

La revue francophone sur les prairies et les fourrages

The French Journal on Grasslands and Forages

Les articles publiés dans Fourrages sont répertoriés dans : Agris, Resagri, Herbage Abstracts, Rural Development Abstracts, Web of Science, World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts ainsi que par ISI.

Cet article de la revue *Fourrages*,
est édité par l'Association
Francophone pour les Prairies et les
Fourrages

Pour toute recherche
dans la base de
données, pour vous
abonner ou pour
soumettre un article
dans la revue :

<https://afpf-asso.fr/informations-sur-la-revue-fourrages>

ISSN papier 0429-2766

ISSN numérique 2402-7294

N° Commission paritaire : 1127 G 82356+

Notre association a pour objectif, depuis 1959 de mieux diffuser les résultats de la recherche autour des fourrages et des prairies. Pour soutenir notre action et adhérer, consultez notre site internet.

LE BALE GRAZING ESTIVAL, UNE TECHNIQUE DISRUPTIVE POUR UN AFFOURAGEMENT ÉCONOME

Mise en situation

Avec des étés pénalisants de plus en plus la ressource disponible au pâturage, l'opportunité d'un maintien des bovins en plein air avec le fourrage produit sur place a été étudié durant 3 ans sur la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou.

Résumé

Le changement climatique impacte fortement l'offre d'herbe disponible au pâturage sur l'été et implique un affouragement des animaux avec l'excédent d'herbe récolté au printemps. L'objectif ici est de maintenir une action de pâturage sur l'été en proposant un affouragement rationné de bottes de foin directement au champ. Plusieurs intérêts sont visés : réduction de la mécanisation et aggradation de la fertilité des sols via les déjections animales.

Pour cela, un essai analytique a été mené sur la Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou (Nord-Ouest de la France) durant trois étés (2022 à 2024) sur une prairie naturelle à potentiel modeste. Le foin utilisé provient de la parcelle d'essai. Deux modalités d'affouragement ont été testé (botte de foin déroulé vs botte de foin non-déroulé) comparativement à un témoin où le foin a été exporté mais amendé en compost. Plusieurs mesures agronomiques et zootechniques ont été effectuées : valorisation des fourrages, impacts sur les cycles suivants, croissance des animaux et fertilité des sols.

La pratique du bale-grazing estivale démontre une faisabilité opérationnelle sur des bovins en croissance, moyennant un dimensionnement réfléchi et structuré. En conséquence, les taux de valorisation du fourrage mesurés pendant les 3 étés sont très bons. Sur les pas de temps étudiés et malgré des fourrages modestes, les croissances des bovins sont correctes mais variables. Au niveau agronomique, la pratique du bale-grazing estival n'est préjudiciable ni à la productivité de la prairie, ni aux valeurs nutritives des fourrages produits et ni à la composition floristique. Toutefois, la mesure précise de l'effet de pratiques comme le bale-grazing sur la fertilité des sols est complexe au vu des nombreux effets d'interactions possibles.

Summary

Summer Bale Grazing: A Disruptive Technique for Cost-Efficient Forage Management

Climate change is strongly affecting grazing grass availability during summer and requires supplementing animals with surplus forage harvested in spring. The aim of this study is to maintain grazing activity throughout the summer by providing a rationed supply of hay bales directly in the field. Several benefits are targeted: reduced mechanisation and improvement of soil fertility through animal excretions.

An analytical trial was conducted at the Thorigné d'Anjou Experimental Farm over three summers (2022 to 2024) on a permanent sward with modest yield potential. The hay used was endogenous, originating from the trial sward. Two feeding modalities were tested (rolled-out hay bale vs. non-rolled-out hay bale) and compared with a control in which the hay was removed from the plot. Several agronomic and zootechnical measurements were collected: forage utilisation, impacts on subsequent cycles, animal growth, and soil fertility.

Summer bale grazing has been shown to be operationally feasible for growing cattle, if it is carefully planned and structured. As a result, forage utilisation rates measured over the three summers were very good. Over the periods studied, and despite modest forage values, cattle growth rates were satisfactory but variable. From an agronomic perspective, summer bale grazing does not adversely affect grassland productivity, the nutritive value of the forage produced, or floristic composition. However, accurately measuring the effect of practices such as bale grazing on soil fertility is complex given the many possible interactions.

Auteurs

Fortin J¹, Bruneau P¹, Chartier P¹, Ferrandon T¹, Letellier M¹, Daveau B¹

¹FERME EXPÉRIMENTALE DE THORIGNÉ D'ANJOU – LA GARENNE DE LA CHEMINÉE – 49220 THORIGNÉ D'ANJOU

Auteur correspondant :

Julien.fortin@pl.chambagri.fr

Mots clés

Pâturage, prairie, plein-air, autonomie, régénératif

Key words

Grazing, sward, outdoor, self-sufficient, regenerative

Références de l'article

Fortin J, Bruneau P, Chartier P, Ferrandon T, Letellier M, Daveau B., (2026). Le bale grazing estival, une technique disruptive pour un affouragement économe, *Fourrages* 266, 49-59, <https://doi.org/10.64256/FOU2507>

Article accepté pour publication le 10 mai 2026.

1. Introduction

Le changement climatique modifie fortement **l'offre d'herbe disponible au pâturage sur l'été** et implique un affouragement des animaux avec l'excédent d'herbe récolté au printemps. Pour affourager les animaux en été, deux techniques sont répandues : i) affourager les animaux sur une parcelle « parking » ii) rentrer les animaux en bâtiment pour les affourager à l'auge. Ces deux techniques engendrent des coûts supplémentaires liés, a minima, à la **distribution du fourrage tributaire de la mécanisation**. L'affouragement au râtelier a pour conséquence une moindre répartition spatiale des déjections au sein de la parcelle ce qui induit un transfert de nutriments inégaux avec des zones où les déjections s'accumulent (points d'eau, zone d'affouragement, sous les arbres) et d'autres où elles sont moins présentes (Bloor *et al.*, 2012).

Aussi, l'agrandissement des exploitations agricoles conduit à délaisser des parcelles plus éloignées, souvent devenues prairies permanentes et valorisées par la fauche. Le retour au sol d'amendement organique y est également moins fréquent du fait de l'éloignement du siège d'exploitation. Ces pratiques amènent une diminution de la productivité et de la contribution des légumineuses sur ces parcelles. Le projet PRAIRENOV 2021-2025 démontre bien **l'importance des apports organiques** pour compenser l'export du fourrage sur des prairies permanentes dégradées (*non-publié*).

Le pâturage étant une forme d'affouragement économe, **l'enjeu est de parvenir à faire consommer ces reports d'herbe sous forme de foin par des animaux directement sur ces surfaces en période critique**, ainsi l'expression d'André Pochon prend tout son sens : « le bovin, barre de coupe à l'avant, épandeur à l'arrière ». Une pratique disruptive originaire d'outre Atlantique, **le bale-grazing, consiste à affourager les animaux directement au champ** grâce à une gestion du pâturage adaptée permettant de réduire l'utilisation du tracteur pour la distribution du fourrage. Plusieurs intérêts sont ainsi visés : réduction de la mécanisation et aggradation de la fertilité des sols via les déjections animales.

