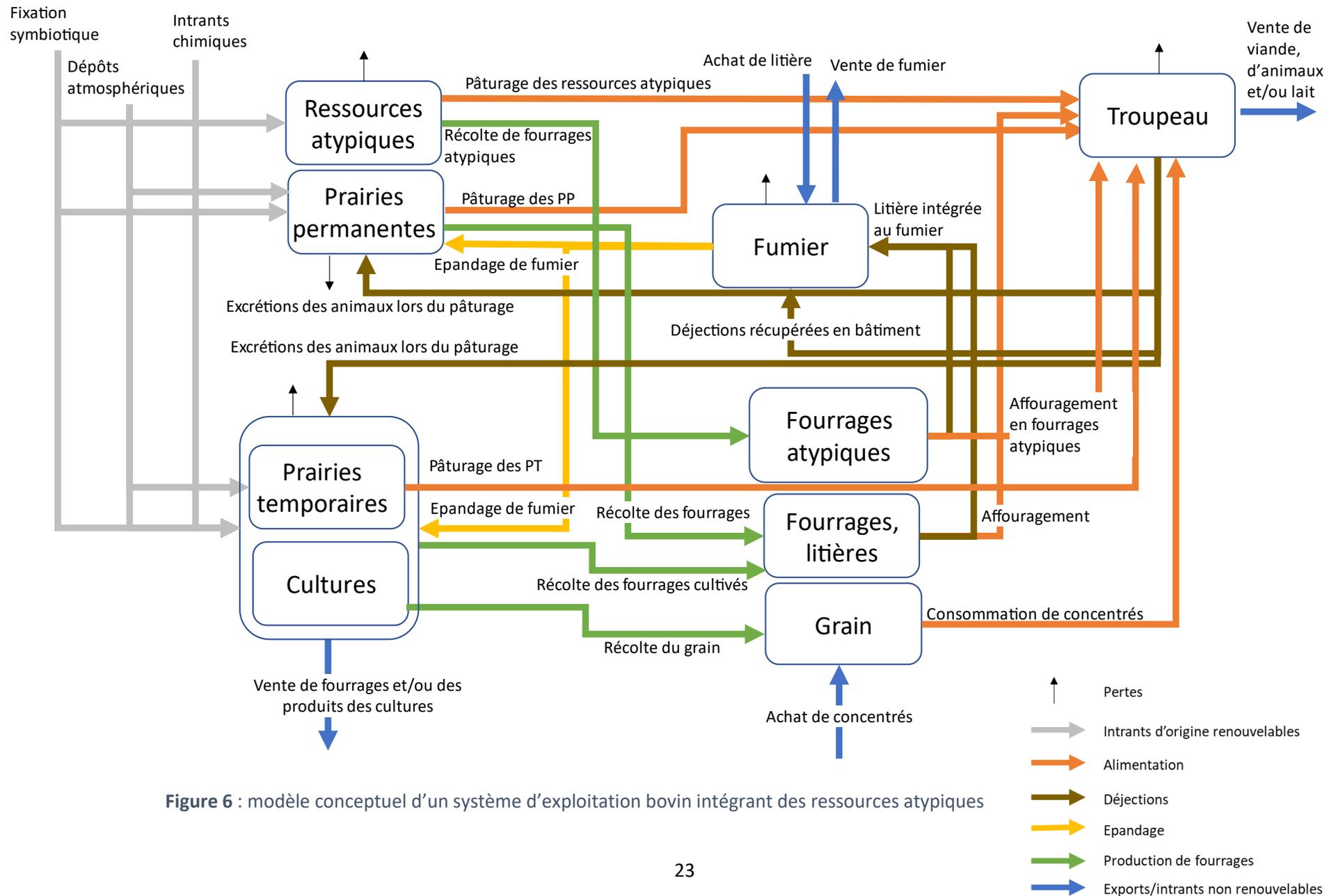
L'analyse des réseaux écologiques ou ENA (pour Ecological Network Analysis) est une méthode qui permet la représentation quantitative des interactions entre les composantes d'un système et leur environnement (Ulanowicz et al., 2009). Le concept initialement issu des disciplines écologiques et des sciences de l'information, est aujourd'hui mobilisé notamment par les agronomes, dans un objectif de compréhension holistique des systèmes de production. Cette méthode a été éprouvée pour l'analyse d'agrosystèmes en région tempérée (Puech and Stark, 2023; Steinmetz et al., 2021) et en région tropicale (Rufino *et al.*, 2009; Rufino, Hengsdijk and Verhagen, 2009; Stark *et al.*, 2016). L'approche de l'analyse des réseaux écologiques permet d'analyser des systèmes complexes. Cela permet notamment d'approcher des indicateurs des propriétés émergentes des systèmes (Bonaudo *et al.*, 2014). Les propriétés émergentes sont des caractéristiques qui résultent de l'interaction collective des composantes d'un système complexe, et qui ne sont pas prévisibles à partir de l'analyse des composantes individuelles. Dans les agrosystèmes, les propriétés émergentes sont notamment la résilience, la productivité, l'efficacité et l'auto-suffisance. Ces propriétés sont également pour nous un moyen d'approcher des indicateurs des performances des systèmes.

La mobilisation de cette approche dans notre étude se justifie par notre volonté d'avoir d'une part, une représentation conceptuelle et homogène entre les fermes des flux de matières permettant de situer les ressources atypiques dans le fonctionnement du système et d'autre part, de quantifier leur importance sur la base d'une unité de référence facile à obtenir puisque très étudiée, l'azote.

La méthodologie d'analyse des réseaux écologiques se construit en trois étapes :

- 1) Identifier les composantes des systèmes à étudier, c'est-à-dire les « compartiments » que l'on représente. Parmi les composantes, on retrouve notamment les différentes surfaces utilisées, les aliments stockés, et les différents ateliers de production. Toutes les fermes sont étudiées selon le même formalisme, par conséquent, des compartiments vides seront identifiés sur certaines fermes (par exemple les composantes « cultures » seront vides pour les systèmes herbagers).
- 2) Identifier les interactions entre les composantes. Les flèches représentent les interactions entre les composantes du système, ici décrites sous l'angle des flux de matière entre compartiments et entre les compartiments et l'extérieur, et le texte associé aux flèches donne des indications sur la nature de ces interactions (par exemple : pâturage des prairies permanentes, déjections récupérées pour être stockées, vente des produits animaux ou végétaux).

On peut ainsi représenter selon le même formalisme pour les différentes exploitations, les composantes du système et leurs interactions (**Figure 6**).



- 3) Mettre en équation et quantifier les interactions entre les composantes. Les flux doivent être définis dans une même unité. L'unité commune choisie dans notre cas pour la quantification des flux est l'azote. Il s'agit d'un des éléments limitants dans les systèmes d'élevage. Il s'agit aussi de l'unité étudiée par les différents auteurs cités plus haut, ce qui nous permettra d'avoir des données de référence pour comparer nos résultats.

Les valeurs des flux sont calculées ou approchées à partir de différents moyens. On quantifie dans un premier temps les flux de matière brute (qu'il s'agisse de fumier, de fourrages ou de lait par exemple), puis dans un second temps on convertit ces données en flux d'azote.

3.2. Application de la méthode à notre étude

Nous avons décidé de positionner cette modélisation sur l'année 2022 pour sa proximité temporelle, afin que les agriculteurs enquêtés aient encore en tête les différents chiffres. Nous nous plaçons donc du 1^{er} janvier au 31 décembre 2022. L'année 2022 est particulièrement atypique puisque très marquée par un fort déficit hydrique en été. Les effets du changement climatique nous laissent penser que la fréquence d'années sèches comme 2022 devrait augmenter dans les années à venir, il est donc d'autant plus approprié de l'étudier.

Pour quantifier les flux de matière brute, ou convertir ces données en flux d'azote, on mobilise différents moyens (**Tableau 2**). Le premier moyen d'approcher les données, que ce soit en matière brute, ou en flux d'azote se fait par le biais de la réalisation d'entretiens avec les agriculteurs

Le deuxième moyen d'approcher les données se fait par l'observation directe, de comptage ou les résultats d'analyse d'azote effectués, si elles sont disponibles. Pour ce faire, on remobilisera notamment les résultats du volet 1 du projet SourceN.

Lorsque les deux premières données ne sont pas disponibles, on mobilisera notre troisième moyen, qui est l'approche des données par l'utilisation de la littérature disponible.

A partir des résultats construits pour l'analyse des réseaux sur les différentes fermes, on peut réaliser des extractions, sur des périodes précises. Ceci nous permet notamment d'analyser et de quantifier la place des ressources atypiques sur des périodes spécifiques. On utilisera le même formalisme de schéma conceptuel pour représenter les périodes extraites étudiées.

Origine des données	Données recherchées	Précisions sur les données
Enquêtes	Nombres d'animaux, nombre d'UGB	
	Nombre de jours de présence au pâturage (UGB.jour)	
	Quantité de fourrages récoltés et stockés (TMB)	
	Alimentation distribuée (fourrages, concentrés, en TMB)	
	Alimentation stockée (TMB)	
	Ventes (poids des animaux vifs ou équivalent carcasse, litrage de lait), rendements cultures de vente	
	Volumes de fumier/lisier épandu (TMB) Assolement	
Observations directes, mesures, résultats d'analyse	Valeurs MAT des ressources atypiques	Résultats d'analyse (Projet SourceN volet 1)
	Données pluviométriques	Climatik (INRAE)
	Valeurs azotées des fourrages <i>si disponibles</i>	Données de la ferme de SLP (disponibles uniquement pour la ferme)
	Valeurs MAT fumier <i>si disponibles</i>	Données de la ferme de SLP (disponibles uniquement pour la ferme)
	Comptage ressources, estimation volumes disponibles	Données de la ferme de SLP (disponibles uniquement pour la ferme)
Estimation littérature	Relation MAT et PDIN	$PDIN = 1,043216 + 0,639962 * MAT$ (projet Qualiprat)
	Teneur en azote de la MAT	16%
	Valeur UGB	1 VL = 1UGB ; 1 vache rustique suitée = 1,05UGB ; vache improductive, taureau = 0,9 UGB ; Génisses [1-2ans] = 0.55UGB ; Génisses [2-3ans] = 0.75UGB (IDELE)
	Besoins d'1 UGB	Entre 14 et 16kgMS/jour (IDELE)
	Excrétions (kgN/UGB/an)	85 kgN/UGB/an (ESCo, INRAE)
	Pertes à l'excrétions	9% volatilisation pâturage (ESCo, INRAE)
	Teneur N animaux	24g/kg vif d'animaux (agriculture.gouv.fr)
	Rendements carcasse	Entre 45 et 55% selon type d'animal
	Valeurs PDIN prairies permanentes	Livre : « Prairies permanents. Des références pour valoriser leur diversité » (Launay <i>et al.</i> , 2011)
	Taux de matière sèche (MS) du foin	0,9 <i>sauf si valeur disponible mesurée</i>
	Valeurs MAT paille	35g/kgMS (<i>sauf si valeur disponible</i>)
	Dépôts atmosphériques	Concentration en azote des précipitations (données de Mirecourt (88) sur 2022) : Hypothèse que la valeur des dépôts atmosphériques est reliée à la quantité de précipitations.
	Fixation symbiotique	(Anglade, Billen and Garnier, 2015)
	Lixiviation	(Anglade, Billen and Garnier, 2015)

Tableau 1 : Récapitulatif des données recherchées pour la mise en équation des différents flux identifiés dans le cadre de l'analyse des réseaux écologiques pour les 3 fermes étudiées

Devant la quantité et qualité des données à recueillir, il est particulièrement intéressant pour nous d'avoir à étudier des fermes expérimentales, qui génèrent et consignent un grand nombre de données,

Ces données nous permettent d'affiner nos modèles concernant les systèmes, par exemple concernant le stockage et la valeur alimentaire spécifiques des fourrages valorisés pendant l'année étudiée.

Le travail de modélisation et de quantification des flux s'est fait grâce à l'outil Excel. Les valeurs ont été ensuite intégrées dans une calculatrice Excel initialement développée par M. Lubbers (Université de Wageningen), pour les deux premières sorties (Output 1 et 2). La troisième sortie de l'outil de calcul utilisé (Output 3) a été développée par Puech and Stark (2023).

Nous avons sélectionné dans les différentes feuilles d'« Output » des indicateurs pertinents pour caractériser les systèmes. Nous avons en parallèle développé des indicateurs spécifiques qui nous permettent de caractériser la place et l'intégration des ressources atypiques dans les systèmes.

3.3. Les indicateurs retenus

Nous avons mobilisé les trois types d'indicateurs suivants :

- a) **Des indicateurs structuraux (Tableau 2) : L'activité totale du système** (TST) mesure tous les flux internes au système, ainsi les flux qui rentrent ou qui sortent du système. **L'activité interne au système** (TT) ne mesure que les flux internes du système. **L'organisation du réseau de flux**, peut être analysée grâce à l'indicateur AMI/Hr. Elle permet d'estimer le ratio entre l'organisation actuelle du réseau de flux (« Average Mutual Information » ou AMI : intensité et distribution) et le potentiel permis par la configuration du réseau de flux (incertitude statistique Hr). Plus le ratio AMI/Hr est proche de 1, et plus le réseau de flux est concentré sur quelques flux, et le réseau est considéré hétérogène. Au contraire, si AMI/Hr se rapproche de 0, le réseau est considéré homogène les flux sont répartis équitablement entre les compartiments.
- b) **Des indicateurs de performances (Tableau 2) : L'indicateur de productivité** mesure les sorties du système (lait, viande, fumier ou foin). On distinguera la productivité alimentaire qui ne prend en compte que les sorties consommables par l'Homme (lait, viande et issus de cultures). L'indicateur de **dépendance** mesure les entrées dans le système. Il prend en compte les intrants d'origine renouvelables (fixation symbiotique, dépôts atmosphériques), et ceux non renouvelables (achat de foin, de paille, de concentrés). **L'efficience** est le ratio entre productivité et dépendance. Plus il est élevé, et plus le système est efficient pour convertir des intrants en exportations. L'indicateur d'**auto-suffisance** mesure le ratio entre les intrants d'origine renouvelables, et la dépendance, c'est-à-dire toutes les entrées du système. Plus le ratio est proche de 1, et plus les fermes se basent sur l'utilisation d'intrants d'origines renouvelables pour leur fonctionnement.

Indicateurs structuraux		Indicateurs de performance	
Activité totale du système	$TST = \sum_{i=1}^n T_i$	Productivité	$P =$ Somme de toutes les sorties du système
Activité totale interne au système	$TT = \sum_{ij} f_{ij}$	Dépendance	$D =$ Somme de toutes les entrées du système
« Average mutual information »	$AMI = k \sum_{i=1}^{n+2} \sum_{j=0}^n \frac{T_{ij}}{T_{..}} \log_2 \left(\frac{T_{ij} T_{..}}{T_i T_j} \right)$	Efficience	$E =$ Productivité/Dépendance
« Statistical uncertainty »	$H_r = \sum_{j=0}^n \frac{T_j}{T_{..}} \log_2 \left(\frac{T_j}{T_{..}} \right)$	Auto-suffisance	$A =$ Somme des valeurs d'intrants renouvelables / Dépendance
Organisation du réseau de flux	AMI / Hr		

Tableau 2 : Présentation des indicateurs de la littérature choisis pour caractériser les systèmes à étudier. Plus d'indications sur les sigles et les méthodes de calcul sont données en annexe. Les indicateurs sont issus de (Stark et al., 2019 ; Rufino et al. 2009).

c) **Des indicateurs d'intégration des ressources atypiques** :

- Un premier indicateur permet de mesurer la part des ressources atypiques dans le fonctionnement interne du système (« Atypical Resource Integration » ou **ARI**). Il prend en compte tous les flux des ressources atypiques, qu'elles soient pâturées, stockées, consommées ou utilisées pour du paillage. L'indicateur se calcule comme suit :

$$ARI = \frac{\sum \text{flux des ressources atypiques}}{TT}$$

- Un deuxième indicateur (« Atypical Resource Feed » ou **ARF**) permet de mesurer la part de l'alimentation du troupeau qui provient des ressources atypiques. Il prend en compte les ressources atypiques directement pâturées, mais aussi les ressources atypiques stockées sous forme de fourrages consommées par le troupeau pendant l'année. L'indicateur se calcule comme suit :

$$ARF = \frac{\sum \text{flux des fourrages atypiques ou ressources atypiques vers le troupeau}}{\sum \text{flux vers le troupeau}}$$

- Un troisième indicateur mesure la diversification des usages des ressources atypiques. Il s'agit du rapport entre le nombre de liens non-nuls de ressources atypiques ou de fourrages atypiques (ceux mentionnés pour le premier indicateur) et le nombre de liens dans le système.

$$D = \frac{\text{Nombre de liens de ressources atypiques ou fourrages atypiques}}{\text{Nombre de liens dans le système}}$$

4. Différentes analyses selon les fermes :

Devant la contrainte temporelle pour cette étude, nous avons choisi de nous concentrer sur les fermes commerciales, et d'analyser les fermes expérimentales lorsqu'il était pertinent de les intégrer et de les comparer. Le tableau suivant récapitule les résultats explicités dans ce rapport pour chacune des fermes. J'ai malheureusement manqué de temps pour l'analyse du système complexe qu'est OasYs. Je choisis de la mentionner notamment dans les perspectives, pour les questionnements pertinents qu'elle soulève quant aux processus d'intégration des ressources atypiques dans des systèmes plutôt conventionnels.

	GAEC Trévarn	GAEC La barge	Ferme de SLP	Ferme OASYS
Caractérisation des ressources atypiques, et de leur mode d'accès	✓	✓	✓ *	✓ *
Chronologie de la trajectoire des exploitations	✓	✓		
Identification d'éléments de contexte et de trajectoire pour la mise en place de pratiques alternatives	✓	✓	✓	
Stratégies d'intégration des ressources atypiques dans les systèmes	✓	✓	✓	
Analyse du métabolisme azoté, et de la place des ressources atypiques	✓	✓	✓	

Tableau 3 : Récapitulatif des analyses présentées dans ce rapport pour les différentes fermes.

* indique un niveau de précision plus limité.

Résultats

I. Les stratégies globales des exploitations et leurs motivations à utiliser les ressources atypiques

1. Les ressources atypiques des fermes

1.1. Les différents types de ressources atypiques et les pratiques d'usages des éleveurs

Sur le GAEC Trévarn, situé en plein cœur du bocage breton, dans le Finistère. Seule la « prairie naturelle mésique eutrophe » peut être considérée comme une ressource typique, l'utilisation des autres habitats est atypique dans le contexte breton (**Figure 9**). Ainsi, on compte quatre types de ressources atypiques liées à la présence des haies et de différentes prairies naturelles :

- Les haies arborées constituent un élément de capital naturel sur l'exploitation, et des ressources fourragères potentielles pour les animaux. L'exploitation compte près de 10km de haies, et les feuilles des arbres accessibles par les vaches sont consommées par elles (environ 1m de hauteur consommable). Les haies sont soit protégées, soit pâturées par les animaux selon les besoins des éleveurs. Les arbres sont aussi exploités pour la production de bois de chauffe. Nous avons considéré que l'apport fourrager des feuilles d'arbres est négligeable en termes de volume, mais nous sommes conscients qu'il pourrait présenter un intérêt notamment pour la santé des animaux.
- Les talus des haies ou ourlets 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.
- Les prairies humides, « prairies en pente » et « prairies délaissées », selon les termes des éleveurs sont caractérisées par leur faible productivité (2-3 TMS/ha contre 4-5TMS pour des prairies typiques bretonnes (DRAAF Bretagne)) et/ou par le fait qu'elles soient difficilement mécanisables. Pour ces raisons, elles sont « délaissées » par la plupart des agriculteurs, qui ne les entretiennent plus, ou au contraire qui les amendent, les fertilisent, les labourent, ce qui va modifier la composition physico-chimique du sol, et donc la composition floristique. A l'échelle européenne, les habitats que constituent ces prairies sont menacés (Janssen *et al.*, 2016). Pour les éleveurs du GAEC Trévarn, valoriser ces prairies par la fauche et le pâturage est un moyen de préserver ces habitats, en évitant notamment l'embroussaillage et la fermeture des milieux. Les éleveurs pratiquent la fauche tardive sur ces prairies, et sont ainsi rétribués par le biais des MAEC.



