

Stockage des fumiers au champ : comment réduire les pertes de potassium d'un facteur 3 à 4

Résultats d'un essai mené dans les fermes du Réseau Terraé (2022-2025)
Rapport complet

Antoine STIFKENS et Simon LERICHE

Fourrages Mieux - 2025



Table des matières

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Introduction | 3 |
| 2 | Matériel et méthode..... | 3 |
| 3 | Résultats..... | 6 |
| 3.1 | PHASE 1 : Analyses de fumier et pertes CALCULÉES..... | 6 |
| 3.2 | PHASE 2 : Analyses de fumier et pertes MESURÉES | 9 |
| 3.3 | Evolution des pertes en potassium selon la quantité de précipitations | 11 |
| 3.4 | Coût du bâchage..... | 12 |
| 3.5 | Aspect visuel de fumier | 12 |
| 4 | Discussion et interprétation | 13 |
| 4.1 | Intérêt agronomique..... | 13 |
| 4.2 | Intérêt économique..... | 14 |
| 4.3 | Intérêt environnemental | 15 |
| 4.4 | Intérêt pour la souveraineté agricole et alimentaire | 16 |
| 5 | Conclusions et recommandations | 16 |
| 5.1 | Synthèse des principaux enseignements | 16 |
| 5.2 | Recommandations pour les agriculteurs..... | 16 |
| 5.3 | Perspectives pour de futurs essais..... | 17 |
| 6 | Remerciements | 18 |
| 7 | Bibliographie | 19 |

1 Introduction

Le fumier d'élevage est une ressource précieuse pour maintenir la fertilité biologique, chimique et physique des sols. Sa bonne gestion est essentielle pour limiter les pertes de nutriments, surtout dans les fermes biologiques où l'autonomie est recherchée et où le coût des fertilisants est élevé.

Les pertes d'éléments minéraux peuvent survenir à plusieurs étapes : au cours de la manipulation, durant le stockage et lors de l'épandage du fumier. L'étape qui nous intéresse ici est celle du stockage au champ. Lorsqu'il n'est pas couvert, le fumier est exposé aux intempéries : la pluie lessive le tas, entraînant des pertes en éléments fertilisants par ruissellement ou infiltration.

L'objectif de l'essai mené était de quantifier ces pertes sur des tas de fumier stockés en Wallonie et d'évaluer les intérêts agronomiques, économiques et environnementaux du bâchage à l'aide de toiles en polypropylène¹ (type géotextile), assurant une perméabilité aux gaz mais protégeant de la pluie. Cette pratique reste encore peu documentée tant à l'échelle régionale qu'à l'échelle internationale.

Contexte wallon

En Wallonie, le stockage des fumiers au champ est autorisé pour une durée relativement longue, pouvant aller jusqu'à 9 mois ([PGDA IV](#)). Les régions voisines appliquent généralement des règles plus strictes. En Flandre, par exemple, le stockage au champ n'est permis que dans le cadre d'un épandage imminent, pour une durée maximale de 2 mois. En Allemagne, la Rhénanie-Palatinat et le Bade-Wurtemberg ne l'autorisent que de manière exceptionnelle, pour une durée n'excédant pas 6 mois, et l'interdisent systématiquement durant une partie de l'année (de décembre à janvier), ou dès la récolte de la culture principale jusqu'au mois de janvier, selon les cas. En France, les régions Grand Est et Hauts-de-France autorisent le stockage hivernal uniquement en prairie, ou si le tas est couvert ou posé sur un matériau absorbant. Ainsi, la Wallonie se distingue par une réglementation plus souple, qui rend le stockage de longue durée au champ plus courant que dans les régions limitrophes.

2 Matériel et méthode

L'essai a été conduit dans 9 fermes wallonnes du réseau Terraé, sur une période allant du printemps 2023 à l'automne 2025. Il s'est déroulé en deux phases distinctes avec la mobilisation de deux méthodes différentes :

PHASE 1 (04/2023 – 01/2024) : Méthode du bilan de masse sur base du phosphore

Dans un premier temps, l'expérimentation a été mise en place sur 10 tas de fumier issus de différents élevages : bovin (7), ovin (2) et caprin (1). Chaque tas a été échantillonné et analysé dès sa mise au champ, puis partiellement couvert à l'aide d'une bâche (12,5 m x 5 m) en polypropylène (Toptex®) lestée avec des sacs de sable. Juste avant l'épandage, deux échantillons ont été prélevés dans le tas pour analyse : un sous la bâche et un dans la zone non bâchée. Les

¹ Les bâches plastiques hermétiques (type silo) sont déconseillées pour couvrir les fumiers humides : elles favorisent des fermentations anaérobies méthanogènes et altèrent la qualité du fumier.

tas ont été stockés entre 3 et 8 mois et ont reçu entre 196 et 681 l/m² de pluie (en moyenne : 4,7 mois et 361 mm de pluie).