La technique du bale-grazing est testée sur une parcelle présentant des déficits de productivité notables qui s'expliquent par un manque de fertilité (faible réserve en éléments minéraux). Le dispositif choisi et les mesures visent à vérifier plusieurs hypothèses, en comparaison d'un témoin :

- Le bale-grazing avec une offre de foin en cohérence avec les besoins des animaux n'engendre pas un gaspillage majeur de la ressource fourragère distribuée
- La modalité de distribution du foin en bale grazing (botte fixe ou botte déroulée) joue sur le taux de valorisation de ce dernier
- Le bale-grazing, quelle que soit la modalité, permet d'obtenir des performances zootechniques en adéquation avec les besoins des catégories animales concernées

- Le bale-grazing, quelle que soit la modalité, permet d'améliorer la productivité de la prairie
- Le bale-grazing, quelle que soit la modalité, permet d'améliorer la composition botanique de la prairie et les valeurs nutritives du fourrage produit
- Le bale-grazing, quelle que soit la modalité, permet d'améliorer la fertilité du sol

2. Matériels et méthodes

Cet essai s'est déroulé sur la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou, située dans le Maine et Loire (49), qui conduit un système naisseur engraisseur de bovin allaitant en agriculture biologique depuis 26 ans et complètement autonome quant aux ressources utilisées pour nourrir les animaux. L'essai a traité des modalités d'affouragement des bovins en période estivale qui se caractérise par une non-production d'herbe et par conséquent un affouragement nécessaire.

Cet essai est conduit sur une prairie naturelle caractérisée par des sols limono-sableux superficiels sensibles à l'alternance hydrique. Un état initial de la flore et du sol est réalisé en début de projet. Le dispositif vise notamment à **mesurer l'impact du bale-grazing sur la productivité annuelle de la prairie (qualité et quantité)**. De cette manière, l'ensemble des cycles de production sont quantifiés : récolte en foin en fin de printemps, pâturage en complément du bale-grazing sur la phase estival et pâturage sur le cycle d'automne.

Le dispositif analytique suivi durant 4 ans comprend **deux modalités de bale-grazing et un témoin** (Figure 1). Une parcelle homogène est ainsi divisée en trois sous parcelles de 1 hectare. La première modalité consiste à dérouler des bottes de foin de manière rationnée sur la parcelle (une botte pour 2 jours) : les animaux ne sont pas en concurrence quant à l'accès à la ressource et nous pouvons faire l'hypothèse d'une meilleure répartition spatiale des déjections. La seconde modalité, plus simple, consiste à laisser une botte en poste fixe à disposition des animaux pour 2 jours. Dans le cas des deux modalités en bale-grazing, chaque sous parcelle est divisée en paddock de tailles équivalentes. Le nombre de paddock de chaque sous parcelle correspond au nombre de bottes de foin récoltées (pesées) sur chaque sous parcelle. L'idée est de rester en système fermé à l'échelle de chaque sous parcelle, et de quantifier l'effet cumulatif de la technique durant 4 ans (3 étés de bale-grazing + année suivante). Le foin récolté dans la parcelle témoin est exporté et valorisé par des animaux en bâtiment.

Deux lots de bovins homogènes (répartis en dispositif couple) progressent simultanément sur les deux modalités de bale-grazing. La mise en lot est faite en fonction du poids, du sexe et de la race de manière à obtenir de 15 à 18 bovins par modalité selon l'année. Les animaux concernés sont des bœufs de race Limousine, bœufs et génisses issus d'un croisement Angus x Limousine. **Il s'agit d'animaux en croissance de 1 à 2 ans**, à besoins alimentaires modérés sur la période estivale et donc potentiellement adaptés à un affouragement au pâturage.

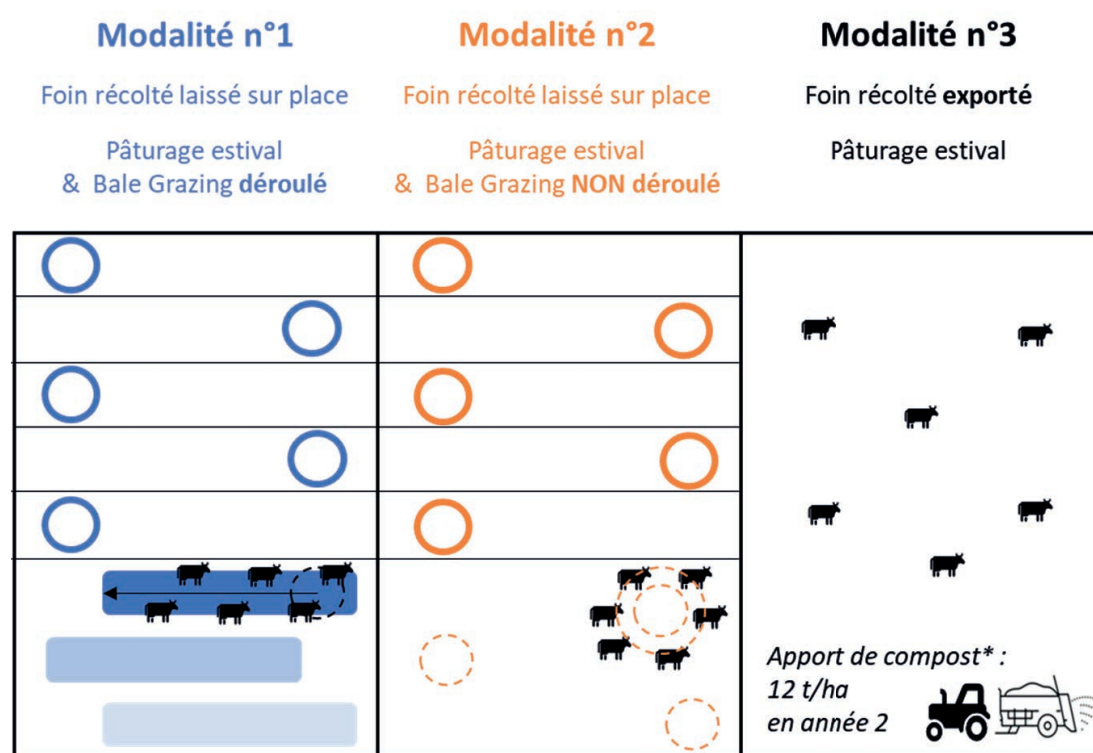


Figure 1 : Schéma du dispositif analytique

Figure 1: Experimental setup diagram

Ces derniers sont pesés en début, milieu et fin d'essai à horaire fixe en veillant à ce que les bovins soient « panse pleine ». L'essai débute après une période d'éducation au bale-grazing sur une autre parcelle, faisant office de période de transition alimentaire.