Figure 8 : Prairies humides (à droite sur la photo) du Finistère en bordure de la rivière "La Mignonne" (Source personnelle)



Figure 7 : Vache croisée du troupeau du GAEC Trévarn pâturant les arbres de haies bocagères (Source : ©J.-F. Glinec, éleveur)

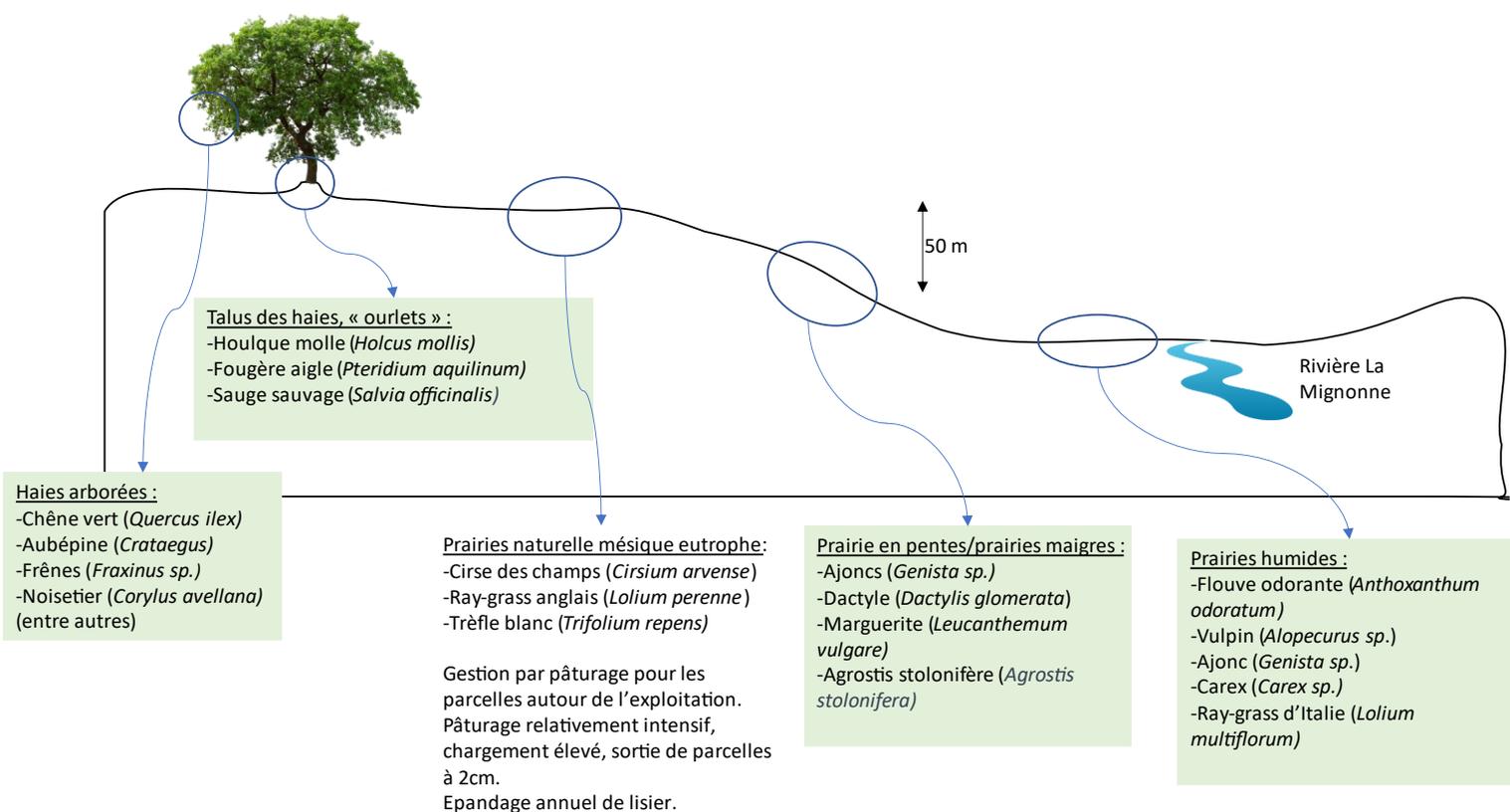


Figure 9 : Représentation schématique de la diversité des ressources sur l'exploitation de Trévarn (enquêtes et (Laurent et al., 2023))

Sur le GAEC La Barge, situé dans le marais Breton, là encore, la seule la « prairie mésophile » est considérée comme prairie typique valorisée usuellement par les éleveurs de marais. L'utilisation des autres habitats pour alimenter les animaux est atypique dans le contexte du marais breton. Les marais sont des espaces caractérisés par leur absence relative de relief important et de formations arborées. Ils constituent des espaces privilégiés pour la nidification des oiseaux, migrants en particulier. On compte 5 types de ressources atypiques sur le GAEC La Barge (**Figure 10**) liées à la présence de fossés d'eau douce et d'eau salée, et aux bordures de parcelles :

- Les prairies hygrophiles ou « Loires » sont inondés jusqu'à la fin du printemps. Ainsi, les animaux ne vont les pâturer qu'à partir de ces périodes, et cela permet à l'éleveur d'étaler la disponibilité fourragère au cours de l'année.
- Les bords de fossés sont notamment caractérisés par la présence de linéaires de roseaux communs. Ces roseaux ne sont jamais pâturés avant le mois de juillet, pour préserver les espèces dont c'est l'habitat. Ils sont pâturés ensuite pendant toute la saison estivale.
- Les bords de fossés dans le marais salé sont protégés par des clôtures, et pâturés pendant la saison estivale quand les fossés sont asséchés.
- Les fossés sont pâturés lorsqu'ils se retrouvent asséchés. Les végétations pâturées sont celles qui résistent à l'absence d'eau (comme la jussie), et celles qui se développent dès lors qu'il n'y a plus d'eau (comme les chénopodes).

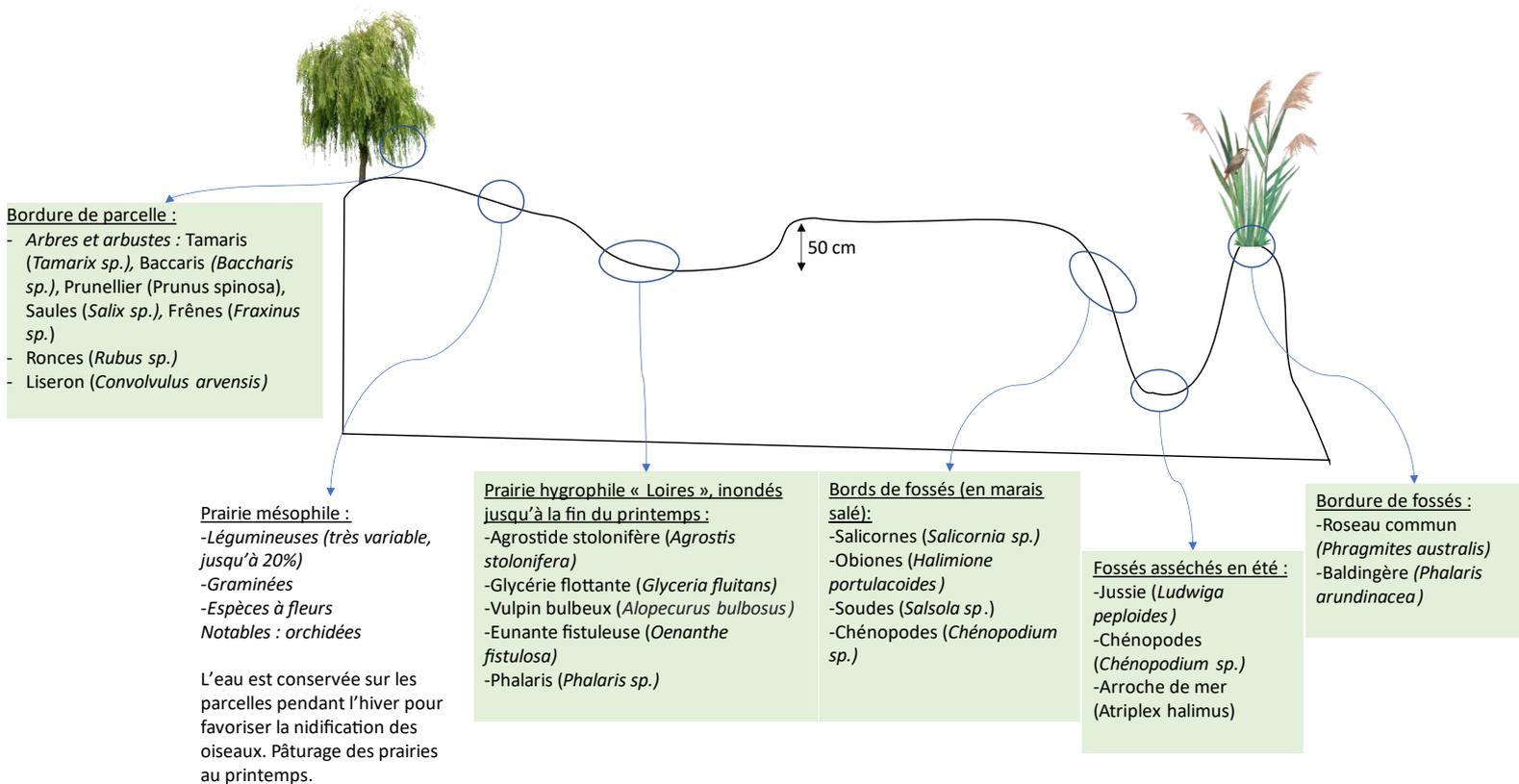


Figure 10 : Représentation schématique de la diversité des ressources sur le GAEC La Barge

Enfin, les éleveurs vont aussi pratiquer la « mise en défens » de certaines parties de la prairie mésophile. Ces espaces vont être protégés du pâturage au printemps, pour être utilisés en été. Les reports sur pieds constitués, et le pâturage de ces reports constitue une pratique atypique dans le contexte du marais breton. Pour nous, cela permet d'affiner notre définition de ressources atypiques : cette notion peut aussi concerner les ressources valorisées par des pratiques « atypiques ».

Les ressources des habitats présentés sont exclusivement valorisées par le pâturage, à l'exception de la prairie mésophile, qui est soit fauchée pour 37ha, soit pâturée pour le reste. Les habitats constitués par les différentes ressources abritent un cortège faunistique dont les oiseaux. Sur le GAEC La Barge, la gestion des différentes ressources végétales se fait dans un objectif de satisfaction des besoins du troupeau, mais également pour favoriser la nidification des limicoles comme la Barge à queue noire (*Limosa limosa*), le Chevalier gambette (*Tringa totanus*), ou la Rousserole effarvate (*Acrocephalus scirpaceus*). Les roselières constituent les habitats spécifiques des Rousseroles effarvates, elles y trouvent une protection contre les prédateurs terrestres, et de la nourriture pour y élever leurs jeunes.



Figure 13 : Roselière protégée par une clôture au GAEC La Barge. Au premier plan, on voit les roseaux non protégés qui ont été consommés



Figure 11 : Barge à queue noire. Espèce menacée (IUCN) (source : ©A. Delberghe)



Figure 12 : Rousserole effarvatte. Sa situation n'est pas préoccupante (IUCN) (source : ©D.Collin)

Sur la ferme expérimentale de SLP, située dans le marais asséché de Rochefort, seuls les roseaux constituent aujourd'hui des ressources atypiques effectivement valorisées par le système d'exploitation. Il ne s'agit pas de ressources alimentaires, mais de ressources utilisées pour la formation de litière. Une parcelle comprend aujourd'hui déjà une roselière de près de 2000m². Les ingénieurs de l'équipe biodiversité travaillent actuellement à implanter une roselière sur une parcelle de 1ha, dans l'objectif d'y faire pâturer les animaux. Pour l'instant, l'expérience se révèle peu fructueuse, les jeunes plants de roseaux peinent à s'implanter, et sont consommés entre autres par les ragondins. La deuxième piste d'intégration de ressources atypiques concerne deux plantes aquatiques : les azolla (*Azolla sp.*) et les lentilles d'eau (*Lemna sp.*). La première est perçue comme une espèce invasive dans le contexte européen. Les deux espèces recouvrent une partie des surfaces des fossés de l'exploitation. En 2022, près de 15% des fossés étaient couverts par au moins une des deux espèces. Pour l'instant, ces 2 espèces aquatiques ont été consommées par 4 animaux lors d'expériences conduites dans le cadre du premier volet du projet SourceN avec des résultats encourageants. Reste à trouver des manières de récolter, sécher, conserver ces ressources. Contrairement au GAEC La Barge, les ressources comme la jussie (*Ludwigia peploides*), et autres plantes aquatiques ne sont pas perçues par les techniciens animaliers comme des ressources valorisables par les animaux, bien que cela tende à changer. Cette année, les vaches et leurs veaux ont été aperçus en train de consommer les jussies directement dans les fossés (**Figure 14**).



Figure 14 : Vache maraîchine pâturant de la jussie dans les fossés de la ferme de SLP en 2023 (source : ©A.C. Zippert)

Sur la ferme expérimentale d'OasYs, située dans la Vienne, l'objectif est de maximiser le pâturage des animaux. L'exploitation intègre dans son système une diversité de cultures pâturables (betterave, avoine, sorgho entre autres) et des ligneux (50 essences différentes), ainsi que des lianes (vigne, houblon, kiwi). Les arbres sont implantés selon quatre modalités différentes (arbre de haut jet, arbre têtardisé haut, arbre têtardisé bas, et arbre plessé). L'objectif est de valoriser ces ressources durant la saison estivale quand la disponibilité fourragère des prairies est réduite. Cependant l'expérimentation sur les ligneux et les lianes a débuté en 2013, et les arbres ont été implantés en 2014. Ils n'ont été pâturés pour la première fois qu'en 2022, par un nombre limité d'animaux dans un cadre restreint d'expérimentations analytiques. Par conséquent, ces ressources atypiques constituent une part infime de la ration des animaux à l'échelle de l'année 2022. La mise en place du dispositif a mené à la publication d'un article dans la revue Fourrages (Novak *et al.*, 2020). Ainsi, le pâturage des arbres et lianes dans le système n'en est encore qu'à ses débuts, avec surtout des effets observés sur le confort des vaches (les vaches utilisent les arbres pour se gratter ou se mettre à l'ombre). L'article fait aussi la mention d'une augmentation de la biodiversité liée à la présence de ces arbres.



Figure 15 : Génisses pâturant dans une parcelle où sont implantés dans arbres. Les arbres sont protégés (à gauche et à droite de la photo) pour l'instant pour permettre leur croissance. (Source personnelle)

1.2. Identification des modes d'accès aux ressources atypiques

a) Des ressources utilisées dans un contexte d'indifférence et de scepticisme généraux

Les accès aux ressources atypiques sont soumis à différentes contraintes. Toutes les exploitations possèdent des ressources atypiques sur leurs parcelles propres, mais elles vont toutes aussi chercher des ressources, soit chez d'autres éleveurs, soit dans des réserves naturelles, ou encore chez des particuliers. Seule OasYs possède toutes les ressources atypiques sur son parcellaire. L'utilisation des ressources extérieures au parcellaire des exploitations se fait donc sur la base d'accords, plus ou moins tacites, et donc potentiellement peu pérennes.

Ainsi, la ferme de SLP possède une roselière de 2000m² sur son exploit ainsi que près de 30km de linéaires de fossés où on peut trouver de la jussie, de l'azolla, des lentilles d'eau. Les éleveurs vont également faucher 1 à 2 ha de roselières par an sur des parcelles extérieures. Les roseaux ne seraient pas utilisés sinon. Les accords pour la fauche sont oraux, et partent notamment d'une volonté des propriétaires du terrain ne réduire les dégâts causés par les sangliers.

On retrouve toutes les modalités d'accès des ressources pour le GAEC Trévarn. Les exploitants possèdent près de 4ha de prairies atypiques, incluses dans leur déclaration PAC. Ils fauchent aussi des parcelles qu'ils louent à d'autres agriculteurs, ainsi que des parcelles appartenant à des particuliers. Les accords peuvent être oraux ou écrits. Les éleveurs du GAEC évoquent la notion de « squat », pour parler de ces accords.

Les éleveurs du GAEC La Barge valorisent en plus de leurs ressources propres, des végétations localisées dans des zones en bordure de leurs parcelles. Par exemple, ils exploitent les ressources le long de fossés qui les séparent d'une parcelle voisine, ou le long de la route lorsqu'ils déplacent les animaux. Pour eux, encore une fois, la valorisation ces espaces communs « délaissés » constituent du « squat », avec parfois même des désaccords sur l'utilisation de ces espaces, qui ont pu mener à des litiges. Les éleveurs revendiquent cette notion de squat.

Pour les éleveurs des deux fermes commerciales, l'utilisation de ces ressources leur permet de valoriser des ressources qui ne le seraient pas autrement. Pourtant, ils se heurtent au scepticisme des agriculteurs conventionnels, et notamment à des voisins qui refusent, par principe, de voir ces ressources « délaissées » être utilisées. Pour nous, cela permet de confirmer la définition que nous faisons de ces ressources : **les végétations sont atypiques précisément parce qu'elles ne sont pas valorisées par le « voisinage »**, d'où les interrogations pour les éleveurs de chercher à les utiliser, avec, voire même sans l'accord des concernés.

b) Des pratiques d'aménagement ou des règles d'exploitations spécifiques pour préserver ces ressources

Tout comme pour les prairies, des aménagements spécifiques peuvent être mis en place pour contrôler l'accès aux ressources atypiques. Les clôtures permettent de contrôler l'accès à des ressources, ou de restreindre des animaux sur les surfaces qu'elles délimitent. Les clôtures utilisées peuvent être fixes ou mobiles.

Au GAEC Trévarn, la distance des parcelles à la ferme détermine et restreint donc l'utilisation des parcelles : les parcelles les plus éloignées du siège d'exploitation sont fauchées, avec notamment les 14ha de prairies « délaissées », et les prairies les plus proches sont pâturées. Seules les parcelles pâturées sont clôturées.

La ferme expérimentale de SLP envisage de ne faire pâturer la roselière qu'une année sur deux pour permettre de préserver la ressource. Il semblerait d'après la littérature et les expériences de

certaines éleveurs, que le roseau soit assez sensible au piétinement, et qu'il ne supporte pas le pâturage répété. La roselière de l'exploitation est donc clôturée pour permettre d'en limiter l'accès.

Au GAEC La Barge, l'entretien des clôtures, et l'apprentissage des animaux au respect des clôtures occupent une place particulièrement importante. Près de 50% des fossés sont clôturés (contre quasiment 0% à la ferme de SLP), l'objectif pour les éleveurs étant de protéger les bords de fossés, habitats particulièrement sensibles au piétinement et au pâturage. Mais c'est surtout pendant la saison estivale que les clôtures jouent un rôle clé, et en particulier les clôtures mobiles de type « spiderkit » ou « spider pac ». Ce système de clôtures ultra léger leur permet d'installer facilement et rapidement des clôtures électrifiées, grâce auxquelles ils peuvent contenir les animaux sur des surfaces restreintes dont ils veulent faire consommer intégralement les végétations. Nous reviendrons sur les manières dont les ressources atypiques sont consommées dans la partie 3.

2. Caractérisation des logiques d'intégration des ressources atypiques : analyse des contextes d'intégration des ressources aux systèmes

L'analyse des différents contextes et trajectoires (en annexe) nous permet d'identifier d'intéressantes similarités entre les 3 systèmes (Fig. 14). Les éléments de contexte sont communs, alors même que les exploitations sont dans des zones différentes et éloignées géographiquement.