L'avancée des animaux sur les deux modalités s'effectue donc sur le même rythme avec une offre fourragère identique sur chaque dispositif. Le nombre de bovin dans chaque modalité a été établi selon la règle suivante : **une botte de foin doit satisfaire 90% de l'ingestion théorique du lot sur 2 jours.**

L'idée étant de se mettre dans une situation qui permet théoriquement de faire ingérer la totalité du foin présenté aux animaux. Un fil arrière est utilisé dans les modalités bale-grazing, il permet de limiter la dégradation des paddocks précédents par les animaux et est déplacé après 8 jours, ce qui est un compromis organisationnel (accès à l'eau).

Pour caractériser l'offre d'herbe disponible à l'échelle de la sous-parcelle, des mesures de hauteurs d'herbe à l'herbomètre sont effectuées avec des mesures de densité et prélèvements d'échantillons hebdomadaires pour analyse des valeurs nutritives (2 quadrats 0,36 m²/ paddock). A chaque changement de paddock, des mesures à l'herbomètre (entrée et sortie) sont effectuées ainsi que plusieurs notations visuelles par le même opérateur visant à qualifier le pâturage précédent : présence ou absence de refus, nature des refus, proportion des refus par rapport à la biomasse offerte, présence de zones surpâturées. Après plusieurs méthodes testées (pesée et séchage des refus), l'estimation visuelle du taux de valorisation du foin mis à disposition est préférée en

raison de sa fiabilité et de sa faisabilité. L'estimation visuelle avec une échelle de 2,5% est réalisée au moment du changement de paddock de manière à comparer la biomasse offerte du nouveau paddock à la biomasse résiduelle de l'ancien, le poids des bottes étant relativement stable d'une botte à l'autre. Le témoin est conduit selon les mêmes cycles de récolte à la différence du cycle estival, effectué en fin d'été après le pâturage des deux modalités précédentes. Une caractérisation de la biomasse (rendement, composition botanique par tris et poids en MS des familles et valeurs nutritives) a également été réalisée sur chaque modalité pour les cycles de printemps (récolte en foin) et d'automne. Un apport de 12t de compost est effectué à l'automne de la 2^{de} année sur la parcelle témoin.

La caractérisation de la fertilité des sols a été effectuée à l'état initial (2022) et à l'état final (2025) grâce à des prélèvements de terre fine réalisés sur l'horizon 0-25cm en début d'hiver sur les modalités Témoin et Bale-grazing estival (15 prélèvements / modalités). Des analyses fines en laboratoire ont permis d'évaluer le statut acido-basique (pH eau, taux de saturation), chimique (capacité d'échange cationique, teneurs en éléments minéraux) et l'état organo-biologique (fractionnement de la matière organique et biomasse microbienne (BM)).

3. Résultats et discussion

3.1 Contexte de l'essai

Les deux modalités sont pâturées selon un chargement instantané équivalent entre modalité et variant de 99 à 184 UGB / ha selon l'année (Tableau 1). La biomasse offerte sous forme d'herbe sur pied (repousses après le cycle de foin) est variable d'une année à l'autre selon le niveau de pluviométrie estivale.

3.2 Des taux de valorisation des fourrages en bale-grazing très satisfaisants

Le foin mis à disposition pour chaque lot de bovin est très bien valorisé avec respectivement 90±5% en déroulé et 85±6 % en fixe. Cet écart apparaît comme significatif à l'avantage de la modalité déroulé ($p<0,001$). Nous avons mis en évidence un effet année (2022=91,2%^a ; 2023=86,1%^b ; 2024=87,3%^b) qui s'explique par un taux de valorisation du fourrage distribué supérieur en situation d'offre d'herbe à pâturer réduite. Ainsi, en 2022 (année de sécheresse), l'herbe à pâturer disponible au moment du bale-grazing est de 0,61 tMS/ha alors qu'elle est de 2,04 tMS en 2023 et de 2,44 tMS en 2024.

Le risque de gaspillage semble moins important dans le cas d'un foin déroulé avec une hypothèse de meilleure accessibilité de la ressource à un plus grand nombre de bovins en instantané. Les conditions climatiques particulières des étés 2023 (34 mm) et 2024 (41 mm) ont permis d'observer le lien entre le niveau de pluviométrie et taux de valorisation du foin (Figure 2).

Une légère tendance est observée à la **baisse des taux de valorisation avec des journées pluvieuses**. L'écart de valorisation de 5 % est conservé entre les deux modalités. Il semblerait que cette chute soit un peu plus rapide pour la modalité fixe.

La quantité quotidienne de foin ingéré par animal, déterminée à partir du taux de valorisation et de l'offre de foin pour 48h, est significativement différente entre les deux modalités : 6,0 kg dans le cas de la modalité déroulée et 5,3 kg dans le cas de la modalité fixe. On peut supposer que, dans le cas de la distribution d'une ressource limitée (ici, le foin), un meilleur accès instantané pour l'ensemble des animaux permet une meilleure ingestion en limitant le gaspillage (moins de concurrence à « la botte »).

Tableau 1 : Paramètres des 3 ans d'essai

Table 1: Parameters of 3 years trial

	2022	2023	2024
Début	21-Jul	8 aout	6 aout
Fin	10 aout	9-Sep	3-Sep
Pluvio période	11 mm	34 mm	40 mm
Nb paddock / bottes / ha	11	17	15
Surface paddock	909 m ²	588 m ²	667 m ²
Nb bovins	15	18	18
UGB	9	10,8	10,8
UGB / ha inst.	99	184	162

Avec un niveau moyen de 1,6 tMS/ha (10,4 cm herbomètre et une densité de 200 kgMS/cm/ha), nous n'observons **pas de différence entre la quantité d'herbe mise à disposition des bovins** selon la modalité. Cette herbe est très bien valorisée dans les deux cas (entre 98% et 100%) par les animaux avec une hauteur de sortie de 3,6 et 3,7 cm herbomètre. Au regard de la biomasse en entrée et de la hauteur en sortie de pâturage, chaque bovin a ingéré quotidiennement, en moyenne, entre 2,9 et 3 kg de MS sous forme d'herbe pâturée, sans effet de la technique de bale-grazing.

3.3 Croissance des bovins en bale-grazing : un effet âge et année mais pas d'effet de la technique

L'analyse globale des performances zootechniques ne montre pas de différences significatives de croissance entre les 2 modalités : 461 g/j pour la modalité déroulé et 443 g/j pour la modalité fixe. Toutefois, des écarts importants sont observés. Tout d'abord, les facteurs « Race » (Limousine vs croisés Angus X Limousine) et « Sexe » ne sont pas significatifs.

Ensuite, pour analyser finement le facteur « Age », les animaux ont été classés en trois classes en fonction de leur âge : 10 mois (n=24), 16 mois (n=53) et 22mois (n=25). Des croissances significativement supérieures ont été mesurées sur les catégories les plus âgées par rapport aux animaux de 10 mois ($p<0,001$) (Figure 3). Ces différences peuvent s'expliquer par : i) Un gabarit plus faible pénalisant ces animaux sur des aspects de concurrence d'accès à la ressource ii) Une capacité d'ingestion plus faible moins adaptée à la valorisation d'un fourrage grossier comme le foin. Ces faibles croissances sont cohérentes avec celles historiquement obtenues sur la ferme pour cette catégorie animale.

Enfin, l'effet « Année » est significatif ($p<0,001$) et affiche : 744g/j^a en 2022 – 80g/j^b en 2023 – 580g/j^a en 2024. Les contres performances de 2023 s'expliquent principalement par un niveau de parasitisme élevé lié à mauvaise détection précoce (*été exceptionnellement humide*) avant l'essai. Les valeurs nutritives moyennes des fourrages (foins et herbe pâturée d'été) sont très modestes en énergie et en protéine (Tableau 2). Ils conduisent à une densité énergétique de la ration ingérée faible ($\approx 0,60$ UFL/kgMSI) et un déficit relativement important en azote.

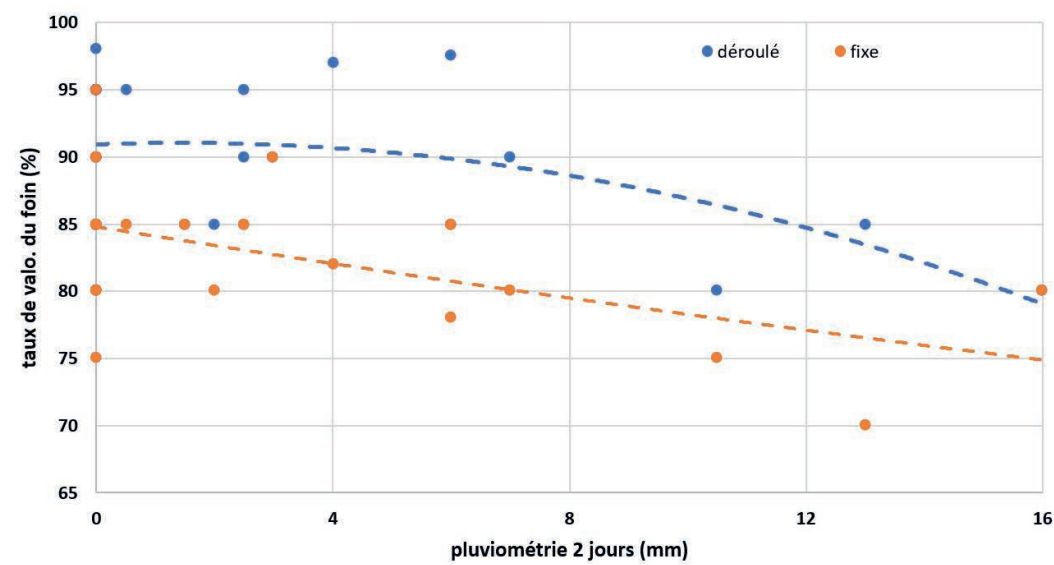


Figure 2 : Valorisation du foin en fonction des précipitations

Figure 2: Hay valorisation based on rainfall

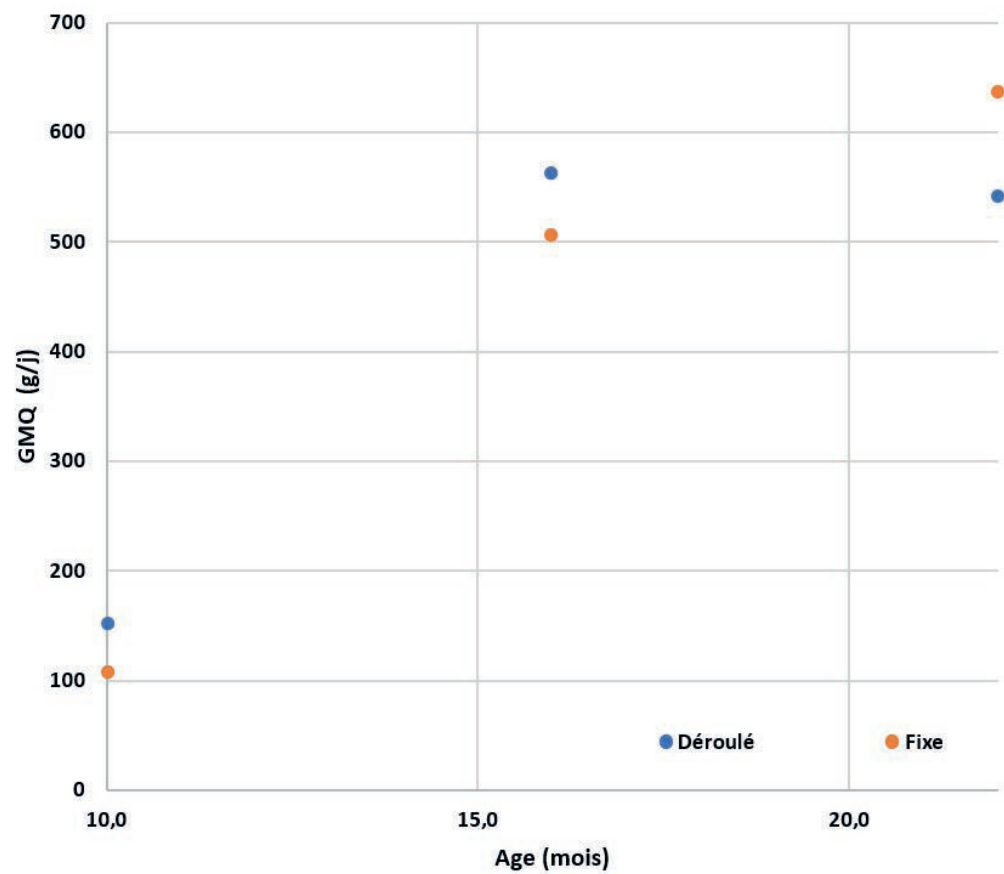


Figure 3 : Croissance selon la classe d'âge

Figure 3: Cattle growth according to their age group

Tableau 2 : Apports et couv. des besoins alimentaires

Table 2: Feed supply and coverage of feed needs

	Déroulé		Fixe	
	Foin	Herbe	Foin	Herbe
UFL	0,66	0,8	0,65	0,79
PDIN	38	62	37	59
PDIE	66	79	65	78
UEB	1,26	1	1,27	1
Ingestion (kg MS)	6	2,9	5,3	3
DEF ration	0,61		0,6	
Rmic ration	-35		-36	
GMQ	461		441	
CI (%)	140		135	
Couv besoins énergie (UFL) %	122		117	
Couv besoin Protéine (PDIN) %	88		83	

Par rapport aux besoins théoriques des animaux (INRA 2010), nous observons **des niveaux d'ingestion estimés supérieurs à ceux permis par le modèle théorique**. Ces niveaux d'ingestion supérieurs peuvent s'expliquer par des adaptations comportementales liées à une conduite en groupe, des fourrages de faibles valeurs et offerts à heures fixes. Cette ingestion permet de compenser la faible densité énergétique de la ration et ainsi de couvrir à + 20% des besoins énergétiques. La couverture en protéine s'avère tout de même déficitaire (– 12 à – 17 %).