Les antécédents sont assez différents entre les deux exploitations, les éleveurs du GAEC Trévarn sont issus du milieu agricole (**Figure 16**), tandis que ceux du GAEC La Barge ont choisi de s'installer hors du cadre familial (**Figure 17**). On notera aussi que les échelles de temps sont différentes. Malgré cela, on voit clairement se distinguer des orientations communes entre les deux fermes, avec :

- L'éloignement du système conventionnel intensif, qui se caractérise par l'arrêt des relations avec les « para-agricoles », du moins les conventionnels, et le passage en tout herbe sur leur parcellaire. Pour le GAEC Trévarn, cela se caractérise notamment par la diminution de la productivité des animaux, au profit d'animaux plus rustiques. Les éleveurs du GAEC LA Barge s'installent directement avec l'idée d'orienter leur ferme vers des productions extensives, en choisissant notamment d'élever des vaches de race Maraîchine, une race rustique peu adaptée aux circuits conventionnels.
- Le développement de l'intérêt des éleveurs pour le maintien de filières de production locales, que ce soit avec la filière Maraîchine, pour la commercialisation dans des boucheries ou pour la restauration collective, ou avec l'installation d'un fromager sur l'exploitation, qui transforme et commercialise à la ferme, et dans des magasins spécialisés.
- L'intégration progressive des ressources atypiques dans les systèmes, dès 2007 pour le GAEC Trévarn, et dès 2021 pour le GAEC La Barge

On retrouve pour les deux exploitations des objectifs communs, avec i) l'objectif d'autonomie, au moins alimentaire pour les animaux, ii) l'objectif de générer un revenu confortable pour les éleveurs, et iii) l'objectif de maintien de la biodiversité sur l'exploitation.

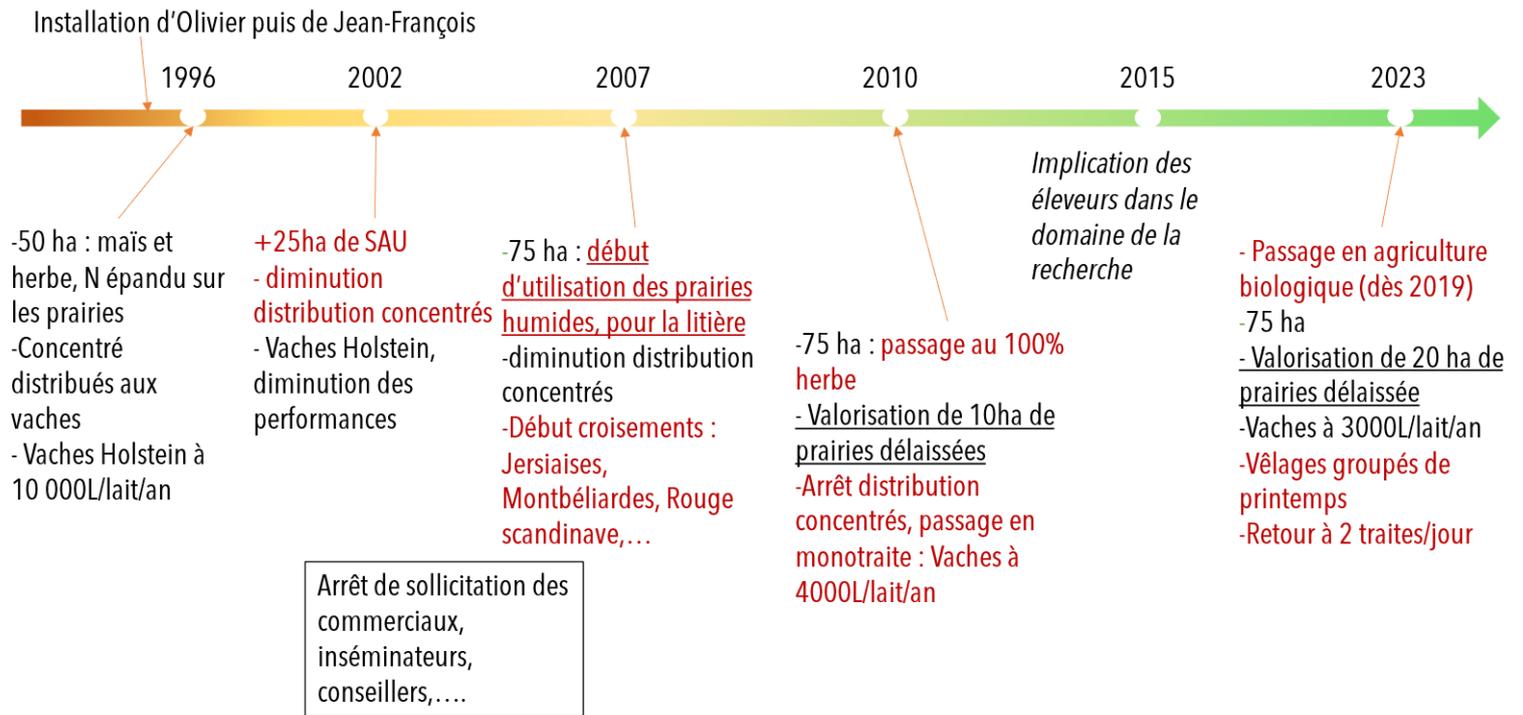


Figure 16 : Identification d'éléments chronologiques clés pour le GAEC Trévarn

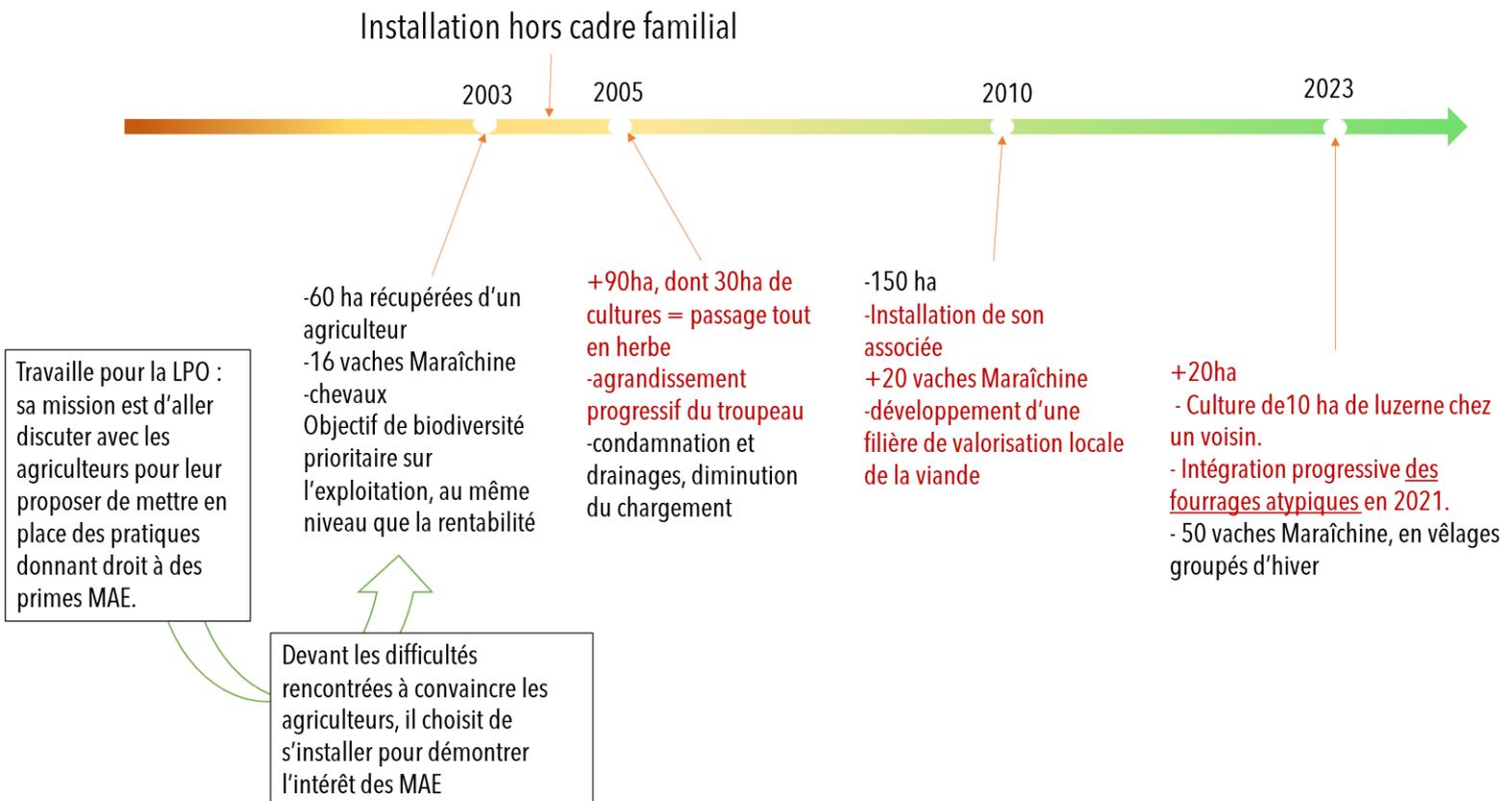


Figure 17 : Identification d'éléments chronologiques clés pour le GAEC La Barge. On suit ici le parcours de Frédéric, un des deux éleveurs du GAEC.

La mise en place de pratiques hors du cadre de l'agriculture conventionnelle et intensive est conditionnée par les différents contextes dans lesquels évoluent les éleveurs, ainsi qu'aux trajectoires et sensibilités propres de ceux-ci (**Figure 18**). Encore une fois, il est intéressant de noter les similitudes entre les trois fermes (on inclut ici la ferme de SLP) au niveau des conditions qui les ont amenées à mettre en place des pratiques hors de la vision dominante :

- Le **contexte pédoclimatique** des différentes exploitations est peu favorable aux cultures sans intrants de synthèse, et c'est la raison pour laquelle les trois fermes ont choisi de valoriser des prairies permanentes pour l'élevage des animaux.
- Le **contexte naturel** des exploitations est assez développé, avec le maintien de formations paysagères issues du capital naturel des exploitations. Les trois fermes œuvrent pour la préservation de la biodiversité, qu'elle soit limicole ou botanique. Les éleveurs des deux fermes commerciales siègent notamment dans des instances décisionnelles locales pour la préservation du patrimoine naturel.
- Les trois exploitations se placent en rupture avec le **contexte agricole** dans lequel elles se trouvent. Autour d'elles, les modes de production sont plutôt intensifs, et ont recours à des intrants notamment de synthèse. Ils affirment par la démonstration que d'autres voies de production sont possibles. On notera toutefois que les politiques publiques et notamment les mesures agroenvironnementales et climatiques (MAEC) sont à la faveur de certaines des pratiques mises en place par les éleveurs.
- Le **contexte sociétal** est pris en main par les deux exploitations commerciales. Elles participent concrètement à l'installation d'agriculteurs avec lesquels ils partagent des valeurs communes, autour d'eux, par le biais de prêts financiers ou de mise à disposition de locaux. Au-delà de son voisinage, le GAEC La Barge essaime à travers l'association Paysans de Nature, les valeurs et objectifs qu'ils portent, pour la défense d'une production agricole compatible avec une biodiversité riche.

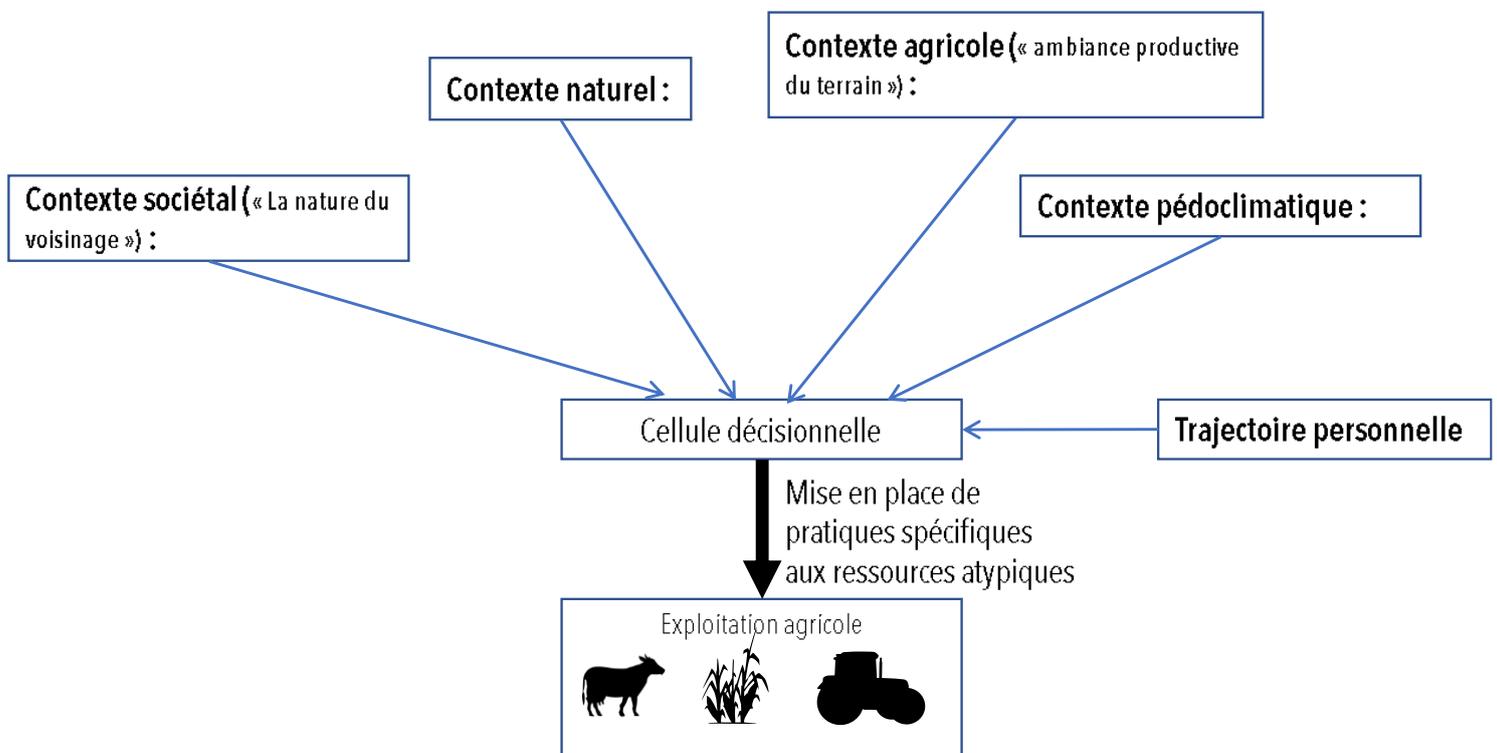


Figure 18 : Identification de déterminants pour la mise en place de pratiques alternatives

3. Les stratégies d'intégration des ressources atypiques dans les systèmes d'exploitation

Les fourrages atypiques sont intégrés dans l'alimentation, mais aussi dans le soin aux animaux, et notamment pour la constitution de litière, et nous étudierons donc l'intégration sous ces deux angles. On identifie ici **deux stratégies d'utilisation des ressources atypiques.**, possiblement combinables dans les fermes :

- i) Les ressources sont fauchées et constituent un stock pour la saison hivernale, que ce soit pour l'alimentation, ou la production de litière pour les animaux.
- ii) Les ressources sont directement pâturées par les animaux, et permettent aux éleveurs de ne pas affourager pendant la saison estivale.

Le GAEC Trévarn et la ferme de SLP ont une stratégie d'organisation similaire vis-à-vis de la gestion de l'utilisation des ressources alimentaires et pour la litière dans le système d'élevage (**Figure 19**, **Figure 20**). Dans les deux cas, les animaux pâturent au printemps sur les prairies permanentes, puis dès lors qu'il n'y a plus de pousse de l'herbe, les éleveurs affouragent les animaux. En 2022, 90TMS de foin ont été distribuées pendant l'été à la ferme de SLP, et 130TMS d'enrubanné ont été distribués au GAEC Trévarn. Si il y a une repousse automnale, les animaux peuvent retourner à une ration exclusive d'herbe pâturée. En 2022, les animaux ont pâturé les ressources atypiques 1,5j au GAEC Trévarn, soit très peu rapporté à la quantité de matière sèche (MS) ingérée sur l'année.

Les ressources atypiques sont mobilisées pendant la saison hivernale. Pour les animaux du GAEC Trévarn, la saison hivernale correspond à la période de tarissement du troupeau (vêlages groupés de printemps), et donc à une période de faible besoin des animaux. Les vaches trient le foin de prairies humides qu'elles reçoivent et elles consomment les espèces appétentes. Les refus d'auge sont ensuite tirés par les éleveurs et constituent le paillage (les vaches sont en logettes). Les animaux de la ferme de SLP sont nourris avec du foin de prairies permanentes et du foin de luzerne selon les besoins identifiés des animaux. La litière utilisée pendant la saison hivernale provient à hauteur de 20TMS de roseaux, fauchés en septembre. En tout, 100TMS de paillage sont nécessaires pour veiller à la propreté des animaux dans les aires paillées, et 20% de la litière provient donc de roseaux.