3.4 Impact sur la biomasse et la composition botanique

À l'issue du **1er été de bale-grazing (2022), nous observons un gain annuel de productivité pour les 2 modalités avec bale-grazing** (Figure 4A). Ce gain de productivité significatif sur les 2 premiers cycles de 2023 est plus important sur la modalité déroulée (120% du témoin) que sur la modalité fixe (110% du témoin).

À l'issue de la deuxième année (Figure 4B), **les niveaux de productivité sont équivalents entre les trois modalités**. L'apport de compost réalisé à l'automne 2023 peut expliquer une partie du gain de productivité sur le témoin qui rattrape, en cumulé, les niveaux de productivité des deux modalités en bale-grazing. Les productivités cumulées exprimées par familles botaniques convergent et l'avance de la modalité déroulée tends à diminuer. À l'issue de la quatrième année (Figure 4C), **les niveaux de productivité cumulées et de composition botaniques sont identiques**. Compte tenu de l'hétérogénéité de sol (partie 5), l'impact fourrager des différentes modalités est à relativiser.

Il semble que le pâturage ras (3,6 cm) couplé à du bale grazing estival n'ait pas eu d'incidences sur la productivité et la composition de la prairie. À l'inverse, nous n'observons pas d'améliorations significatives de la productivité ou de la composition botanique grâce au bale-grazing estival par rapport à une exploitation en foin avec un faible apport de matière organique.

3.5 Impact sur la valeur nutritive des fourrages

3.5.1 La valeur azotée des fourrages

Le point initial de la figure 5 correspond aux foins récoltés en 2022. Ils sont de faibles valeurs nutritives (47g de MAT/kgMS) et caractéristiques des foins récoltés sur des petites terres. À l'issue de la 1ère année de bale-grazing, nous avons observé un impact positif sur la valeur azotée des foins récoltés dans le cas des modalités bale grazing par rapport au foin récolté dans le témoin. Ce gain est plus important dans la modalité déroulée. Cela peut s'expliquer par un effet direct des bouses et des pissats présents dans les modalités bale-grazing qui permettent des restitutions azotées. À l'automne 2023, un apport de compost est réalisé sur le témoin (12,4t/ha). Les foins récoltés en 2024 sont alors très proches en valeur azotée quel que soit la modalité (Figure 5). Toutefois, ces résultats constituent simplement des observations puisqu'une seule analyse de valeurs nutritives a été effectué par cycle et par modalité, ce qui rend ces résultats sensibles aux incertitudes de prélèvements, de sol et d'analyse.

En intégrant la valeur azotée moyenne de l'ensemble des cycles de production (foin + herbe pâturée d'été + herbe pâturée d'automne) exprimée au prorata de la biomasse produite à chaque cycle, nous observons une tendance proche à celle des foins (Figure 6). Par rapport au témoin, les modalités en bale-grazing se détachent en première année (2023) avant de retrouver un niveau comparable les années suivantes. **Malgré l'effet année important, les observations montrent une tendance favorable au bale-grazing sur la valeur azotée des fourrages produits 2 années sur 3.**

3.5.2 La valeur énergétique des fourrages

En première année de récolte, les observations sur la valeur énergétique initiale des foins est faible (0,56 UFL/kgMS) et conforme aux foins récoltés dans ce milieu.

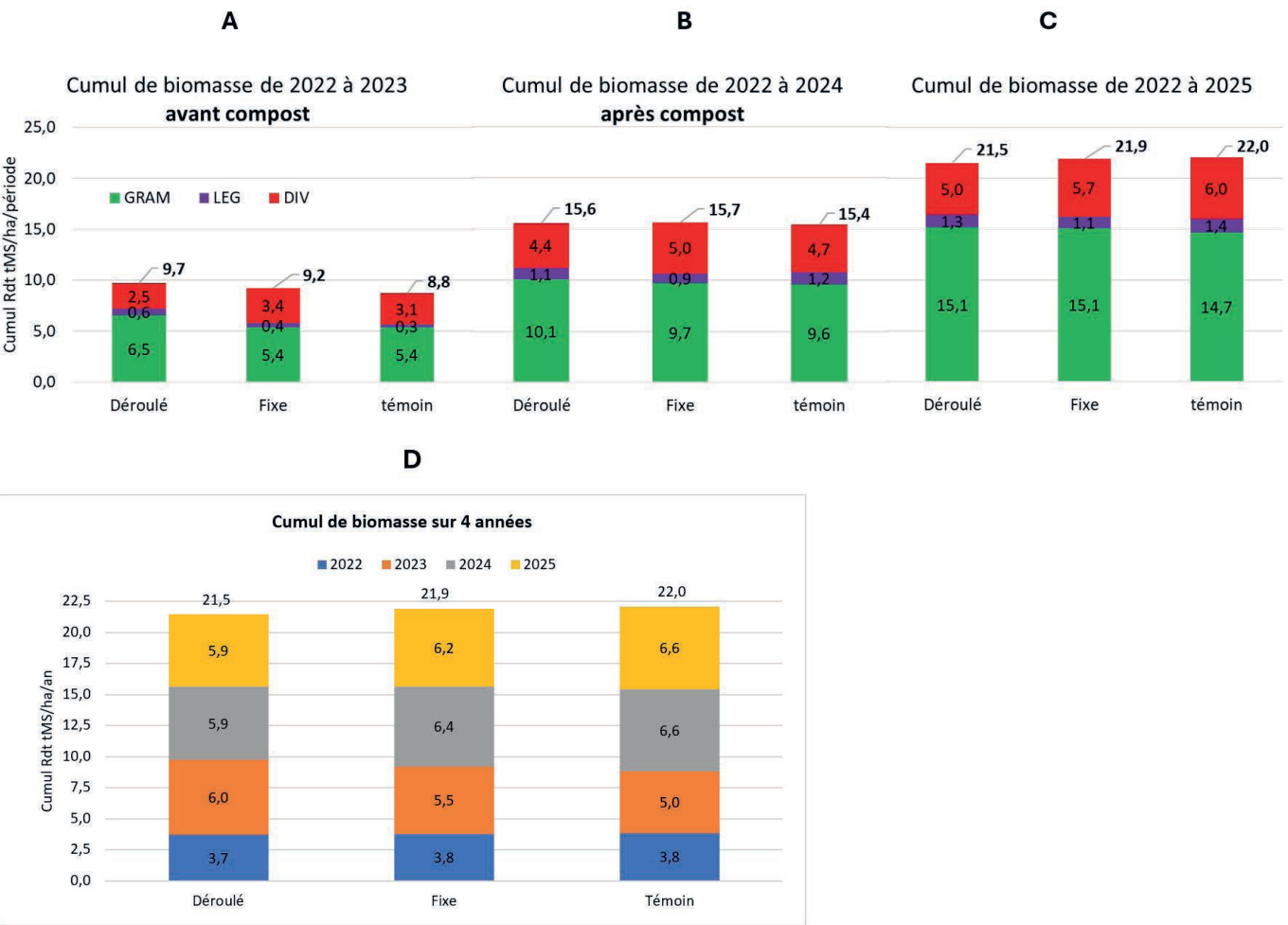


Figure 4 : Productivités cumulées des modalités par familles botaniques sur les 3 périodes de l'essai et par années

Figure 4: Cumulative productivity by botanical during three steps of the trail and by years

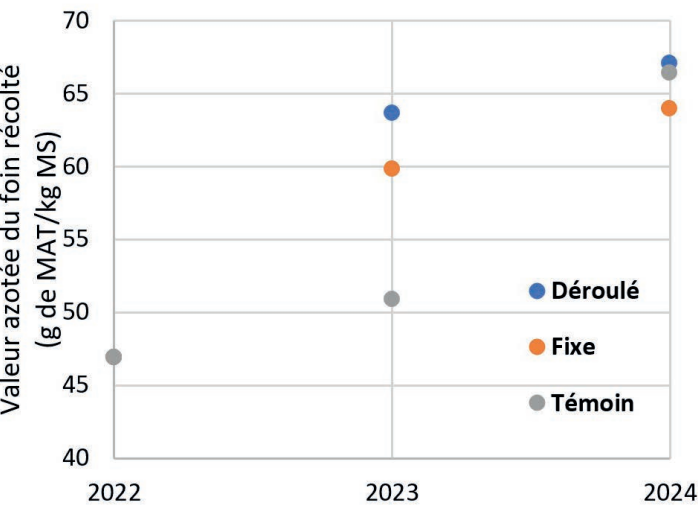


Figure 5 : Valeur azotée des foins en fct de l'année

Figure 5: Crude protein (CP) rate according to the year

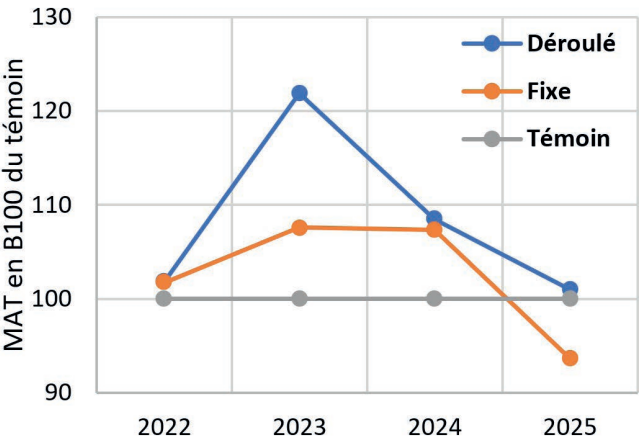


Figure 6 : MAT moyenne du fourrage produit en base 100 du témoin

Figure 6: Average CP of harvested fodder expressed as a percentage of the reference

En 2023, nous observons une augmentation de la valeur moyenne des foins (0,62 UFL) avec très peu de différence entre les trois modalités.

En 2024, la valeur moyenne des foins tend à augmenter elle aussi (0,70 UFL) mais cette augmentation est plus importante dans les modalités bale-grazing que dans le témoin : 0,72 UFL vs 0,66 UFL (Figure 7).

En intégrant la valeur énergétique moyenne de l'ensemble des cycles de production (foin + herbe pâturée d'été + herbe pâturée d'automne) exprimée au prorata de la biomasse produite à chaque cycle nous observons peu d'écart **entre les trois modalités quel que soit l'année.**

Enfin, par rapport au témoin la modalité bale grazing déroulé produit 4% de plus de MAT/ha et 3% de moins d'UFL/ha. La modalité bale grazing fixe produit quant à elle autant de MAT/ha et 2% de moins d'UFL/ha que le témoin.

Les données recueillies sur 4 ans de bale-grazing ne montrent pas d'amélioration sur la productivité par hectare en UFL et MAT comparé à un témoin amendé en compost.

3.6 Impact sur la fertilité des sols

3.6.1 Evolution de la fertilité des sols

Au regard des résultats obtenus, il est difficile de conclure rigoureusement sur l'impact des modalités de bale-grazing sur la fertilité des sols après quatre années de suivi (3 ans de bale-grazing + année suivante). Les écarts observés entre les valeurs initiales et finales sont en effet trop importants pour être attribués aux seules pratiques étudiées, suggérant la présence de biais méthodologiques et/ou pédologiques (Cf Figure 8).

Plusieurs facteurs ont pu influencer les mesures réalisées sur l'horizon de surface (0-25 cm). En premier lieu : le prélèvement à la tarière en prairie, qui peut notamment intégrer **des résidus végétaux récents, susceptibles de majorer artificiellement certains teneurs** (matière organique). Nous pouvons aussi faire

l'hypothèse qu'un niveau plus important de restitutions organiques dans le cas du bale-grazing (déjections et refus) accroît le phénomène **d'accumulation de matière organique en surface**. Par ailleurs, de légères variations de la **profondeur effective de prélèvement** peuvent entraîner une dilution variable des échantillons, influençant l'expression des paramètres analysés.

Les principaux paramètres de fertilité chimique des sols présentent, en année 4, des valeurs globalement satisfaisantes au vu de leur potentiel limité. **Il ne semble pas y avoir de différence entre modalités, à l'exception d'un taux d'argile plus élevé en zones bale-grazing**, lequel est positivement corrélé à la majorité des indicateurs étudiés (CEC, P, K, Mg, MO, BM). Cette relation suggère un effet de **l'hétérogénéité de sol initiale de la parcelle**. L'interprétation des résultats est également limitée par **l'absence de données de granulométrie (texture du sol) et d'organo-biologie (qualité de la MO) à l'état initial**, limitant leur analyse.

Néanmoins, la pratique du bale-grazing (cycle fermé avec foin endogène) a conduit à des niveaux de fertilité comparables à ceux observés dans la modalité témoin, caractérisée par un apport de compost en année 2 (Tableau 3). Ces résultats semblent indiquer que sur la période étudiée, **le bale-grazing permet de maintenir des niveaux de fertilité du sol équivalents à une restitution organique exogène**. Afin de mieux quantifier les flux de fertilité en question, il semble pertinent d'effectuer les bilans minéraux et humiques à l'échelle des modalités.

3.6.2 Approche des flux organiques et minéraux

Il est possible d'approcher les flux organiques et minéraux associés aux 3 modalités étudiées en faisant le choix méthodologique d'intégrer uniquement les paramètres qui varient entre modalités. Ainsi, **cette approche n'intègre pas les flux liés aux autres cycles que la production de foin puisqu'aucun impact significatif n'a été mis en évidence sur la productivité entre les modalités**

Témoin : La totalité du foin produit sur la parcelle est exportée sur la période suivie, soit 9,43tMS sur 3 ans. Un apport unique de 12,4 t de compost est réalisé en fin d'année 2. La quantité de compost apportée est cohérente avec le niveau d'exportation de foin, dans une logique de restitution indirecte via les effluents d'élevage. En effet, l'export de 9,43 tMS de foin sur 3 ans correspond à l'alimentation d'environ 9 UGB pendant 76 jours en bâtiment, générant la production d'environ 25,5 t de fumier bovin en litière accumulée (37kg/j/UGB). Après compostage, processus au cours duquel le fumier perd une partie de sa masse et de sa MO par minéralisation et séchage, cette quantité correspond à environ 12,7 t de compost, valeur cohérente avec la quantité effectivement épandue (12,4 t).