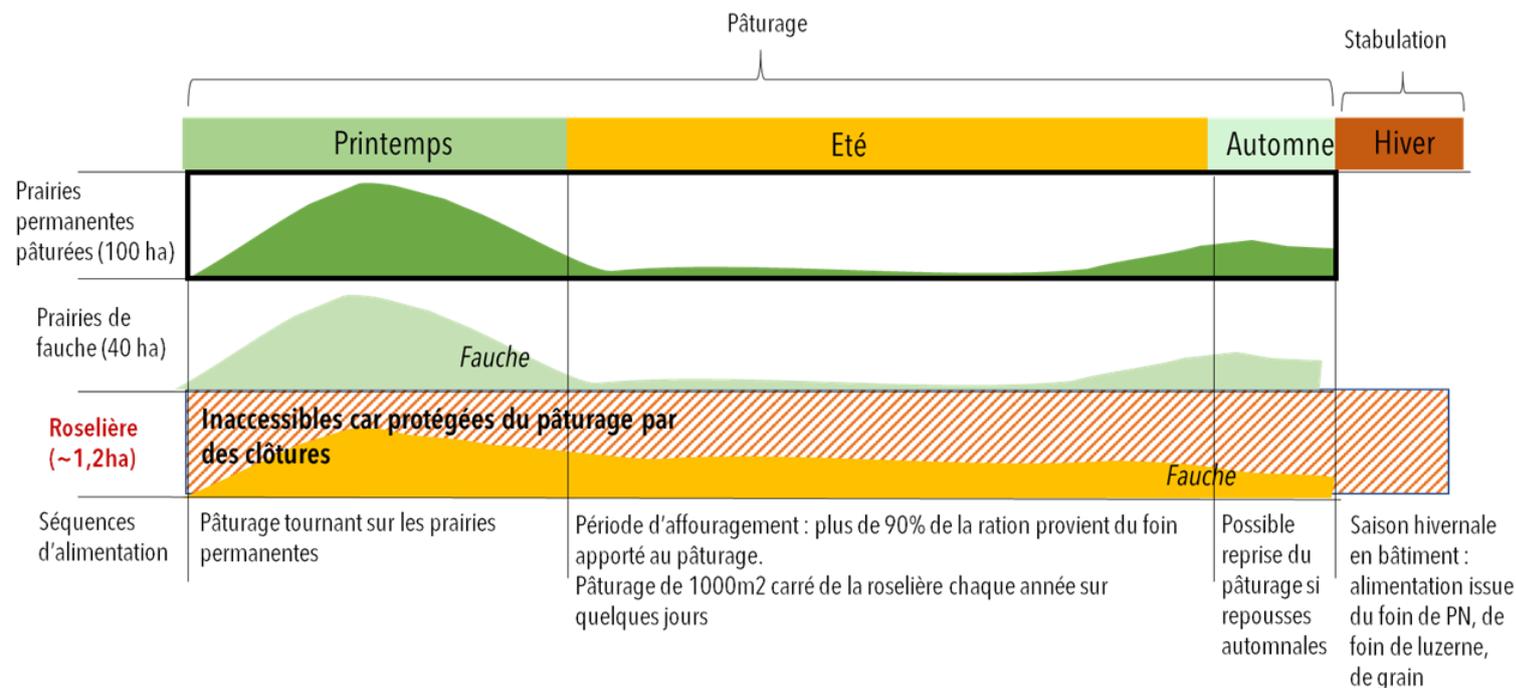


Figure 19 : Organisation de la stratégie d'utilisation des ressources sur une année sur la ferme de SLP

La litière utilisée pendant la période d'hivernage est en partie issue des roseaux

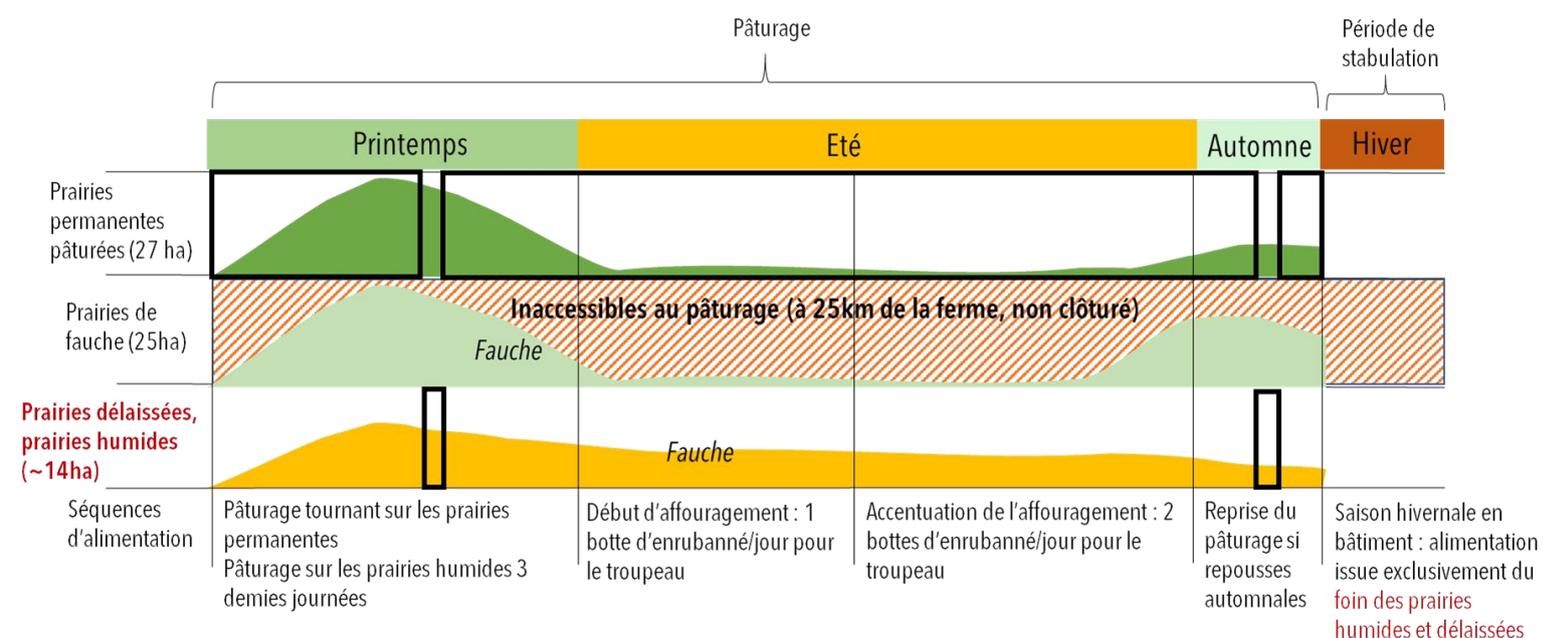


Figure 20 : Organisation de la stratégie d'utilisation des ressources sur une année sur le GAEC Trévarn. Pour les deux figures ci-dessus et la Figure 21, la première ligne représente l'enchaînement des saisons, tel qu'il est perçu par l'éleveur. Les lignes suivantes représentent les surfaces principales mobilisées pour l'alimentation ou le paillage du troupeau. Les courbes colorées représentent la disponibilité fourragère (qui diminue au printemps par exemple, au fur et à mesure que les ressources des prairies sont consommées par les animaux). La disponibilité est exprimée de manière qualitative. Le figuré hachuré permet de représenter l'inaccessibilité de la surface concernée. Une indication permet d'expliquer les raisons pour lesquelles les surfaces sont inaccessibles aux animaux (par exemple présence d'eau ou protection dans un objectif écologique). La dernière ligne permet d'identifier des séquences d'alimentation. L'encadré en dessous de la dernière ligne permet d'identifier la provenance de la litière utilisée pendant la période de stabulation.

La litière utilisée pendant la période d'hivernage est issue des refus des vaches sur le foin des prairies atypiques

Le GAEC La Barge fait voir une organisation différente des deux fermes précédentes. 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 (**Figure 23**).

Pendant l'hiver, 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. Les saisons-pratiques se décomposent comme suit :

- Au printemps, lorsque l'eau se retire des prairies, elle reste dans les baisses ou « Loires », ainsi que dans les fossés. Les animaux ne vont consommer que les ressources des prairies permanentes.

- Les Loires ne sont pas consommées avant que toute l'eau ne soit évacuée, soit vers la fin du printemps. Ils constituent alors un report sur pied valorisable par le pâturage.

- En été, lorsque les fossés sont à secs, ils sont alors aussi pâturés par les vaches, de même que les bords de fossés. Pour constituer la ration des animaux au pâturage en été, l'éleveur va associer différentes ressources : 90% de la ration provient de ressources au stade épiaison, issues de zones mises en défens (qui sont des prairies protégées du pâturage au printemps), et 10% provient de ressources fourragères vertes et appétentes pour les animaux, que constituent les ressources atypiques. 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. Les pratiques impliquent donc de mettre en place un très fort chargement (plus de 40 UGB/ha), sur un court laps de temps. L'apprentissage des animaux, tout autant que celui des éleveurs à ces nouvelles méthodes sur l'exploitation 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 ». Ces exigences se caractérisent par des cris répétés et insistants des animaux. Les éleveurs évoquent des difficultés à ne pas céder à ces appels, surtout lors de la première année.

En 2022, pour la première fois, aucun affouragement n'a été réalisé pendant la saison estivale (pour rappel les fermes SLP et le GAEC La Barge ont un nombre équivalent de vaches, et la ferme de SLP a distribué 90TMS de foin sur cette même période). Les éleveurs ont bien atteint leurs objectifs de production de viande pour l'année 2022, même avec ces changements de pratiques.



Figure 22 : Vaches et veaux pâturant des chénopodes dans les fossés asséchés. On voit bien l'appétence des végétations du fossé par rapport à celles des prairies en hauteur sur la photo. (Source : ©F. Signoret - éleveur)



Figure 21 : Fossés asséchés après pâturage de la partie gauche. La partie droite n'a pas été pâturée, on peut y voir de la jussie (Source : ©F. Signoret - éleveur). On voit qu'elle a été entièrement consommée par les animaux pour la partie gauche.

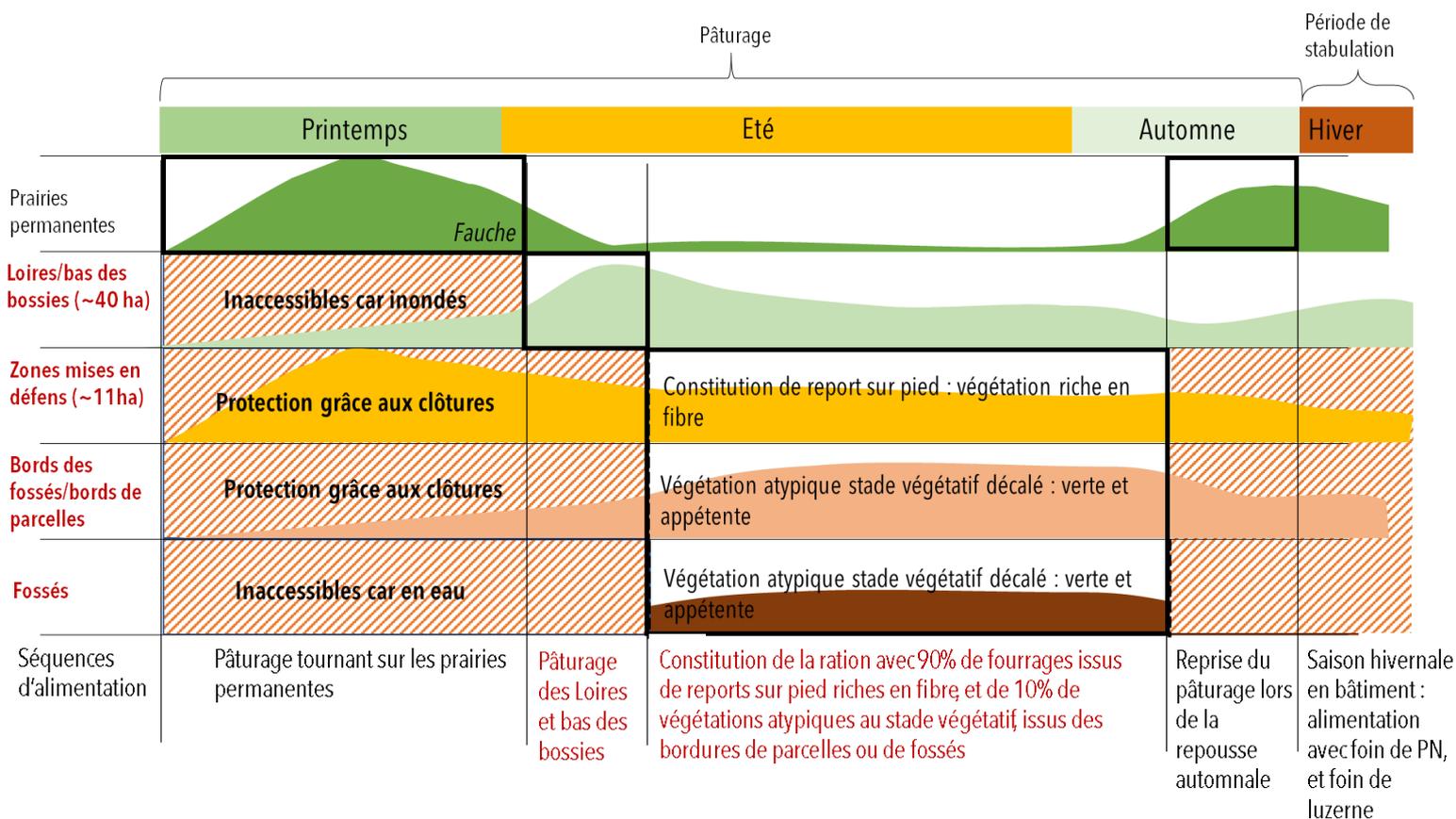


Figure 23 : Organisation de la stratégie d'utilisation des ressources sur une année sur le GAEC La Barge

- A l'automne, les animaux retournent pâturer sur les prairies permanentes grâce à la repousse automnale.
- Les animaux sont nourris avec du foin de prairies naturelles et du foin de luzerne pendant l'hiver. Les animaux, placés à l'entrave en stabulation, sont paillés avec les refus d'auge et de la litière issues de ligneux fragmentés.

Les pratiques autour de la constitution de la ration estivale proviennent notamment des méthodes développées par SCOPELA. SCOPELA est une structure de conseil et d'accompagnement spécialisée dans les questions d'association d'élevage et d'environnement. Elle a notamment produit des fiches techniques, et participe à la formation des éleveurs sur la valorisation des végétations spontanées. Pour le GAEC La Barge, c'est un acteur clé dans la mise en place des pratiques de pâturage des végétations atypiques sur la ferme.

L'orientation vers l'une ou l'autre des deux stratégies identifiées n'est pas le fait du seul choix des éleveurs. Lorsque les ressources sont majoritairement fauchées, c'est dans nos cas d'études car les éleveurs sont contraints, soit par le foncier et l'inaccessibilité de leurs parcelles au pâturage des animaux, soit par les conditions hydrologique et topographique. En effet, le marais de Rochefort où est située la ferme de SLP ne présente pas de microreliefs grâce auxquels ils pourraient étaler la production fourragère pendant l'été.

L'été est devenu la saison critique de l'année, tandis que c'était plutôt l'hiver auparavant. Elle est particulièrement imprévisible comme le montrent l'exemple de cette année et de l'année dernière : sur la ferme de SLP en 2022, l'affouragement a commencé dès le début du mois d'août, nous sommes à présent début septembre et il y a encore largement de quoi alimenter les animaux au pâturage. De même, au GAEC La Barge, les surfaces n'ayant pas encore été pâturées fin juillet constituaient alors 80ha de report sur pied, contre 11ha en 2022.

4. Les motivations des éleveurs à intégrer des ressources atypiques

On identifie des motivations d'utilisation intrinsèques par l'usage alimentaire ou l'utilisation en paillage de des ressources atypiques. On identifie aussi des motivations d'utilisation qui correspondent aux différents objectifs de la ferme :

- i) Objectif d'autonomie : les ressources utilisées sont directement mobilisables sur la ferme. Au lieu d'acheter des fourrages ou de la paille à l'extérieur, les éleveurs peuvent directement valoriser les ressources qu'ils possèdent déjà sur leur exploitation. Si elles ne sont pas sur leur exploitation, ils sont également en mesure d'aller les faucher sur des parcelles proches.
- ii) Objectif de génération revenu : l'utilisation de ces ressources est plus économique que d'acheter du fourrage ou de la paille à l'extérieur, elle contribue à réduire leur dépendance vis-à-vis de l'instabilité des prix des intrants. Les pratiques mises en place pour la gestion des ressources atypiques sont notamment rétribuées par le biais des MAEC.
- iii) Objectif de maintien de la biodiversité : Par la gestion de ces ressources spontanées, parfois menacées, les éleveurs contribuent à leur maintien : par exemple, par la fauche et le pâturage, les éleveurs du GAEC Trévarn évitent l'embroussaillage ou la fermeture des prairies humides qui ne seraient pas utilisées sinon. Ainsi, on a identifié des pratiques mises en place par les agriculteurs qui permettent de soutenir la biodiversité sur les fermes : Les éleveurs ne mettent **pas d'intrants** autres que les déjections des animaux sur les ressources atypiques, pour ne pas modifier les caractéristiques physico-chimiques des sols, et impacter négativement la richesse spécifique des végétations. Les trois fermes étudiées ici sont certifiées agriculture biologique ou s'inscrivent dans la démarche Nature et progrès. On notera quand même que les éleveurs du GAEC Trévarn ont décidé d'épandre un peu de fumier sur certaines des prairies humides. Cet apport reste minime, en raison de leur volonté de ne pas perturber les habitats, mais nécessaire pour ne pas fragiliser les milieux par l'exportation de matière sans retour. Les agriculteurs mettent en place des **pratiques agroécologiques**, pour la gestion des ressources atypiques. Au GAEC Trévarn, ce sont les prairies humides qui sont fauchées tardivement, à la ferme de SLP les roseaux sont également fauchés tardivement. Au GAEC 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 deux types de surface seront ensuite valorisées par le pâturage comme nous l'avons vu. Pour ces différentes pratiques, l'objectif est notamment de créer des habitats pour la biodiversité faunistique, et permettre aussi la reproduction végétative des plantes, en retardant les périodes d'utilisation. Pour les trois fermes, les éleveurs m'ont précisé que leurs pratiques n'étaient pas conditionnées par les aides, et qu'ils les mettaient déjà en place auparavant.

On peut noter aussi que les ressources atypiques sont mobilisées, dans **l'objectif d'être préservées pour le futur**. La gestion et l'utilisation des ressources impliquent donc d'anticiper les effets que l'utilisation des ressources aura sur son maintien dans le temps. Ainsi, les éleveurs de la ferme de SLP ont pour objectif de ne faire pâturer les roseières qu'une année sur deux, pour permettre aux roseaux de reprendre leur croissance. Encore une fois, l'apport d'un peu de fumier sur les prairies humides à Trévarn permet de s'assurer que les sols ne se retrouvent pas trop affaiblis par les exportations de matière, et que les éleveurs puissent continuer à valoriser ces habitats. Au GAEC La Barge, une partie des roseaux sont clôturés pour en limiter l'accès et permettre de préserver la ressource. La valorisation des ressources atypiques directement par le pâturage des animaux permet de plus d'économiser des ressources fossiles, liées à la fauche et au transport des fourrages.

II. La place des fourrages atypiques dans les performances des exploitations

1. Les flux azotés dans les systèmes étudiés

Les métabolismes azotés des exploitations donnent à voir différentes organisations des systèmes, notamment par rapport à l'intégration des ressources atypiques. Le système d'exploitation en polyculture-élevage de la ferme de SLP est celui qui a les plus de compartiments (9 compartiments non vides) (**Figure 25**). Le GAEC Trévarn, en production laitière avec un système d'alimentation 100% herbager ne compte lui que 5 compartiments (Erreur ! Source du renvoi introuvable.). La ferme utilise une faible diversité de ressources (issues de prairies permanentes et prairies atypiques uniquement) et commercialise du lait, et de la viande dans une moindre mesure. C'est le système qui a la densité de lien la plus élevée (18 liens pour 5 compartiments, donc une densité de 3,6 (sans unité)), contre une densité de 2,4 pour la ferme de SLP, et de 2,9 pour le GAEC La Barge (**Figure 26**). On peut expliquer cette densité élevée par le fait que chaque composante est reliée en moyenne à 5 autres composantes (ou à l'extérieur du système) contre 4,25 pour le GAEC La Barge, et 4,1 pour la ferme SLP. Ainsi, même si c'est le système le plus « simple » par la diversité des ressources utilisées et par la conduite, les composantes ont une diversité d'usages, avec différentes pratiques de gestion pour une même composante. Par exemple, on voit que les prairies sont pâturées et fauchées, qu'elles reçoivent des intrants renouvelables de 2 origines différentes, elles reçoivent en plus des déjections des animaux lors du pâturage, et elles bénéficient aussi de l'apport d'épandage de fumier, soit 6 interactions en tout. Les prairies permanentes du GAEC La Barge ne sont au contraire que pâturées et elles ne sont jamais enrichies grâce à du fumier, en plus des intrants renouvelables (4 interactions en tout).

Comme on pouvait s'y attendre, les flux dont les valeurs sont les plus élevées dans les 3 systèmes concernent le pâturage, et les restitutions au pâturage par le troupeau. On peut comprendre ce résultat par le fait que les systèmes étudiés sont très pâturants, avec près de 10 mois de pâturage sur l'année pour chacune. Les flux issus des déjections des animaux pèsent particulièrement lourds dans le métabolisme des systèmes car les déjections sont très riches en azote.

Concernant les flux issus des ressources atypiques, on visualise bien les différentes pratiques des éleveurs par le pâturage exclusivement des ressources atypiques : une seule flèche des ressources atypiques vers le troupeau au GAEC La Barge (**Figure 26**) ; par la fauche exclusivement : une flèche des ressources atypiques vers les fourrages, et des fourrages vers les effluents pour la ferme de SLP (**Figure**

25) ; ou par l'association des deux pratiques avec pratique de la fauche dominante au GAEC Trévarn : combinaison des deux représentations précédentes (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

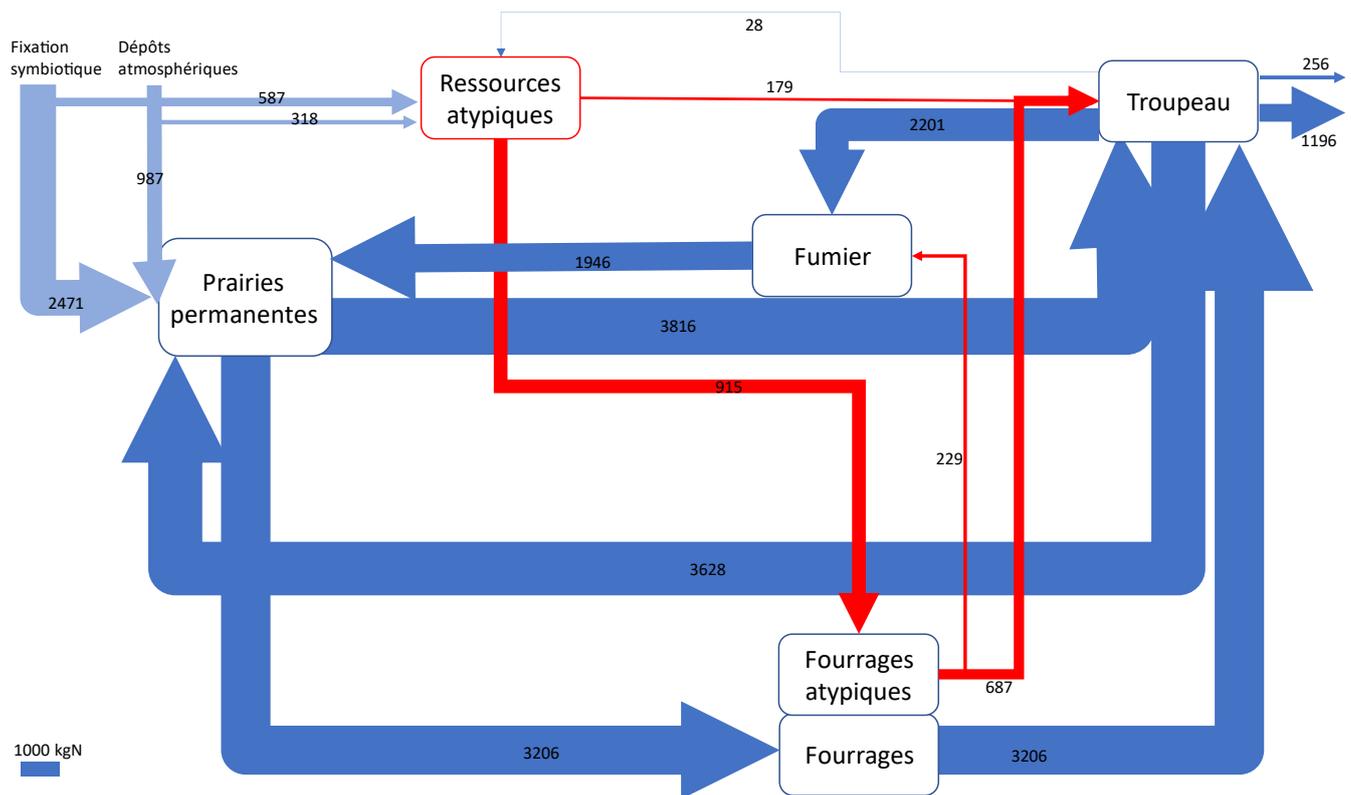


Figure 24 : Représentation conceptuelle du métabolisme azoté du GAEC Trévarn pour l'année 2022

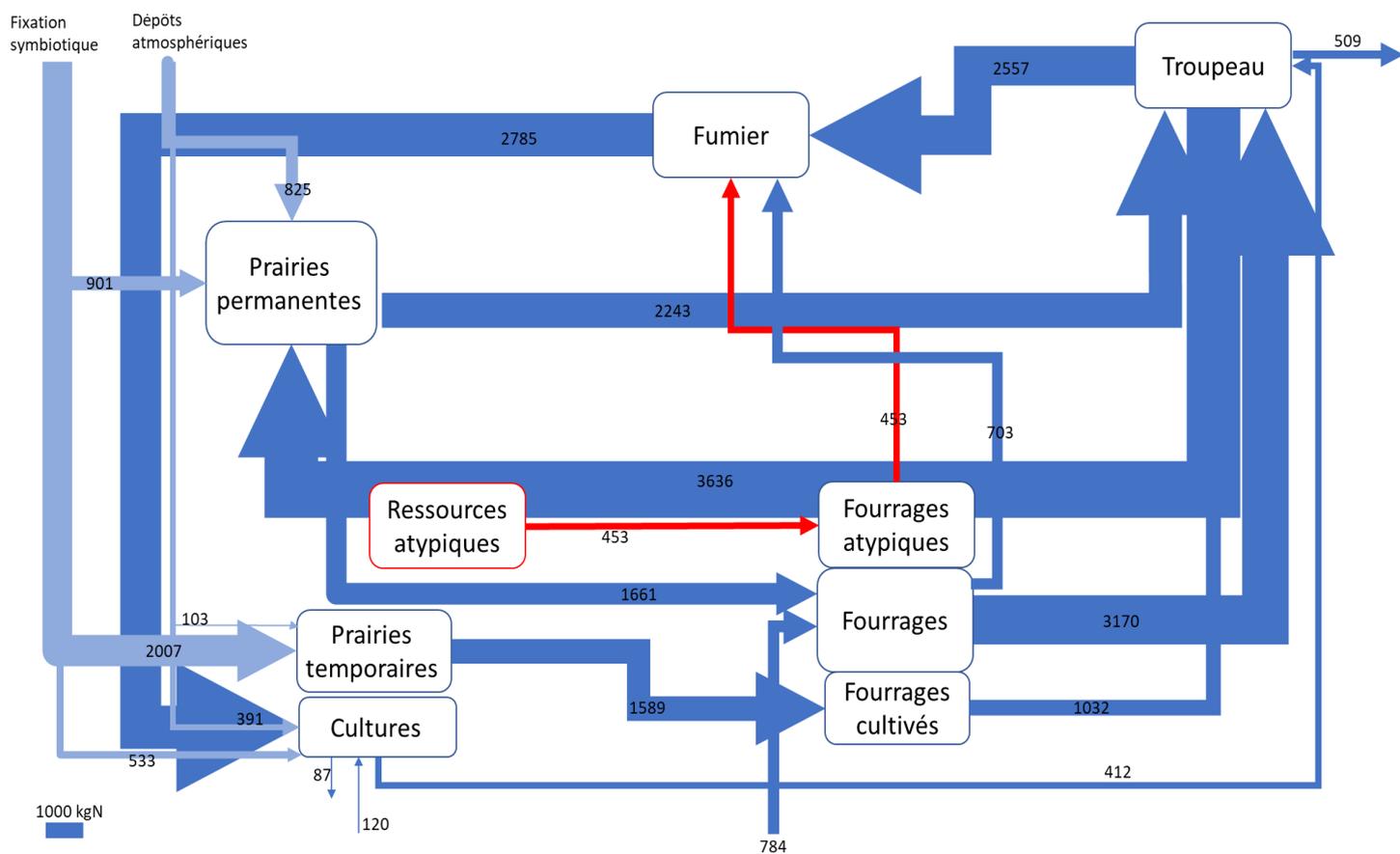


Figure 25 : Représentation conceptuelle du métabolisme azoté de la ferme de SLP pour l'année 2022.

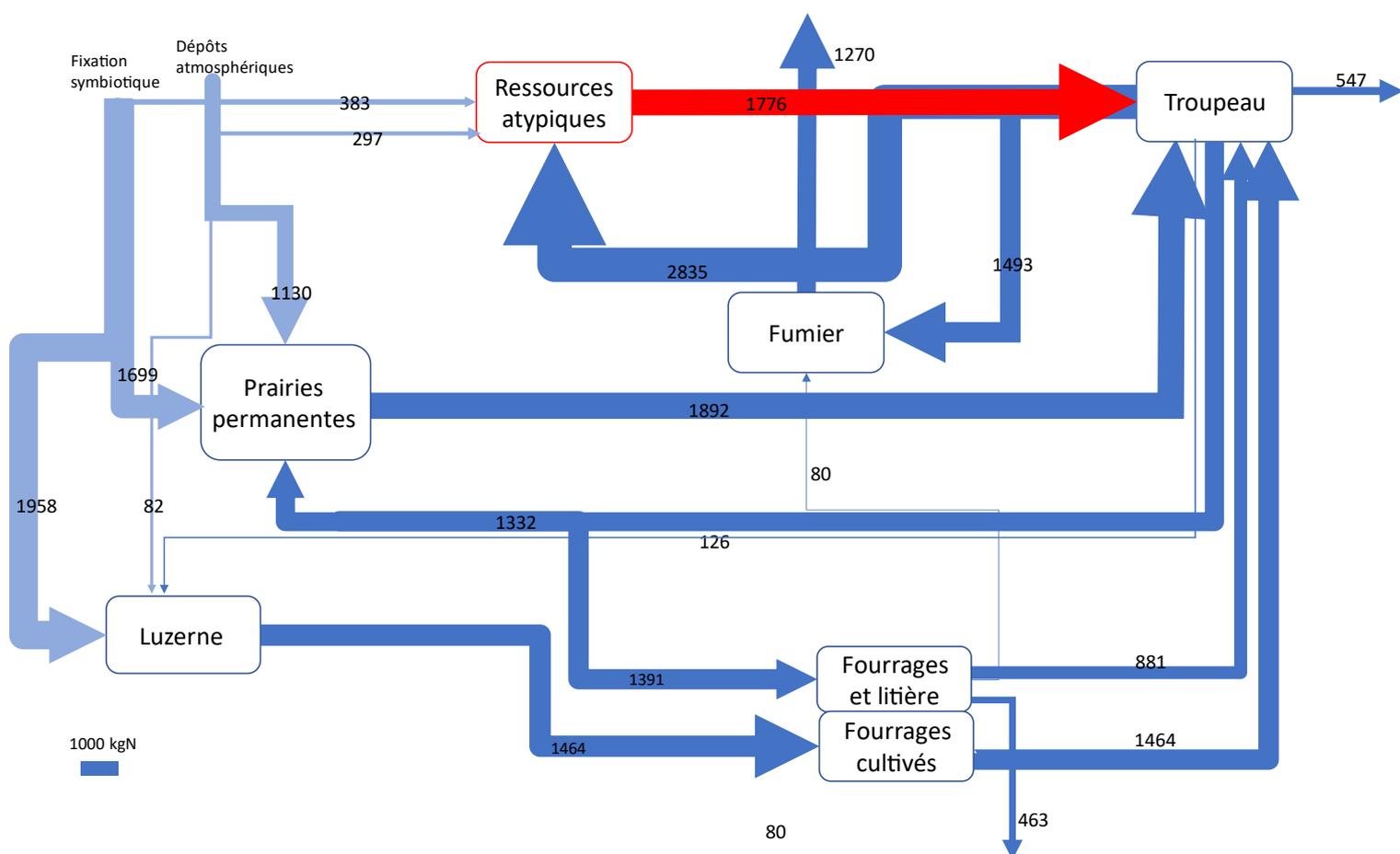


Figure 26 : Représentation conceptuelle du métabolisme azoté du GAEC La Barge pour l'année 2022. Des choix ont été faits afin d'assurer la lisibilité des figures. On choisit ici de ne représenter que les compartiments non-vides pour chaque système. On a également fait le choix de ne pas représenter le compartiment du stock du grain, ni les flux de pertes dans un objectif de lisibilité des graphes mais ils ont bien été pris en compte dans le calcul des indicateurs. La largeur des flèches est proportionnelle à l'intensité des flux d'azote entre deux compartiments. Seules sont représentées les flux des valeurs de plus 25 kgN/an. Les flux issus des ressources atypiques sont mis en valeur grâce à la couleur rouge. On suit ainsi le « trajet » des ressources atypiques, qui sont i) soit pâturées, ii) soit fauchées, stockées puis consommées ou intégrées au fumier. Les flux d'intrants renouvelables sont représentés en bleu clair.

L'activité totale est la plus élevée au GAEC Trévarn (TST= 302 kgN.ha⁻¹.an⁻¹) par rapport aux 2 autres fermes (TST=180 et 110kgN.ha⁻¹.an⁻¹ pour la ferme SLP et le GAEC La Barge respectivement). La production primaire est plus élevée au GAEC Trévarn (8116kgN) que sur les deux autres systèmes (6445kgN à la ferme de SLP, et 7855kgN au GAEC La Barge). On peut penser que cela est dû au fait que les prairies bretonnes fixent beaucoup plus d'azote que les prairies de marais, et que les sorties du système sont plus importantes, du fait de la production laitière. Les prairies bretonnes ont également des rendements fourragers plus élevés (4-5TMS/ha contre 2 à 3 TMS/ha pour les prairies de marais). Le système laitier de Trévarn présente un chargement bien plus important, avec 1,06 UGB/ha. La ferme de SLP et le GAEC La Barge ont une utilisation plus « extensive » des surfaces, avec 0,46UGB/ha et 0,36 UGB/ha respectivement. Il est donc cohérent, au vu de la production primaire et du chargement plus élevés pour le GAEC Trévarn que l'activité totale y soit la plus importante.

L'indicateur de l'organisation du réseau de flux (AMI/Hr) est compris entre 0,57 et 0,62 pour les fermes étudiées. Les réseaux de flux sont donc globalement dispersés entre un grand nombre de compartiments pour les 3 fermes.

On n'identifie ici pas de lien à priori entre organisation de flux et intensité de flux, les fermes avec des valeurs de N circulant élevées n'ont pas forcément une organisation de réseau de flux plus homogène.

2. Les performances des systèmes

2.1. L'intégration des ressources atypiques

Les trois fermes présentent différents niveaux d'intégration et de diversification d'usage des ressources. Le GAEC La Barge présente le niveau d'intégration des ressources atypiques le plus élevés (**Figure 27**). En effet, près d'1/3 de l'azote issu de l'alimentation des animaux provient des ressources atypiques (indicateur ARF), et les flux issus des ressources atypiques représentent 12% des flux totaux internes au système (indicateur ARI). Cela s'explique par le fait que les éleveurs du GAEC ont exclusivement utilisé des ressources atypiques pour l'alimentation de leurs animaux durant 5 mois de l'année en 2022. La part de MS ingérée par les animaux qui provient de ressources atypiques est de 43% pour le GAEC La Barge.

Sur la ferme de SLP, les animaux n'ont pas consommé de fourrages atypiques en 2022. Sur le GAEC Trévarn, 12% de l'azote issu de l'alimentation des animaux provient des ressources atypiques : les animaux ont une alimentation exclusivement tirée de foin de prairies atypiques pendant les 2 mois de tarissement. A cela s'ajoute les 1.5 jours de pâturage des prairies atypiques sur l'année. Les flux de ressources atypiques, qui comptabilisent le foin et la litière des prairies délaissées, ne représentent que 5% des flux totaux internes sur le GAEC Trévarn. En effet, les ressources atypiques mobilisées sont très pauvres en azote (MAT des prairies humides autour de 75 g/kgMS). Le foin et la litière issus de prairies délaissées représentent 75TMS, sur 209TMS de ressources fauchées, soit 35% du volume total de ressources fauchées. Sur la ferme de SLP, seulement 2% des flux d'azote dans le système concernent des ressources atypiques. En effet, les roseaux ne comptent que pour 20% du paillage, soit seulement 8% du total des ressources fauchées (paille et foin). La part de MS ingérée par les animaux qui provient de ressources atypiques est de 12% pour le GAEC Trévarn.

L'indicateur de diversité des usages des ressources atypiques est le plus élevé pour le GAEC Trévarn, qui utilise les fourrages atypiques pour différentes finalités (fauche et litière). Au contraire, le GAEC La Barge a une valeur de diversification des usages des ressources atypiques qui est faible, car celles-ci sont uniquement valorisées par le pâturage. La ferme de SLP a une valeur de diversification qui est également faible, elle ne valorise les ressources atypiques que par la fauche pour l'intégration dans la litière.

	Alimentation animale issue des ressources atypiques (ARF)	Intégration des ressources atypiques (ARI)	Diversité des usages des ressources atypiques
Ferme de SLP	0%	2%	0,07
GAEC Trévarn	12%	5%	0,2
GAEC La Barge	29%	12%	0,04

Figure 27 : Indicateurs d'intégration des ressources atypiques dans les 3 différents systèmes. Tous les indicateurs sont sans unités.

2.1. Propriétés émergentes des systèmes

Le système laitier a la **productivité** la plus élevée ($17,7 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$) comme on pouvait s'y attendre, les animaux produisant à la fois du lait et de la viande, par rapport à des systèmes allaitants. Le système de l'exploitation du GAEC La Barge a une productivité également élevée ($12,5 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$), car le GAEC exporte du système tout le fumier qu'il produit, ainsi que 30 TMS de foin de prairies. Si on regarde l'indicateur de productivité alimentaire uniquement, on retrouve des valeurs proches entre les deux systèmes allaitants, avec $3,7 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ pour la ferme de SLP et $3 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ pour le GAEC La Barge. La productivité de la ferme de SLP est relativement basse surtout pour une ferme en polyculture élevage : en 2022, la quasi-totalité des cultures ont été détruites par la suite d'échecs dans la levée des semences ou la lutte contre les adventices. Ceci met en évidence les difficultés des productions végétales en agriculture biologique en zone de marais. À rappeler que la ferme de SLP est une ferme expérimentale qui a pour objectif de tester de nouvelles manières de produire, et que les rendements des productions culturales pourraient évoluer positivement dans les prochaines années.

La **dépendance** est égale à $53 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ pour le GAEC Trévarn, $35 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ pour la ferme de SLP, et à $30 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ pour le GAEC La Barge. Le GAEC Trévarn a une valeur plus élevée notamment car les prairies de Bretagne comptent plus de légumineuses que les prairies des marais, et vont donc plus fixer d'azote par unité de surface. Les prairies bretonnes ont également des rendements plus élevés que les prairies de marais, en termes de volume fourrager. Les flux entrants dans les systèmes proviennent en majorité de ressources renouvelables (fixation symbiotique, dépôts atmosphériques), et en proportions variables de ressources non-renouvelables (achats extérieurs).

On retrouve des valeurs **d'auto-suffisance** très élevées, proche de 100% pour les deux fermes commerciales qui achètent chacune 10T de paille seulement. La ferme de SLP est auto-suffisante à hauteur de 86% car elle achète l'intégralité de sa paille, soit 80T sur une année. La ferme de SLP intègre pourtant des céréales dans ses rotations. Cependant, les ingénieurs et techniciens de la ferme ont fait le choix de restituer les pailles au sol, ce qui les contraient à acheter de la paille à l'extérieur. Dans la stabulation libre à aire paillée qu'ils possèdent, la consommation de paille est plus importante que pour les deux autres systèmes (stabulation en logette, et stabulation entravée). La ferme de SLP a également importé 6T de fumier de poule qu'elle a épandu sur une parcelle test en 2022.

Le GAEC La Barge présente l'**efficience** la plus élevée, avec 0,4, car il commercialise tout le fumier qu'il produit (environ 300 m³) ainsi que 30 TMS foin, ce qui représente une sortie d'azote très conséquente. Si on regarde en comparaison l'efficience de conversion alimentaire (qui ne prend en compte que les sorties alimentaires du système), on retrouve des valeurs proches pour les deux systèmes allaitants. L'efficience du GAEC Trévarn est de 0,3, tandis qu'elle est de 0,1 pour la ferme SLP. On voit bien ici que les systèmes allaitants sont moins efficaces pour la production alimentaire que le système laitier pour produire des denrées alimentaires.