Le compost épandu a été analysé et présente les caractéristiques détaillées dans le tableau 4.

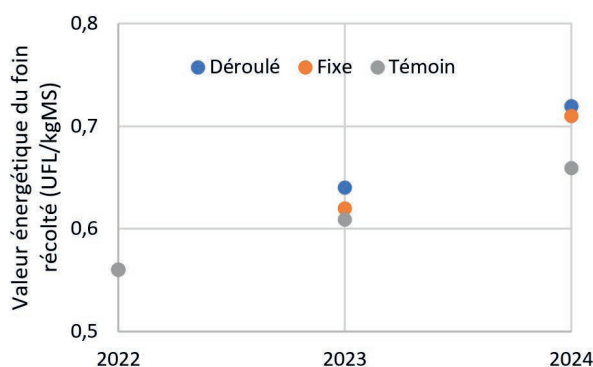


Figure 7 : Valeur énergétique des foins selon les années

Figure 7: Energy value of hay according to the year

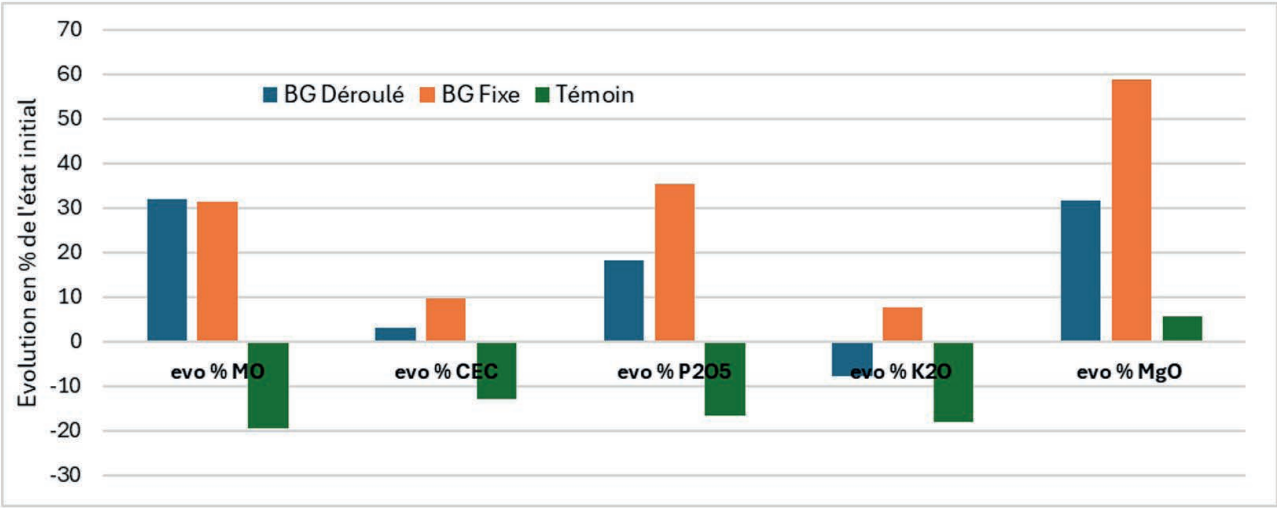


Figure 8 : Evolution des principaux paramètres de fertilité des sols sur 4 ans (b100 2022)

Figure 8: Changes in key soil fertility parameters over 4 years

Tableau 3 : Paramètres de fertilité des sols à l'état final entre le témoin et les modalités bale-grazing

Table 3: Final fertility parameters between the control and bale grazing treatment

	% Argiles	pH eau	CEC	P2O5 Olsen	K2O ech	MgO ech	MO tot (% sol)	MO / Argiles	% MO liée	% MO libre	BM
			(Cmol+/kgsec)								(mg/kgsec)
Bale-grazing	17,7	6,6	10,16	0,013	0,07	0,27	4,75	26,8	79	21	780
Témoin	14	6,5	8,02	0,01	0,05	0,15	3,73	26,6	77	23	609

Tableau 4 : Valeur agronomique du compost de bovin épandu en année 2

Table 4: Agronomic value of cattle manure compost spread in year 2

	% MS	MO	C/N	N	P	K	Ca	Mg
		kg		kg	kg	kg	kg	kg
/ t brut	30,2	192	9,6	10	1,8	10,7	5,9	1,3
Apport 12,4 t	/	2381		124	23	133	73	16

Bale-grazing : le foin est consommé directement par les animaux sur la parcelle. Le niveau d'exportation par les bovins dépend du taux de valorisation du fourrage, estimé en moyenne à **90% pour le bale-grazing déroulé et 85% pour le bale-grazing fixe**. Ainsi, **10% à 15% du foin produit retourne directement au sol sous forme de refus, selon le mode d'affouragement**. Il convient également de tenir compte des restitutions au pâturage, sachant que 25 à 40% de la matière organique contenue dans le fourrage ingéré par l'animal est restituée au sol via les fèces, en fonction de la digestibilité du fourrage (Senapati *et al.*, 2014). Dans le cas présent, le foin produit présente une teneur en matière organique de 94,5% pour une digestibilité moyenne de 57%, correspondant à **43% de matière non-digérée, soit autant de matière organique restituée**.

Sur les 3 ans, les flux organiques associés aux modalités bale-grazing entraînent **une restitution comprise entre 54 et 61% de la MO ingérée par les bovins** soit un bilan déficitaire de 2,9 t à 3,6t de MO/ha. L'export de foin systématique avec un

apport de compost 1 an sur 3 **compense moins d'un tiers du niveau d'exportation**, malgré la présence de litière exogène (paille) dans le compost (Figure 9).

Pour l'estimation des quantités de minéraux exportés dans la biomasse produite ou ingérée, nous avons utilisés les teneurs issues des analyses chimiques de fourrages pour l'azote (MAT / 6,25), le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium. Le coefficient de restitution au pâturage par les bouses et les pissats est plus complexe à utiliser (faute de références récentes), il varie notamment selon le niveau de croissance, le niveau d'ingestion des animaux et leur temps passé sur la parcelle. Le phosphore est surtout excrété dans les fèces tandis que la potasse l'est par l'urine. D'après les travaux de Lançon (1978), nous pouvons retenir les valeurs suivantes : **79% pour l'azote, 66% pour le phosphore, 92% pour la potasse, 78% pour le calcium, 80% pour le magnésium**.