	Ferme de SLP	Trévarn	La Barge
Indicateurs d'intégration des ressources atypiques			
Alimentation animale issue des ressources atypiques (ARF)	0,0%	12,0%	28,5%
Intégration des ressources atypiques dans le système (ARI)	2,2%	5,4%	12,3%
Diversification de l'usage des ressources atypiques (nombres de liens de ressources atypiques ou fourrages atypiques/nombre total de liens)	0,07	0,2	0,04
Indicateurs structuraux			
Nombre de compartiments non-vides	9	5	7
Nombre de liens	27	20	24
TST (Activité totale du système en kgN.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	183,1	302,9	110,8
TT (Activité totale interne du système kgN.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	131,8	245,2	79,2
<i>Average Mutual Information (AMI)</i>	1,9	1,4	1,6
<i>Statistic uncertainty (Hr)</i>	3,0	2,5	2,7
Organisation du flux de réseau (AMI/Hr)	0,62	0,55	0,58
Performances des systèmes			
Productivité (kgN.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	3,8	17,7	12,5
Productivité alimentaire (kgN.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	3,8	17,7	3,0
Dépendance (kgN.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	36,3	54,0	30,8
Auto-suffisance (flux renouvelables/Dépendance)	0,86	0,99	0,99
Efficiency (Productivité/Dépendance) (sans unités)	0,10	0,33	0,41
Efficiency de conversion alimentaire (sans unités)	10,5	32,8	9,7

Tableau 4 : Récapitulatif des indicateurs pour l'analyse des 3 systèmes étudiés. Pour les indicateurs d'intégrations des ressources atypiques, plus les valeurs sont élevées, et plus les ressources atypiques sont intégrées dans le système et leurs utilisations sont diversifiées. Pour les 4 premiers indicateurs structuraux, des valeurs élevées indiquent des systèmes complexes, avec de multiples composantes et des interactions de forte intensité entre elles. Pour l'organisation du flux de réseau, plus le ratio AMI/Hr est proche de 1, et plus le réseau de flux est concentré sur quelques flux, et le réseau est considéré hétérogène. Au contraire, si AMI/Hr se rapproche de 0, le réseau est considéré homogène les flux sont répartis équitablement entre les compartiments. Pour les indicateurs de productivités, d'auto-suffisance et d'efficacité, plus les valeurs sont élevées et plus les systèmes sont performants pour la production agricole. Plus la dépendance est élevée, et plus le système est dépendant des intrants (qu'ils soient d'origine renouvelables, ou non renouvelables) pour son fonctionnement.

3. La gestion des ressources atypiques par le prisme de l'ENA

3.1. Les ressources atypiques sont mobilisées à des périodes précises de l'année

Les ressources atypiques sont particulièrement intéressantes, car elles peuvent être mobilisées à des périodes où les autres ressources ne sont pas disponibles. On peut ainsi quantifier les flux d'azote provenant des ressources atypiques sur des périodes spécifiques.

A Trévarn, du 1^{er} décembre au 31 janvier, 100% de l'alimentation et du paillage du troupeau proviennent des ressources atypiques. Si on ajoute la période de transition à la période de tarissement (période de 2 mois durant laquelle les vaches sortent progressivement après le vêlage), on obtient la période durant laquelle la totalité des fourrages issus de ressources atypiques sont consommés (**Figure 28**). Ainsi, du 1^{er} décembre au 31 mars (date à laquelle toutes les vaches sont au pâturage), 41% de l'azote issu de l'alimentation des vaches provient des ressources atypiques. Les ressources atypiques sont relativement pauvres en azote, ce qui explique la part relativement faible d'azote issue des ressources atypiques (75 g/kgMS de MAT pour le foin de prairies humides contre 175g/kgMS de MAT pour les prairies permanentes au début du printemps). Si l'on rapporte cette valeur à des quantités de fourrage, on obtient 35 TMS issus du pâturage des prairies sur cette période, contre 56 TMS de foin issu de prairies humides ou « délaissés » consommé par les vaches, soit 61% de l'alimentation (en volume) qui provient des ressources atypiques.

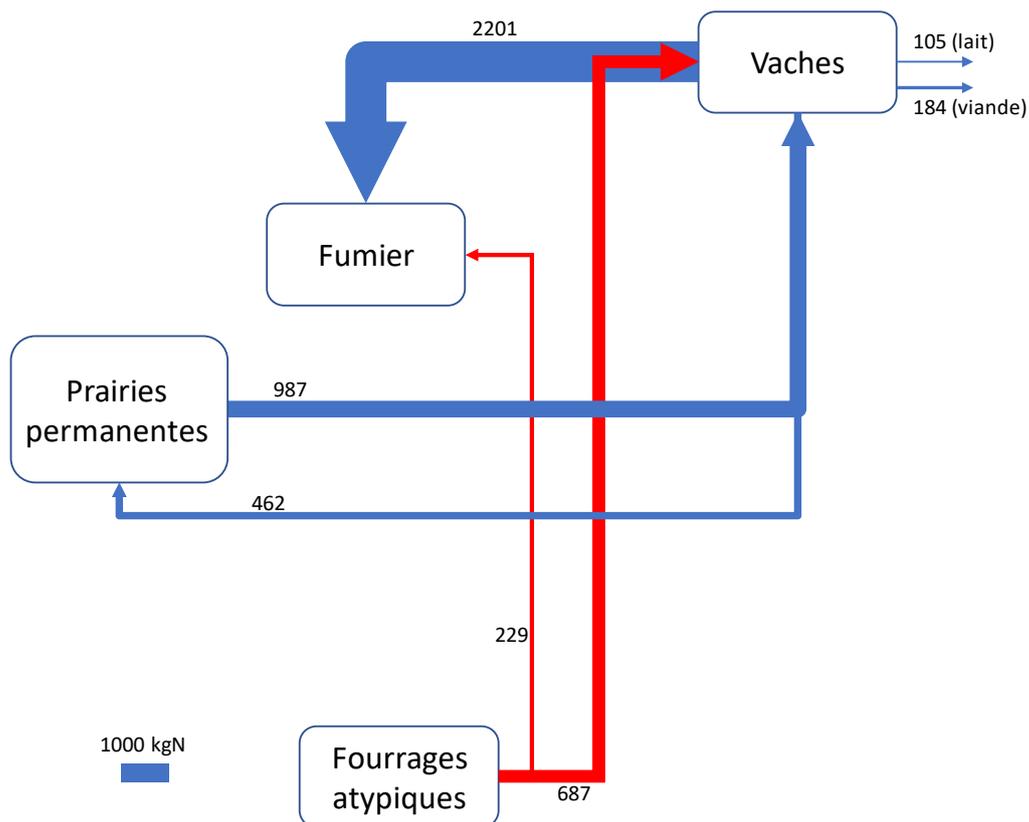


Figure 28 : Modélisation des flux d'azote entre le 1er décembre et le 31 mars sur le GAEC Trévarn. Les compartiments et les flux qui ne sont pas représentés ne sont pas mobilisés à cette période (par exemple, pas de fauche sur cette période).

Sur le GAEC La Barge, les animaux consomment exclusivement des ressources atypiques du 27 avril au 5 octobre, soit pendant toute la saison estivale, qui dure près de 5 mois. L'organisation des flux est

simplifiée durant cette période, avec la valorisation exclusive des ressources atypiques par le pâturage des animaux, et les restitutions des déjections sur les ressources (**Figure 29**). Une partie des animaux est vendue à cette période, il s'agit notamment des veaux sous la mère. Les animaux consomment 157 TMS de ressources atypiques durant cette période, soit l'équivalent de 1776 kgN. Les ressources atypiques issues des fossés et bords de fossés valorisées en été présentent des valeurs en MAT particulièrement élevées, surtout en comparaison avec les prairies à la même période. Les prélèvements ont été réalisés mi-août en 2022 sur les roseaux communs du GAEC La Barge (n=9). Les résultats des analyses indiquent des valeurs en MAT comprises entre 120 et 140 g/kgMS, contre 49 g/kgMS pour les prairies constituant des reports sur pied aux mêmes dates (n=2). Les arroches de mer (*Atriplex halimus*) analysées début septembre (n=3) ont quant à elles des valeurs en MAT comprises entre 230 et 250 g/kgMS. Ces valeurs sont particulièrement élevées, elles sont comparables à celles du trèfle de Perse (210 g/kgMS, d'après Feedipedia), qui est couramment utilisé comme fourrage et engrais vert.

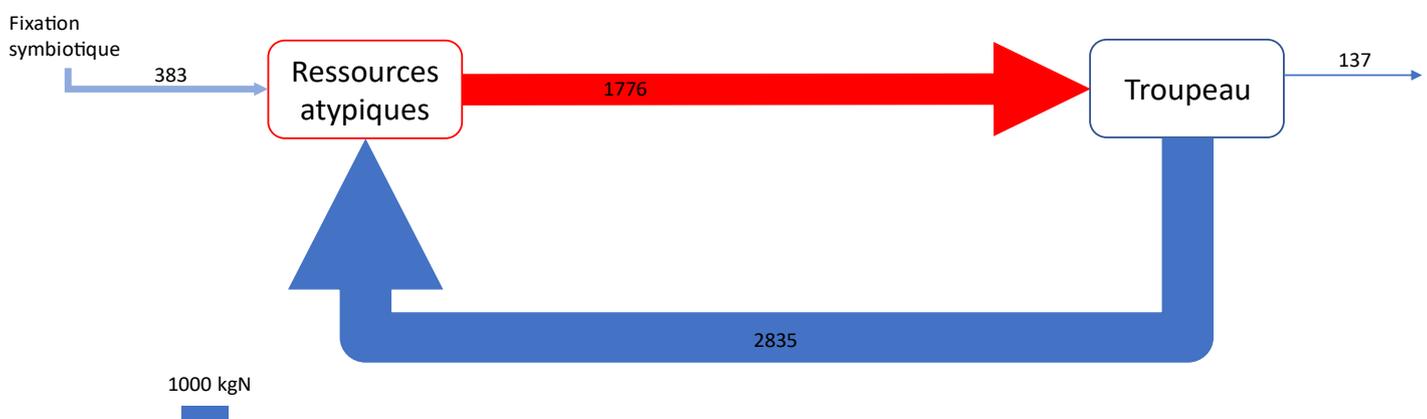


Figure 29 : Représentation des flux d'azote entre le 27 avril (début d'utilisation des ressources atypiques) et le 5 octobre (reprise du pâturage des prairies permanentes) sur le GAEC La Barge. On considère que les fixations symbiotiques ont lieu à cette période. Les dépôts atmosphériques sont négligeables (24kgN) car cette période concentre très peu de précipitations (44mm en 5 mois).

Pour la ferme de SLP, tout le roseau est consommé durant la période hivernale, pour compléter l'apport de paille. Les ingénieurs de la ferme aimeraient pourtant mettre en place le pâturage de la roselière, sur des séquences précises où le pâturage ne suffit plus à alimenter les animaux, et pour diminuer ainsi la part d'affouragement.

3.2. Contribution des ressources atypiques aux performances des systèmes

Les fourrages atypiques participent dans une certaine mesure aux performances des fermes. L'intégration des ressources atypiques devrait permettre d'augmenter l'**auto-suffisance** des exploitations par **la substitution d'intrants par des éléments du capital naturel**. En effet, si le GAEC La Barge n'avait pas utilisé les ressources atypiques pour passer l'été 2022, on peut supposer qu'ils auraient dû affourager les animaux. Si le foin est acheté à l'extérieur cela diminue alors l'auto-suffisance de la ferme. Si le foin est récolté directement sur la ferme, l'auto-suffisance azotée n'est pas modifiée.

Par un calcul assez simple, on peut déterminer que pour remplacer la paille achetée, qui a représenté 80TMS en 2022 à la ferme de SLP, il serait possible pour les éleveurs de faucher 5,9ha de roselières à la place. Cela leur permettrait d'être auto-suffisant à 100%.

On ne peut pas conclure concernant la productivité. Par contre, on peut s'intéresser à la productivité primaire des exploitations. L'intégration des fourrages atypiques permet d'augmenter la **productivité des surfaces**. Cette augmentation de la productivité se calcule par le rapport entre la production des ressources atypiques valorisées par les animaux, et la productivité des surfaces « conventionnelles ». Ainsi, la productivité primaire azotée de la ferme de SLP est augmentée de 7%, soit $378\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$; de 13% à Trévarn, soit $54\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ et de 26% à La Barge soit $49\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$. L'augmentation de la productivité ne se fait pas par une artificialisation du milieu (comme ce pourrait être le cas avec des engrais minéraux par exemple) mais par l'utilisation de ressources non-valorisées sinon.

On ne peut pas conclure concernant l'impact de l'intégration des ressources atypiques sur l'**efficacité** des systèmes. Dans le calcul de l'efficacité, si la dépendance aux ressources atypiques augmente pour une productivité équivalente, l'efficacité diminue. Dans le système de la ferme de SLP, une faible part de la dépendance est directement liée aux ressources atypiques. Les intrants sur les ressources atypiques sont négligeables, avec $9\text{kgN}\cdot\text{an}^{-1}$ imputables aux dépôts atmosphériques (soit moins de 0.2% des intrants). Sur Trévarn et au GAEC La Barge, la part des ressources atypiques dans la dépendance est plus élevée, avec respectivement 20% et 12% des intrants qui sont dirigés vers les ressources atypiques. L'efficacité est donc plus sensible aux ressources atypiques dans ces systèmes, puisque la dépendance aux ressources atypiques y a plus de « poids ». Cependant, il est difficile pour nous de conclure sur l'apport des ressources atypiques dans la productivité du système, on n'identifie pas de lien formel entre les deux, et nous ne savons pas dans quelle mesure les ressources atypiques participent à la productivité du système.

Avec seulement 3 fermes étudiées, il nous est difficile de 1) comparer les systèmes entre eux, car ils ne sont pas comparables, 2) de réaliser une analyse statistique qui pourrait nous permettre de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses concernant la contribution des ressources atypiques aux performances des systèmes. Cependant, nous comprenons que l'intégration des ressources atypiques est une variable des propriétés émergentes des systèmes.

Discussions et perspectives :

(1) Notre définition de « ressources atypiques » a pu être affinée. Les habitats que nous nous considérons comme atypiques le sont par rapport à la vision dominante sur le territoire. Que ce soit les Loires dans le marais breton, ou les prairies humides dans le contexte breton, ces espaces sont perçus comme indéniablement improductifs. Dans ces deux cas, les pratiques usuelles impliquent de modifier la nature de ces habitats, en les dessalant et les asséchant, et en les fertilisant et les labourant, respectivement. Pour les éleveurs enquêtés, les processus d'industrialisation et d'homogénéisation des systèmes d'exploitation ont fait disparaître les pratiques traditionnelles de valorisation de ces ressources liées aux particularités régionales. Eux, ont décidé de se placer en défenseurs de leur terroir, et de valoriser ces ressources délaissées. Les ressources atypiques peuvent également concerner des pratiques atypiques sur des ressources « typiques », comme nous l'avons vu avec l'utilisation de reports sur pied. La définition pourrait encore être améliorée et affinée, dans d'autres contextes européens par exemple.

(2) Des pratiques et des motivations communes : Les ressources atypiques semblent être une voie intéressante qui permet aux éleveurs de valoriser des ressources déjà présentes sur l'exploitation. L'étude permise par la méthode de l'analyse des réseaux écologiques nous a permis de quantifier les apports et l'intégration des ressources atypiques dans les systèmes. Nous avons contribué à répondre à nos questions de recherche, et à valider les trois hypothèses formulées :

- On identifie des motivations d'utilisation intrinsèques, par l'usage alimentaire ou l'utilisation en paillage des ressources atypiques. On identifie aussi des motivations d'utilisations en fonction des objectifs des fermes étudiées : objectif d'autonomie, objectif de génération de revenu, et de maintien de la biodiversité.
- On identifie deux stratégies d'intégration des ressources atypiques, qui peuvent être combinables avec i) le pâturage des ressources atypiques pendant la saison estivale, ii) la fauche des ressources atypiques pour la valorisation en alimentation ou en litière pendant la saison hivernale.
- L'intégration des ressources peut présenter l'avantage de substituer des intrants par des éléments du capital naturel. Elle permet aussi d'augmenter la productivité des surfaces des exploitations, sans mobiliser d'intrants non renouvelables. Les pratiques mises en œuvre par les agriculteurs sur les ressources atypiques, mais aussi sur leur ferme en général, permettent de correspondre à leurs objectifs en termes de maintien des écosystèmes. L'absence d'intrants sur les ressources atypiques permet de ne pas impacter négativement la richesse spécifique des végétations (Klimek *et al.*, 2007). De plus, la présence d'oiseaux est corrélée avec la proportion d'éléments semi-naturels, et l'absence de fertilisation (Le Roux, Barbault and Baudry, 2008), et les pratiques mises en place par les agriculteurs vont donc vers le sens d'une augmentation de la biodiversité.

(3) Des systèmes agropastoraux dans le Grand Ouest de la France ? Les exploitations étudiées sont particulièrement originales dans le contexte du Grand Ouest, et leur étude n'a pas d'objectif de représentativité. Pourtant, elles sont sans rappeler d'autres systèmes du contexte français. Les

définitions formalisées autour de l'élevage pastoral en France (Nozières-Petit *et al.*, 2021) correspondent aux systèmes étudiés ici, avec , entre autres :

- Des productions extensives : Une utilisation très limitée d'intrants, avec des objectifs de production modestes (vaches à 3000L/lait/an pour la ferme laitière, vaches à 330 kg carc en moyenne pour la ferme allaitante).
- La consommation de végétations spontanées. On ajoute ici l'aspect de la valorisation de ces ressources pour constituer la litière.
- La valorisation de surfaces foncières au statut divers : les éleveurs ne valorisent pas que leurs surfaces propres. Dans le marais de Brouage, situé à une vingtaine de kilomètres du marais de Rochefort où se trouve la ferme de SLP, une association foncière pastorale (AFP) a été mise en place. Les outils de gestion de l'AFP permettent de correspondre aux objectifs des éleveurs en termes d'utilisation des surfaces pour l'alimentation des animaux.
- Le « taux de pastoralisme », défini comme la part de MS ingérée provenant de surfaces pastorales, correspond à notre indicateur ARF, ramené en unité volumique. Il est de 43% pour le GAEC La Barge, et de 12% pour le GAEC Trévarn, ce qui est loin d'être négligeable.
- Enfin, les systèmes pastoraux ou agropastoraux sont conduits par « des personnes avec un rapport particulier à la nature », ce que nous avons pu constater pour les deux fermes commerciales étudiées ici.

Ainsi, on peut se demander si la limitation de l'appellation « pastorale » au Sud de la France est vraiment nécessaire. Il reste encore des systèmes que l'on pourrait qualifier de pastoraux ou d'agropastoraux à découvrir et caractériser dans l'Ouest de la France.

(4) Cohérence et limites des résultats de l'analyse écologique des réseaux : Les valeurs obtenues pour les différents indicateurs, et notamment ceux des propriétés émergentes sont cohérentes avec ceux de la littérature. Les valeurs de productivités des systèmes étudiés sont faibles, par rapport à celles des systèmes étudiés dans la (**Tableau 5**). On peut supposer que c'est parce qu'il s'agit des systèmes très extensifs, dans des milieux contraints (marais notamment), on a deux systèmes allaitants qui sont effectivement peu productifs par nature.

Les valeurs d'activité totale des systèmes se trouvent dans des intervalles très larges (de 22 à 1749 kgN.ha⁻¹.an⁻¹). Les valeurs d'activité que nous avons calculées pour les trois fermes étudiées sont assez proches, et se retrouvent bien dans les ordres de grandeurs des systèmes étudiés en contexte tempéré dans la littérature. Pour nous, c'est un indicateur de la cohérence de notre travail. Concernant l'activité interne du système, les résultats que nous avons obtenus sont plutôt élevés, notamment pour le système laitier.

	TST (kgN.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	TT (kgN.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	Productivité (kgN.ha ⁻¹ .an ⁻¹)	AMI/Hr
Valeurs des indicateurs de la présente étude Exploitations bovines du Grand Ouest de la France N = 3	183 ; 110 ; 302	79 ; 131 ; 245	3.8 ; 17 ; 12.5	0.58-0.62
(Rufino <i>et al.</i> , 2009) Fermes mixtes PCE contexte subsaharien N = 9				AMI =[0.9-1.7] Hr = [2.1-3.2]
(Stark <i>et al.</i> , 2019) Fermes en PCE contexte tropical (Guadeloupe, Cuba, Brésil) N = 17	22-1749	0.7-246	13-78	0.4-0.91
(Steinmetz <i>et al.</i> , 2021) Exploitations de polyélevage contexte français N = 17	144-586	130-345	144-586	
(Puech and Stark, 2023) 1 ferme expérimentale – comparaison entre deux systèmes N=2	291 ; 213	226 ; 161	18.4 ; 15.4	0.49 ; 0.5

Tableau 5 : Comparaison des valeurs des différents indicateurs issus de l'analyse des réseaux écologiques pour notre étude et des résultats de la littérature

Les limites de l'étude de l'analyse des réseaux écologiques résident dans les choix méthodologiques qui ont été faits, notamment dans les cas où les unités en valeur propre (kgMS, kg carc entre autres) ont été converties en unités d'azote. C'est notamment le cas, pour les valeurs en MAT des prairies, tirées du livre « Prairies permanentes » (Launay *et al.*, 2014) : il est certain qu'il existe une variabilité dans les valeurs azotées des prairies d'une année à l'autre, selon le contexte local, ou l'intensité des précipitations. Nous avons choisi les valeurs de références pour les typologies qui nous semblaient les plus proches de chaque système étudié. Les formules de calcul de fixation symbiotique par les espèces des prairies sont tirées de la thèse de (Anglade, 2015). Cependant, les expérimentations qui lui ont permis de formuler ces méthodes de calcul n'ont pas été faites dans les milieux de marais, et on peut se demander quelle variabilité trouver par rapport à différents biotopes. Nous ne disposons pas non plus d'informations sur les concentrations en azote des précipitations, et nous avons fait le choix d'utiliser les concentrations qui avaient été mesurées à Mirecourt (Vosges) en 2022. Le travail pourrait donc être amélioré avec différentes précisions sur ces données, dans le contexte présent. Ainsi, les valeurs estimées par un défaut de bilan nous montrent que les éleveurs de Trévarn et de SLP déstockent quantitativement de l'azote (-15 kgN.ha⁻¹.an⁻¹, et -377 kgN.ha⁻¹.an⁻¹ respectivement). Au GAEC La Barge au contraire, les animaux pâturent les surfaces de ressources atypiques durant une longue période et les restitutions d'azote se font donc par le biais des déjections. Les ressources

atypiques sont excédentaires en azote à hauteur de 27 kgN.ha⁻¹.an⁻¹. Ces résultats mériteraient d'être affinés, mais il est pertinent de se poser la question de la pérennité de ces ressources si elles sont fauchées, sans jamais de retour de matière.

De plus, il paraît important de relever qu'au vu des connaissances relativement réduites sur les ressources atypiques, il n'y a évidemment pas de données sur les fixations d'N qu'elles peuvent réaliser (à l'exception de l'Azolla, mais qui n'a pas été valorisée sur l'année étudiée). Cependant, avec des productions primaires de 378 kgN/ha pour les roseaux, pour 9 kgN/ha de dépôts atmosphériques comme seuls intrants, on peut penser que la fixation symbiotique ou d'autres entrées d'azote dans le système ont été sous-estimées. Dans notre modèle, seules les légumineuses fixent l'azote mais les processus de captation de l'azote par les autres végétations, et notamment celles en association avec des légumineuses ne sont pas prises en compte ici.

(5) Freins à l'intégration des ressources atypiques : L'intégration des ressources atypiques semble présenter des avantages, mais ces pratiques se cantonnent pourtant aujourd'hui à une « niche » sociotechnique (Geels and Schot, 2007), c'est-à-dire un endroit « préservé », favorable aux innovations. Nous sommes conscients que la diffusion de ces pratiques se heurte à différentes problématiques. Nous avons pu identifier des freins à l'intégration et l'utilisation de fourrages atypiques sur les exploitations, notamment grâce aux fermes expérimentales, pour lesquelles l'intégration se fait sur un pas de temps plus long que sur les fermes commerciales :

La première raison pour nous est celle de la méconnaissance des espèces, et de leurs intérêts en tant que ressource fourragère pour des bovins. Le premier volet du projet SourceN vise effectivement à produire des connaissances sur les valeurs des ressources, ainsi qu'à considérer les risques liés à leur potentielle toxicité. Le deuxième volet, dont ce travail fait partie, permet de rendre compte de la manière dont les ressources atypiques peuvent être intégrées dans des systèmes. En effet, nous pensons qu'il ne suffit pas d'avoir les connaissances sur les valeurs des ressources, il faut aussi pouvoir prouver qu'elles peuvent être intégrées à des systèmes d'élevage bovins dans notre cas, et qu'elles peuvent permettre de correspondre aux objectifs de production des éleveurs. Cette étude peut également servir aux fermes expérimentales afin qu'elles s'inspirent de ce qui se fait sur des fermes ayant largement intégré ces ressources. J'ai présenté mes résultats sur les pratiques mises en place par le GAEC La Barge à l'équipe de la ferme de SLP, qui a soulevé plusieurs interrogations, en comparaison avec système à la localisation et aux conditions de production relativement proches. La semaine d'après, une réunion de l'équipe élevage de la ferme de SLP a notamment porté sur la mise en place de clôtures pour protéger les fossés, et permettre de constituer du report sur pied, comme c'est le cas au GAEC La Barge.

Les connaissances sur les ressources atypiques sont encore en construction, et des questions demeurent encore sur les manières d'intégrer des ressources atypiques « non-pâturables » comme les azolla ou les lentilles d'eau.

Enfin il s'agit pour les animaux d'apprendre à consommer ces ressources qui sortent de leur menu habituel. Les périodes d'apprentissage des animaux peuvent s'étaler sur plusieurs années comme ça a été le cas sur la ferme d'OasYs. En 2023, les vaches ont largement consommé les feuilles des arbres et lianes qu'elles avaient plutôt dédaigné les années d'avant, alors même que la disponibilité fourragère des prairies était élevée cette année-là. La curiosité des animaux a vraisemblablement une importance pour l'intégration des ressources atypiques dans leur ration.

Conclusion

Cette étude a permis d'identifier et caractériser les usages qui sont fait de ressources végétales atypiques dans des exploitations bovines du Grand Ouest de la France. Deux stratégies d'intégration des ressources atypiques ont été identifiées, i) l'intégration des ressources dans le pâturage pendant la période estivale et ii) la fauche des ressources pour l'alimentation ou le paillage des animaux pendant la saison hivernale. Les stratégies peuvent être combinées, et l'usage à double fin des ressources permet aux éleveurs de gagner en souplesse dans leur organisation. La mobilisation de la méthode de l'analyse des réseaux a permis d'identifier et de quantifier différents niveaux d'intégrations de ressources atypiques dans les trois systèmes étudiés. Pour une des fermes, près d'1/3 de l'alimentation du troupeau provient effectivement de ressources atypiques. Les systèmes étudiés sont très autonomes et largement basés sur l'utilisation d'intrants azotés renouvelables comme la fixation symbiotique, ou les dépôts atmosphériques. Les systèmes sont autonomes aussi grâce à la substitution d'intrants par les éléments issus du capital naturel des exploitations, que constituent les ressources atypiques. Le système laitier est globalement plus performant que les systèmes allaitants pour la production alimentaire. On a pu de plus confirmé et quantifié le rôle essentiel des ressources atypiques à des périodes spécifiques où d'autres ressources conventionnelles ne sont pas disponibles. Les ressources atypiques sont notamment mobilisables en été, lorsque la disponibilité fourragère des prairies est menacée. Enfin, les pratiques de gestion des ressources atypiques mises en place par les éleveurs permettent de favoriser la biodiversité, qu'elle soit floristique ou faunistique, et c'est un objectif phare pour les différentes exploitations.

Des incertitudes demeurent quant aux hypothèses que nous avons posées pour les calculs de flux et à la transposabilité des données littéraires que nous avons utilisées, notamment pour la fixation symbiotique et la lixiviation. L'échantillon des fermes étudiées ne nous permet pas de conclure sur les liens qui existeraient entre performances des systèmes et intégration des ressources atypiques.

L'approche système développée ici pour des systèmes originaux, nous permet de produire des connaissances pour soutenir la transition agroécologique, en explorant des solutions alternatives. L'approche utilisée permet d'avoir une compréhension globale des différents enjeux et opportunités des systèmes.

Il reste maintenant à étudier comment ces pratiques peuvent être diffusées, dans un objectif de gestion durable des ressources naturelles. La méthodologie pourrait être mobilisée dans d'autres contextes européens (en Norvège par exemple), pour permettre de valoriser des ressources locales sous-utilisées. Nous pensons que les ressources atypiques sont une des pistes à explorer pour concilier production alimentaire et préservation des écosystèmes, pour répondre aux enjeux alimentaires d'aujourd'hui et de demain.

Bibliographie

- Anglade, J., Billen, G. and Garnier, J. (2015) 'Relationships for estimating N₂ fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe', *Ecosphere*, 6(3), p. art37. Available at: <https://doi.org/10.1890/ES14-00353.1>.
- Archimede, H. *et al.* (2019) 'Aliments protéiques dans les systèmes mixtes intégrés polyculture-élevage en régions tropicales', *INRA Productions Animales*, 31(3), pp. 221–236. Available at: <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2338>.
- Azambuja Filho, J.C.R. *et al.* (2020) 'Functional Classification of Feed Items in Pampa Grassland, Based on Their Near-Infrared Spectrum', *Rangeland Ecology & Management*, 73(3), pp. 358–367. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.02.001>.
- Bellon, S. (1998) 'Caracteriser les saisons-pratiques pour comprendre l'organisation d'une campagne de pâturage.pdf'.
- Bonaudo, T. *et al.* (2014) 'Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems', *European Journal of Agronomy*, 57, pp. 43–51. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010>.
- Bonneviale, J.R., Jussiau, R. and Marshall, E. (1989) *Approche globale de l'exploitation agricole: comprendre le fonctionnement de l'exploitation agricole: une méthode pour la formation et le développement*. Institut national de recherches pédagogiques.
- Bouchard, P.-L. (2023) *CARACTERISATION DES PRATIQUES DE GESTION DES FORMATIONS ARBOREES ET DE LEURS DETERMINANTS DANS LES EXPLOITATIONS DE POLYCULTURE-ELEVAGE EN POITOU-CHARENTES*.
- ten Brink, P. (2015) 'Qu'est-ce que le capital naturel ?', 10 September. Available at: https://www.ecologie.gouv.fr/archives-presse-2012-2017/IMG/pdf/S_R_ministere-Capnat-10-09-15-Patrick-Ten-BRINK.pdf (Accessed: 20 July 2023).
- Couvreur, S. *et al.* (2019) 'Déterminants techniques et sociologiques du maintien des prairies dans les élevages bovins laitiers de plaine', *INRA Productions Animales*, 32(3), pp. 399–416. Available at: <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.3.2940>.
- Díaz, S. and Malhi, Y. (2022) 'Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives', *Annual Review of Environment and Resources*, 47(1), pp. 31–63. Available at: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120120-054300>.
- Doré, T. *et al.* (2011) 'Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge', *European Journal of Agronomy*, 34(4), pp. 197–210. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.006>.
- Dumont, B. *et al.* (2013) 'Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century', *Animal*, 7(6), pp. 1028–1043. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>.
- Emile, J.C. *et al.* (2017) 'Les arbres, une ressource fourragère au pâturage pour des bovins laitiers?'
- Eisler, Mark C., Lee, Michael R.F. (2014). 'Steps to sustainable livestock'. *Nature*, volume 507.

- Gac, A. *et al.* (2020) 'Le stockage de carbone par les prairies'.
- Geels, F.W. and Schot, J. (2007) 'Typology of sociotechnical transition pathways', *Research Policy*, 36(3), pp. 399–417. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>.
- Gélard, M.-L. (2007) 'Le roseau protecteur', *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, (48–49), pp. 61–84. Available at: <https://doi.org/10.4000/tc.2742>.
- Glinec, J.-F. (2016) 'Etude de la flore d'une exploitation laitière du fond de la rade de Brest'.
- 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'.
- Goergen, P. (1996) *Le Chaume des Marais*.
- Goust, Jérôme (2017). 'Arbres fourragers, de l'élevage paysan au respect de l'environnement'. Terran, 220p.
- Jacquemot, P. (2023) *Le pastoralisme en Afrique : un mode d'existence en péril ?* Fondation Jean Jaurès. Available at: <https://www.jean-jaures.org/wp-content/uploads/2023/04/pastoralisme.pdf> (Accessed: 24 August 2023).
- Janssen, J. *et al.* (2016) *European red list of habitats. Part 2, Terrestrial and freshwater habitats*. LU: Publications Office. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/091372> (Accessed: 21 August 2023).
- Kernéis, E., Bonis, A. and Signoret, F. (2004) *Valeur fourragère et écologique des prairies de marais*. Available at: <https://blogcdr.files.wordpress.com/2011/06/valeur-fourragere-ecologique-prairies-marais.pdf> (Accessed: 4 September 2023).
- Klimek, S. *et al.* (2007) 'Plant species richness and composition in managed grasslands: The relative importance of field management and environmental factors', *Biological Conservation*, 134(4), pp. 559–570. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.007>.
- Launay, F. *et al.* (2011) *Prairies permanentes: des références pour valoriser leur diversité*. Paris: Institut de l'élevage.
- Laurent, E., Magnanon, S. and Glinec, J.-F. (2023) 'Expertise botanique et phytosociologique des ressources fourragères atypiques mobilisées par la ferme de Trévarn (29)'.
- Le Noë, J. *et al.* (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*, 25(1), p. 15004. Available at: <https://doi.org/10.1051/cagri/2016002>.
- Le Roux, X., Barbault, R. and Baudry, J. (2008) 'Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies'.
- Leterme, P. *et al.* (2009) 'Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia molesta* Mitchell) in pigs', *Animal Feed Science and Technology*, 149(1), pp. 135–148. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.04.013>.

- Madelrieux, S. *et al.* (2017) 'Caractériser les formes d'interaction entre filières agricoles et territoires : quelles méthodes ?', *Cahiers Agricultures*, 26(2), p. 24002. Available at: <https://doi.org/10.1051/cagri/2017014>.
- Meuret, M. (2006) *Les pratiques pastorales entre temps court de l'alimentation des troupeaux et temps long des ressources et des milieux*.
- Mikicic, E. *et al.* (2023) 'Contribution of woody plants to horses' diets in Mediterranean rangelands', *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 76, pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.19182/remvt.36956>.
- Moreau, J.-C. *et al.* (2020) 'ARBELE - L'arbre dans les exploitations d'élevage herbivore : des fonctions et usages multiples. Innovations Agronomiques 79, 499-521'. Available at: <https://doi.org/10.15454/ZRTP-AV46>.
- Moulin, C., Girard, N.N. and Dedieu, B. (2001) 'L'apport de l'analyse fonctionnelle des systèmes d'alimentation'.
- Novak, S. *et al.* (2020) 'Composition chimique et digestibilité in vitro des feuilles d'arbre, d'arbuste et de liane des milieux tempérés en été'. Available at: <https://doi.org/10.15454/1.5572219564109097E12>.
- Nozières-Petit, M.O. *et al.* (2021) 'Les grands traits de l'élevage pastoral aujourd'hui en France'.
- Perrin, A. (2021) 'Caractérisation des facteurs de la résilience des exploitations bovines et ovines laitières biologiques françaises'.
- Puech, T. and Stark, F. (2023) 'Diversification of an integrated crop-livestock system: Agroecological and food production assessment at farm scale', *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 344, p. 108300. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108300>.
- Réseau Pâtur'Ajuste (2020) *Pâturer des surfaces de marais*. Available at: <https://www.paturajuste.fr/parlons-technique/ressource/ressources-singulieres/paturer-des-surfaces-de-marais> (Accessed: 19 April 2023).
- Rigal, S. *et al.* (2023) 'Farmland practices are driving bird population decline across Europe', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(21), p. e2216573120. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120>.
- Rufino, M.C. *et al.* (2009) 'Network analysis of N flows and food self-sufficiency—a comparative study of crop-livestock systems of the highlands of East and southern Africa', *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 85(2), pp. 169–186. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10705-009-9256-9>.
- Rufino, M.C., Hengsdijk, H. and Verhagen, A. (2009) 'Analysing integration and diversity in agroecosystems by using indicators of network analysis', *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 84(3), pp. 229–247. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10705-008-9239-2>.
- Schott, C., Puech, T. and Mignolet, C. (2018) 'Dynamiques passées des systèmes agricoles en France : une spécialisation des exploitations et des territoires depuis les années 1970'.
- Stark, F. *et al.* (2016) 'Crop-livestock integration, from single practice to global functioning in the tropics: Case studies in Guadeloupe', *European Journal of Agronomy*, 80, pp. 9–20. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.004>.

Stark, F. *et al.* (2019) 'Evaluation des performances agroécologiques des systèmes de polyculture-élevage en milieu tropical humide.pdf'.

Steinmetz, L. *et al.* (2021) 'Ecological network analysis to link interactions between system components and performances in multispecies livestock farms', *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3), p. 42. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00696-x>.

Sterling, D., Puech, T. and Farruggia, A. (2023) 'Valorisation of atypical land in cattle production systems in search of self sufficiency'. EAAP 2023, Lyon. Available at: <https://hal.inrae.fr/hal-04190329v1/document> (Accessed: 1 September 2023).

Ulanowicz, R.E. *et al.* (2009) 'Quantifying sustainability: Resilience, efficiency and the return of information theory', *Ecological Complexity*, 6(1), pp. 27–36. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2008.10.005>.

Wezel, A. *et al.* (2009) 'Agroecology as a science, a movement and a practice. A review', *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4), pp. 503–515. Available at: <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>.

Annexes :

Annexe 1 : Guide d'enquête en exploitation

Guide d'enquête : Utilisation de fourrages atypiques en élevage bovin

I. Présentation générale de l'exploitation

1) Historique de l'exploitation

« Pouvez-vous présenter l'exploitation telle qu'elle était quand vous vous êtes installés/à son lancement ? »

« Pouvez-vous vous présenter »

Quels changements avez-vous opérés dans l'exploitation ? Changements de stratégies, d'objectifs, déterminants de ces changements

Quels objectifs pour la structure ?

2) Caractérisation de la structure

Nb d'UTH

SAU, SFP, autres surfaces utilisées

Type de terrain (marais, forêts, ...)

Types de sols, présence de haies, type d'installation particulier (drainage, clôtures, irrigation ...)

Nature de la maîtrise foncière

Présentation du parcellaire avec carte imprimée noir et blanc de la zone

Accessibilité des parcelles

Nombre d'animaux, nombre d'UGB

Conduite du troupeau, type de production

Chargement

Races présentes, choix en matière de sélection (pourquoi ? En quoi ces choix contribuent aux objectifs généraux de la ferme ? lien avec fourrages atypiques et sélection ?)

Type de production, et mode de commercialisation

Place des productions animales dans le revenu

Engagements dans des démarches spécifiques : bio, Nature et progrès, protection de la biodiversité, ...

3) Bâtiments et capital

Caractéristique du capital

Est-ce que vous pouvez me décrire l'organisation de votre capital (bâtiments, motorisation, mécanisation, ...) ? Dans quels objectifs ?
Quelle quantité de gasoil consommez-vous par an ?

II. Gestion des pratiques culturales

Cultures :

Quelle répartition de l'assolement ? Quelles cultures (pour l'alimentation humaine ou animale ?
Vendu ou auto-consommé ?) ?

- Comment vous raisonnez vos rotations ?
- Cultures intermédiaires ?
- Quels intrants culture ?
- Quels rendements pour chaque type de culture ? Quelles exportations, quelle part laissée sur place ? Quelle gestion de la paille ?

Cultures de vente : quelles quantités, quels circuits. *Quelles perspectives ?*

Atouts et contraintes des cultures dans ce milieu

Quelles variabilités et adaptabilités dans le cadre des cultures ? (par rapport à 2022 par exemple)

III. Gestion de l'élevage et de l'alimentation du troupeau

- *Disponibilité ressources végétales à chaque saison*
Pour chaque lot :
 - *Conduite (sevrage, mise à la repro, vêlage, ...)*
 - *Localisation (bâtiment, pâturage)*
 - *Niveaux de besoins à chaque période*
 - *Niveau d'affouragement*
 - *Quels lots sur quels lots de parcelles*

1) Description allotement et niveaux de besoins alimentaires

Pour l'année 2022 :

Le troupeau : Nombre de mises à la repro, nombre de naissance, destination des mâles, combien de femelles de renouvellement

Quels animaux, quelles stratégies de conduite, quels objectifs de production ?