Plus concrètement, chaque année, le bale-grazing estival

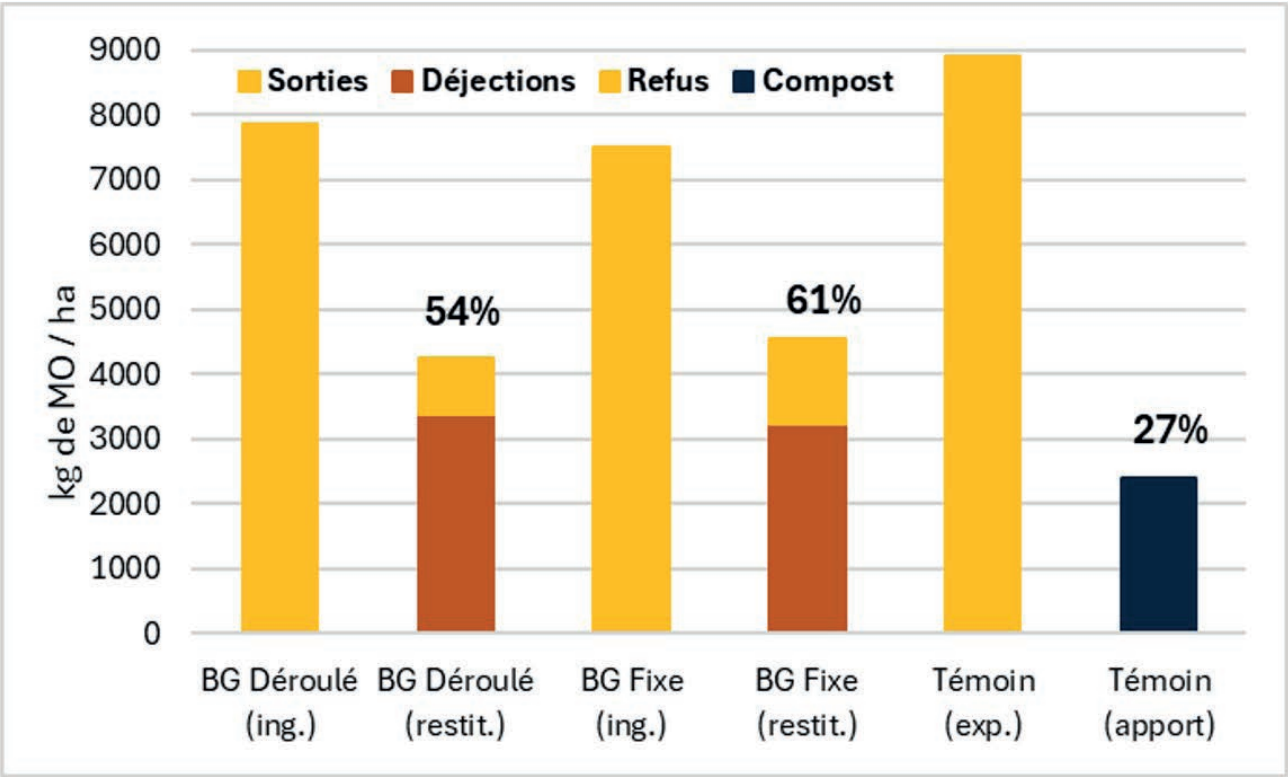


Figure 9 : Flux de matière organique liés à la gestion du foin sur 3 ans

Figure 9: Organic matter flows related to hay management over 3 years

engendrerait la restitution de l'ordre de 24 unités d'azote ; 2 unités de phosphore et 34 unités de potasse par hectare.

4 Conclusion et perspectives

La pratique du bale-grazing estival démontre une faisabilité opérationnelle sur des bovins en croissance, moyennant un dimensionnement réfléchi et structuré : offre de fourrage légèrement inférieure à l'ingestion du lot de bovin sur 48h ; aménagements des parcelles permettant un découpage en paddocks ; lots de bovins homogènes.

En conséquence, les taux de valorisation du fourrage mesurés pendant les 3 étés sont très bons (90% en déroulé et 85% en fixe). Sur les pas de temps étudiés, et malgré des fourrages modestes, les croissances des bovins sont satisfaisantes mais variables. Au niveau agronomique, la pratique du bale-grazing estival semble être aussi favorable qu'un apport de compost tous les 3 ans sur prairie sur plusieurs critères : productivité de la prairie, valeurs nutritives des fourrages produits, composition floristique et fertilité du sol. Toutefois, la mesure précise de l'effet de pratiques comme le bale-grazing sur la fertilité des sols est complexe au vu des nombreux effets d'interactions possibles.

Sur le plan économique, la technique du bale-grazing estival constitue une alternative à l'affouragement au champ avec un râtelier, une pratique courante en élevage allaitant. L'économie porte principalement sur la réduction de l'usage du tracteur pour assurer la distribution du foin, soit une économie d'environ 65 litres

de carburant pour 15 animaux sur 45 jours (30 min tous les 2 jours).

Au niveau social, l'impact sur le temps de travail est plus complexe à quantifier vu qu'il peut varier fortement suivant l'organisation de l'exploitation (éloignement des parcelles et accessibilité, aménagements au pâturage, etc.). Concrètement, une fois au champ, l'affouragement mobilise l'éleveur durant 15 min. La pratique implique aussi une évolution des tâches liées au fait d'affourager des animaux : le rôle et la place de l'éleveur change, tout comme le lien aux animaux (l'éleveur affourage lui-même, sans bruit et directement les animaux).

D'un point de vue agronomique, **le recours au bale-grazing estival semble pouvoir substituer l'épandage ponctuel d'effluents organiques** par un pâturage maintenu sur des surfaces éloignées, au bénéfice d'autres surfaces jugées plus prioritaires. Le découpage en paddocks et la maîtrise des animaux sur la parcelle permettrait une répartition homogène des déjections et une réduction du piétinement et surpâturage sur des zones très localisées, autant d'arguments favorables ayant un impact plus long terme mais difficiles à quantifier.

Plus globalement, l'intérêt d'une telle pratique à l'échelle d'un système, par le maintien d'animaux en plein-air, est l'opportunité de contenir de possibles investissements dans des infrastructures ou des équipements onéreux, ce qui va dans le sens de systèmes d'élevage autonomes et économes.

Ces premiers résultats intégrant le bale-grazing dans le contexte français ouvrent de nouvelles perspectives de recherche. Ainsi, le projet BaleOpré (CASDAR) débuté en 2024 vise à tester de nouvelles modalités avec notamment : la substitution du foin par l'enrubannage pour augmenter la valeur du fourrage et disposer d'un stock d'herbe sur pied plus important en été ; le bale-grazing hivernal en conservant les modalités « fixe » et « déroulé » ; de nouvelles catégories animales (vaches gestantes allaitantes et laitières, bovins laitiers) ; des contextes pédoclimatiques contrastés.

Remerciement

Ce projet, PATUREXTEND, a bénéficié du soutien financier du Conseil régional des Pays de la Loire.

Références bibliographiques

- Bloor J., Jay-Robert P., Le Morvan A., Fleurance G. (2012) : Déjections des herbivores domestiques au pâturage : caractéristiques et rôle dans le fonctionnement des prairies. *INRA Productions Animales*, 12 pages. <https://hal.inrae.fr/hal-02644059v1>
- Lancon J. (1978). Les restitutions du bétail au pâturage et leurs effets. *Fourrages*, 75, 55-88
- Senapati, N., Chabbi, A., Gastal, F., Smith, P., Mascher, N., Loubet, B., ... Naisse, C. (2014). Net carbon storage measured in a mowed and grazed temperate sown grassland shows potential for carbon sequestration under grazed system. *Carbon Management*, 5(2), 131–144. <https://doi.org/10.1080/17583004.2014.912863>