Pertes (animaux morts)

Schéma démographique du troupeau à construire (pour vérification)

Description cycle de vie des vaches (bâtiment, pâturage, âge au sevrage, âge à la première repro, âge vente des veaux, réforme, ...)

Quelles dates de sorties, pour quels lots ?

Identification des besoins théoriques des différents lots (besoins forts, moyens, faibles) par l'éleveur

2) Description des types de surface utilisées et des profils de pousse de la végétation

En se référant au schéma parcellaire : Quelles sont les surfaces utilisées pour l'alimentation des animaux ? Surfaces pâturées par les vaches, par les génisses, et surfaces pour la fauche ?

Ne pas oublier déprimage, pâturage de repousse

Surfaces de bases/surfaces de sécurité ?

Stratégie de régulation du système fourrager par l'éleveur

Identifiez-vous différents types de prairies ? Quelle composition floristique ? très variable ? Quelle part de légumineuses dans les prairies aux moments où elles sont fauchées/pâturées ? Quelles espèces de légumineuses ?

Obj : identifier les saisons pratiques et comprendre leur enchaînement

Saison Pratique	Ressources mobilisables	Actions, stratégies mises en place	Déterminants des pratiques
Début de printemps Date de début de pousse de l'herbe <i>rajouter dates</i>			
Plein printemps			
Fin de printemps Fin de pousse de l'herbe			
Eté Début d'automne			
Plein automne			
Fin d'automne			
Hiver			

Quelles adaptations mises en place pour pallier aux variations dans les dates ?

3) Analyse des périodes d'utilisation des surfaces de création des ressources alimentaires

- Comment s'organise le pâturage des animaux ?

Quelles surfaces attribuées à quels lots ?

Quels critères pour enclencher les changements de saison ? Quels critères pour changer de parcelle (hauteur de l'herbe, stade physiologique, ...) ?

Qu'est-ce qui marque le changement de pratique/changement de lieu de pâturage/changement d'alimentation ?

Nombre de jours au pâturage, quelles périodes, quels animaux

Données JPP

Caractériser les sorties : journalières ou non ? Si oui comment on se déplace ?

- Complémentation au pâturage ? sur quelles périodes ?

Refus sur complémentation au pâturage

Ressources atypiques mobilisables, et à quelles périodes

- Ration durant les périodes de bâtiment :

Type de ration selon la période

Type de ration selon lots

Quantités et caractéristiques des concentrés et rations distribuées

4) Production de fourrages et autonomie alimentaire

- Comment s'organise la gestion de la production de fourrage ?

Sur quelles parcelles, combien de coupes, quelle qualité de prairies

Quelle gestion entre parcelles pâturées et fauchées ?

Quelle quantité de fourrage produit au total sur l'année ? Quelle quantité est stockée, et non consommée ?

Analyse composition du fourrage ?

Est-ce que c'est un foin précoce, un foin tardif, de repousse, ... ?

Autonomie alimentaire ? et en termes de soins (paille) ?

Quels achats extérieurs ? (Quantité, prix)

Complémentation des animaux ? (Minéraux, vitamines, quelle quantité ?)

Variation de stock entre 01/01/2022 et 01/01/2023 : pour le foin, la paille, et le grain

5) Productions :

Quantité d'effluent d'élevage produite, et utilisation du fumier

Quels éléments sont intégrés aux déjections animales pour former du fumier ? En quelles proportions ?

Quelle gestion des effluents d'élevage ?

Compostage ?

Quel type de fumier est produit (fumier pailleux issu d'aires paillées, fumier de raclage issu des logettes, tapis, matelas haut) ?
Fourrage intégré dans le fumier ?

Gestion des purins et EVB

Quelle gestion de l'engraissement des animaux ?

Quels indicateurs de production et de productivité = les ventes (poids vifs des animaux, poids carcasse, total des poids, retrouver fiches Interbev ou contrôle laitier, feuilles de paie de lait (surtout pour taux protéique et taux urée)

Périodes de vente, dates de vente sur une année pour le troupeau.

IV. Gestion des fourrages atypiques en lien avec l'élevage

Quelles espèces ? ITK ? rôle ? biodiversité ? territoire ? enjeux ?

- 1) Quelles espèces pouvant être considérées comme atypiques peuvent jouer un rôle pour l'alimentation ou le soin des animaux ? Depuis quand les mobilisez-vous ? Pourquoi ?
Espèces consommées sur pied ou en fourrage ? Paillage ?

Quelles quantités sont potentiellement disponibles ?

Quelles parties des ressources sont consommées par les animaux ? Quelles parties laissent-ils ?

Quels sont vos objectifs par rapport à l'utilisation de ces ressources ? Quels niveaux de besoin des animaux peuvent-ils couvrir ?

Estimation des quantités ingérées de ces ressources atypiques ? Suffisent-elles pour remplir les besoins des animaux sur des périodes précises ?

Pour chaque ressource ensuite :

- 2) Sur quelles périodes (saisons) ? par quelles catégories d'animaux ? Est-ce tous les ans ? (ou seulement années de grande sécheresse, ou 1/3 le temps que ça repousse, ...) ? Combien de jours ces ressources ont-elles été utilisées ?
- 3) Où se trouvent ces ressources ? En propre, ou accord avec d'autres agriculteurs ou acteurs ? Pérennité de ces accords ?
- 4) Comment s'organise la gestion de ces ressources atypiques ? « ITK » des ressources spontanées pour l'alimentation animale : consommées tous les ans ? à la même période ? en fonction de quels paramètres
- 5) Les animaux vont-ils d'eux-mêmes vers ces espèces végétales ? Quelle appétence des animaux pour ces espèces ? Stratégies mises en place pour leur faire consommer ?

Liens entre rusticité de la race et consommation de ces ressources ?

6) Composition de ces espèces (teneur en MAT notamment)

7) Perspectives

Quelle place actuelle pour ces espèces sur l'exploitation, quel intérêt ?

Quel rôle pourraient-elles jouer dans l'autonomie de l'exploitation ?

Quels objectifs pour ces espèces ? Quelles places futures elles pourraient prendre ?

Etudes à ce sujet, projets, perspectives

V. Intégration de l'exploitation dans son environnement (biodiversité, lien social, circuits de commercialisation)

Quelle place pour la biodiversité dans votre exploitation ?

Quel lien avec les ressources atypiques ?

Quelle gestion de la santé des animaux ?

Utilisation de ces ressources/types de surfaces à l'échelle du territoire : freins identifiés ? Enjeux autour de ces espèces ?

Perspectives :

Principales contraintes de l'exploitation

Principaux atouts

Données complémentaires :

-données météorologique, essentiellement pluviométrie

Annexe 2 : Identification des saisons-pratiques pour la ferme de SLP (le même travail d'analyse a été réalisé pour les autres fermes)

<i>Saison Pratique</i>	<i>Ressources fourragères utilisées</i>	<i>Actions stratégiques mises en place</i>	<i>Déterminants des pratiques</i>
<i>Début de printemps : dès avril Date de début de pousse de l'herbe</i>	Végétations des prairies naturelles en croissance	Sols peu portants : pas de sortie possible des animaux, même s'il y a de l'herbe, au risque d'abîmer les parcelles Exception pour les parcelles F2 et G2, parcelles cibles pour la nidification du vanneau huppé (espèce cible de l'expérimentation système). Sur ces parcelles, pâturage avec fort chargement.	Portance des sols
<i>Plein printemps : mai « Explosion de l'herbe »</i>	Végétation des prairies naturelles. Valeur nutritive relativement haute dans les prairies	Optimisation de l'utilisation de l' « explosion de l'herbe » : répartitions en de petits lots sur toutes les parcelles. L'objectif est de consommer toute l'herbe disponible. Pâturage tournant « lent ».	Santé du troupeau (les animaux sortent lorsqu'ils sont sains). Portance des sols Disponibilité de l'affouragement Stades physiologiques des espèces végétales de la parcelle d'après dans la rotation.
<i>Fin de printemps Fin de pousse de l'herbe</i>	Végétation des prairies naturelles. Valeurs nutritives en baisse.	Fauche des prairies naturelles Le pâturage « lent » se poursuit dans les prairies de pâture.	Stades physiologiques des espèces végétales à faucher
<i>Été : mi-juillet- début août Début d'automne</i>	Arrêt de la pousse de l'herbe. Les roseaux sont alors à un stade végétatif, appètent pour les animaux (utilisées 1 année sur 3). Végétations de bords de parcelles, légères repousses Jussie dans les fossés	Affouragement dans les parcelles. Distribution de foin à volonté Les animaux sont mis dans les parcelles qui ont été fauchées, pour manger les légères repousses Mobilisation possible des ressources atypiques à ce moment, notamment la roselière.	Conditions climatiques : Sécheresse, chaleurs élevées, qui vont stopper la pousse de l'herbe
<i>Plein automne</i>	Pas de capacité de repousses importantes. La situation de l'été	Affouragement dans les parcelles. Distribution de foin à volonté.	Conditions climatiques : légères repousses s'il pleut.

	s'étend jusqu'à la rentrée en bâtiment.		
--	---	--	--

Annexe 3 : L'analyse des réseaux écologiques

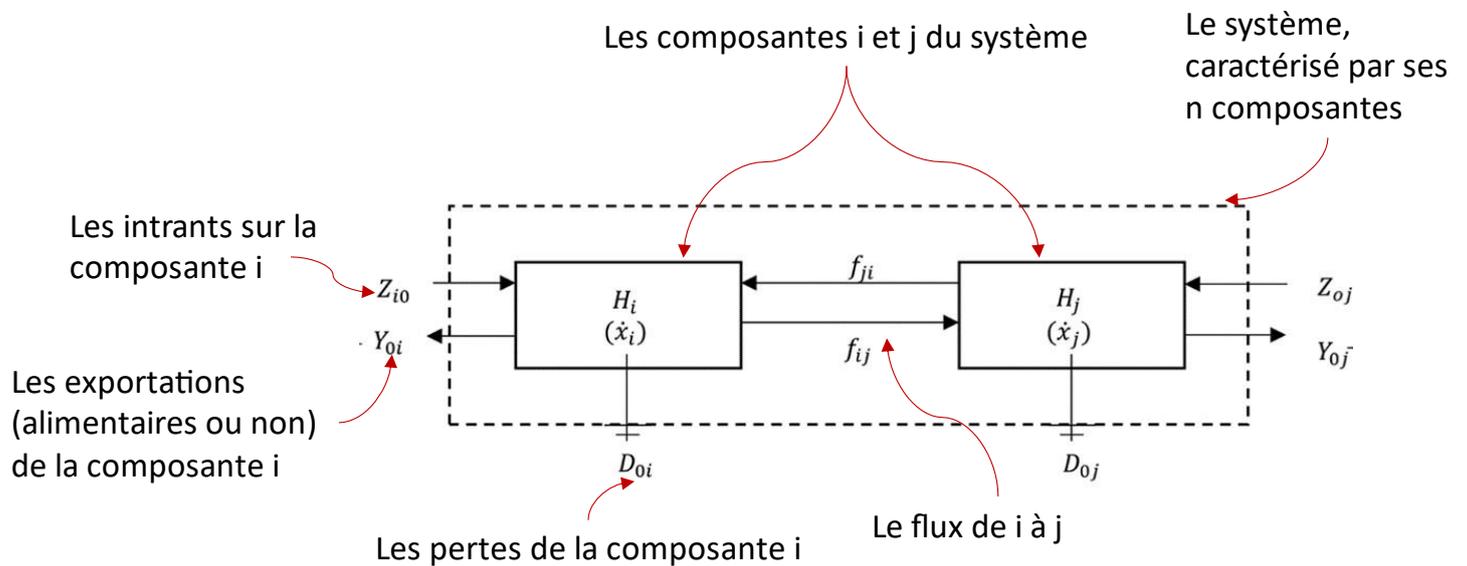


Figure 30 : On reprend ici un modèle conceptuel des flux entre deux composants avec les informations requises pour l'analyse des réseaux écologiques (Puech and Stark, 2023). Un système est caractérisé par un nombre de composantes n . H_i et H_j sont deux composants du système. Les flux f sont les flux d'interactions entre les composantes, tandis que les flux Z sont les flux d'intrants, et les flux Y les flux d'exportations hors du système (les ventes alimentaires et non alimentaires). Les composantes sont caractérisées par le stockage (x) pendant la période étudiée. Les flux D_0 correspondent aux pertes.

Ainsi, on a les notations suivantes :

$$T_i = \sum_{j=1}^n f_{ij} + Z_{i0} - \dot{x}_i$$

$$TT = \sum_{ij} f_{ij}$$

La méthodologie d'obtention des calculs est détaillée dans (Ulanowicz *et al.*, 2009; Stark *et al.*, 2019; Puech and Stark, 2023).

Annexe 4 : Identification des différents contextes pour le GAEC Trévarn et le GAEC La Barge

	GAEC Trévarn	GAEC La Barge
Contexte pédoclimatique	<p>La ferme est localisée dans la rade de Brest, à l'Ouest de la Bretagne. A Daoulas : 12°C de température moyenne sur toute l'année, précipitations annuelles moyennes de 1159 mm. Les sols de l'exploitation sont peu profonds, le socle rocheux est schisteux. Ils ne retiennent pas l'eau, sont peu portants en hiver. Les éleveurs décrivent leurs terres comme « peu favorables aux cultures », ils ont donc arrêté les cultures dès 2007. Les éleveurs disent percevoir une grande variabilité dans le climat, pour eux, les saisons sont décalées et deviennent imprévisibles, avec notamment un vent soufflant de l'Est qui assèche les prairies et qui arrive de plus en plus tôt dans la saison.</p>	<p>L'exploitation est située en zone de marais, avec des marais saumâtres et des marais d'eau douce. Les sols de l'exploitation sont très majoritairement argileux, ce qui rend la terre très lourde et molle en hiver, et les sols sont donc peu portants pour les animaux, et la mécanisation est rendue difficile durant cette saison aussi. En hiver, 30-40% de l'exploitation se retrouve immergée. Climat océanique tempéré chaud : 731 mm de pluie par an en moyenne (à la barre des monts, source climate data.org), et 13,1°C de température en moyenne.</p>
Contexte naturel	<p>La ferme est située dans une zone historiquement bocagère, qui est caractérisée par la présence de haies arborées au-dessus de talus. On le nomme « Bocage à ormes », même si les ormes ont disparu aujourd'hui. Au moins 10km de haies subsistent sur l'exploitation. Nécessité d'entretien des haies : production de bois de chauffe pour les éleveurs et leurs voisins. Entretien de prairies naturelles, sur lesquelles jamais aucun amendement n'est apporté. Le paysage bocager est menacé autour de l'exploitation, les talus sont rasés et les arbres arrachés pour permettre d'agrandir les parcelles. Agriculture intensive pas compatible avec bocages. Dans la commune d'à côté, les haies ont été largement arrachés et les paysages homogénéisés. Jean-François participe aux réunions du syndicat de bassin versant qui ont notamment pour objectif de replanter des haies (<i>insérer photos linéaires de haies de la réunion</i>). Les haies et talus jouent un rôle dans la réduction de l'érosion des sols, ainsi que pour faire brise-vent pour protéger les animaux ou les cultures.</p>	<p>Le marais est un formation paysagère caractérisé par la présence ponctuelle ou permanente d'eau stagnante, et où pousse de la végétation. Il s'agit d'un habitat relativement pauvre et contraignant, les marais sont inondés en hiver rendant la mécanisation délicate, et très secs en été. Les marais ont été entretenus par l'Homme depuis plusieurs centaines d'années pour y permettre une activité économique. Ainsi, les marais ont notamment été drainés, des fossés ont été creusés, afin d'avoir une maîtrise sur les niveaux d'eau dans les parcelles. Aujourd'hui, les niveaux d'eaux sont notamment gérés par des syndicats rassemblant tous les acteurs du marais : chasseurs, agriculteurs, saliculteurs, ...</p> <p>Présence de fossés en bordures de parcelles (km linéaire de fossés comme indicateur). Pas de systèmes de drainages du tout, contrairement aux exploitations autour.</p> <p>Marais : zones propices aux espèces exotiques envahissantes : ragondins, jussie, ...</p> <p>Espèces halophytes Habitats d'oiseaux migrants</p>

		Caractérisé par l'absence de fort relief, et quasi absence de strate arbustive ou arborée.
Contexte agricole	<p>Un système en rupture par rapport au contexte agricole, défini comme l'« ambiance productive du terrain » : Les frères Glinec se positionnent au contraire, en opposition avec ce qui se fait sur les exploitations autour (déboisement, intensification de la production,...). Au première loges des algues vertes. Choix controversé qui a été fait, qui les faisait passer pour des atypiques au début. Choix de renoncer aux conseils, commerciaux, inséminateurs, ils possédaient assez de connaissances pour ne pas avoir besoin de solliciter des personnes extérieures, ce qui leur coûtait très cher.</p> <p>Politiques publiques pour encourager les pratiques, qu'ils faisaient déjà pour la fauche tardive</p>	<p>Le modèle dominant d'agriculture en zone de marais est intensif : utilisation de produits phytosanitaires, enrichissement des parcelles, drainage afin de limiter l'eau en hiver pour permettre la mécanisation, mise en place de cultures, ou d'élevage. Frédéric se place en opposition avec ce modèle : pas de cultures, pas de drainage, pas d'épandage, même de fumier sur ses parcelles. Comme les frères Glinec, l'installation d'un agriculteur aux pratiques radicalement différentes choque et provoque l'indignation des voisins agriculteurs, qui se refusent à tout contact avec et s'opposent par « principe » aux propositions du GAEC LA Barge.</p>
Contexte sociétal (« La nature du voisinage »)	<p>Le contexte sociétal a été pris en main par les éleveurs : création d'un hameau autour d'eux : installation d'une maraîchère, d'un brasseur et d'un fromager. Projet d'installer une boulangerie, pour avoir « vraiment tout à côté ». L'idée était pour eux de permettre à des gens de s'installer, à bas coût, afin de redynamiser le hameau, créer du lien social, faire en sorte que les villes alentour ne soient pas que des villes dortoirs.</p> <p>Commercialisation de bois issu des haies au voisinage.</p> <p>Des trajectoires personnelles atypiques qui modifient à leur tour les trajectoires de la ferme : vie professionnelle antérieure, prise de conscience climatique</p> <p>Licenciement des para-agricoles.</p> <p>Recherche, botanique par rapport au ressources atypiques</p> <p>Volonté de préserver patrimoine : pratiques traditionnelles, pâturage des Landes comme c'était fait.</p>	<p>Tout comme les frères Glinec, les éleveurs du GAEC La Barge contribuent à installer autour d'eux des agriculteurs, et notamment des éleveurs ayant les mêmes objectifs et valeurs qu'eux. Ils ont également participé à la création d'une filière locale de valorisation de la viande de Maraîchine, pour alimenter les restaurants, la restauration collective ainsi que les boucheries et magasins spécialisés. Plus loin que voisins physiques, il a lancé le réseau Paysans de nature : Tentative d'essaimage</p>

<p>Trajectoire personnelle des éleveurs/contexte intellectuel et philosophique</p>	<p>Les éleveurs ont par leur formation professionnelle ou amatrice construit un lien très fort avec la nature. Sensibilisation naturaliste.</p> <p>Frédéric : ornithologue, directeur de la ligue de protection des oiseaux Vendée, installation car pour lui c'était la continuité et l'application de son travail de protection des oiseaux. Son exploitation accueille un des plus grands nombres de couples nicheurs de Barge à queue noire d'Europe.</p> <p>Jean-François : botaniste amateur, il a produit plus de 40 000 données pour le conservatoire national de Brest. Nombreux relevés sur l'exploitation : 50% de la biodiversité floristique de l'exploitation se trouve dans les talus.</p>
--	---