Plutôt que d'étudier l'évolution des teneurs en nutriments du fumier, nous avons calculé un bilan de masse théorique permettant d'évaluer les pertes totales en nutriments. La teneur en phosphore (P₂O₅) a été utilisée comme élément de référence, en supposant qu'il n'est pas sujet à des pertes par lessivage. La formule suivante a été appliquée :

$$\text{Perte de masse du tas (\%)} = \left(1 - \frac{\text{teneur initiale en P}_2\text{O}_5}{\text{teneur finale en P}_2\text{O}_5} \right) * 100$$

La méthode du bilan de masse basée sur les teneurs en P₂O₅ repose sur 2 conditions essentielles :

- ✓ La représentativité des échantillons : les échantillons doivent être parfaitement représentatifs du tas, tant au moment de la mise au champ qu'avant l'épandage.
- ✓ L'absence de pertes en phosphore : cette méthode suppose que le phosphore (P₂O₅) ne subit aucune perte durant la période de stockage.

PHASE 2 (05/2024 – 11/2024 et 05/2025 – 08-2025) : Méthode des sacs enfouis

Pour cette seconde phase, le protocole a été adapté sur base des enseignements tirés de la phase 1. L'essai s'est concentré sur deux tas de fumier bovin, suivis à Tenneville (province du Luxembourg), mais avec un renforcement des mesures et des analyses. Le premier tas est resté 167 jours au champ a reçu 495 l/m² de pluie. Le second est resté 99 jours au champ et a reçu 238 l/m².

Afin de garantir que le fumier analysé en fin de stockage soit bien identique à celui initialement analysé lors de la mise en tas, la méthode des sacs enfouis a été utilisée. Cette technique consiste à placer des échantillons représentatifs dans des sacs perméables, enfouis dans le tas dès sa constitution, puis récupérés à la fin de la période de stockage. Trois sacs ont été enfouis pour chacune des modalités (couvert et non couvert) à 3 hauteurs différentes dans le tas.

En complément, les tas complets ainsi que les sacs enfouis ont été pesés avant et après la période de stockage afin de mesurer précisément la perte de masse réelle. Les pertes sont évaluées en soustrayant les quantités en fin de stockage aux quantités en début de stockage. Ces quantités sont calculées par la multiplication des masses fraîches par les concentrations mesurées par analyse correspondantes en début et fin de période de stockage.

Cette démarche a également permis de vérifier si les pertes en phosphore au cours du stockage sont effectivement insignifiantes, condition essentielle à la validité du bilan de masse sur lequel les pertes ont été calculées lors de la phase 1.

c)

Figure 1 : a) Pesée des bennes avec un pèse-essieux. b) Confection de 2 tas distincts : un couvert et un non couvert. c) Remplissage des sacs de lavage à linge de 60 x 80 cm en tissu en maille de polyester et prélèvement d'un échantillon par sac. d) Enfouissement des sacs à 3 hauteurs différentes.



3 Résultats

3.1 PHASE 1 : Analyses de fumier et pertes CALCULÉES

Tableau 1: Résultats des analyses (kg/t ou % de produit frais) de fumiers frais, lors de la mise en tas selon l'espèce (bovin, ovin, caprin) et comparaison avec les normes du PGDA.

| Paramètres | Bovins (n=7) | | | Ovins (n=3) | | Caprins (n=1) |
|---|--------------|-------------|----------------|-------------|-------------|------------------|
| | Moyenne | Min-Max | Normes PDGA | Moyenne | Min-Max | |
| MS (%) | 24,8 | 21,1 – 29,9 | - | 32,3 | 31,4 – 33,2 | 28,5 |
| MO (%) | 18,8 | 15,4 – 23,4 | - | 26,2 | 26,1 – 26,3 | 20,3 |
| CT (%) | 4,7 | 3,7 – 6,1 | - | 6,8 | 5,6 – 8,0 | 5,9 |
| CI (%) | 1,4 | 0,7 – 1,9 | - | 2,0 | 1,2 – 2,7 | 2,5 |
| N total (kg/t MF) | 6,3 | 5,3 – 8,3 | 5,9 | 7,8 | 7,8 – 7,8 | 6,9 |
| NH ₄ (kg/t MF) | 1,1 | 0,3 – 1,9 | - | 1,2 | 1,1 – 1,3 | 1,3 |
| K ₂ O (kg/t MF) | 10,8 | 7,6 – 14,8 | 8,9 | 17,8 | 15,7 – 20,0 | 10,3 |
| P ₂ O ₅ (kg/t MF) | 2,6 | 1,8 – 3,5 | 3,8 | 4,1 | 3,9 – 4,2 | 3,6 |
| Na ₂ O (kg/t MF) | 0,8 | 0,4 – 1,2 | - | 1,4 | 0,8 – 2,1 | 1,5 |
| MgO (kg/t MF) | 1,5 | 0,9 – 2,2 | 2,1 | 2,0 | 1,8 – 2,1 | 1,7 |
| CaO (kg/t MF) | 5,4 | 2,9 – 8,6 | 6,1 | 5,7 | 5,6 – 5,8 | 4,5 |

MS : matière sèche, MO : matière organique, CT : cendres totales, CI : cendres insolubles, N : azote, NH₄ : azote ammoniacal, K₂O : potasse (oxyde de potassium), P₂O₅ : phosphore (pentoxyde de phosphore), Na₂O : oxyde de sodium, MgO : oxyde de magnésium, CaO : oxyde de calcium, MF : matière fraîche.

Variabilité des résultats

Une variabilité importante est observée au sein des fumiers d'une même espèce animale. Par exemple, pour les bovins, la teneur en potassium ou en phosphore peut varier du simple au double, tandis que la teneur en azote peut être jusqu'à 50 % plus élevée d'un échantillon à l'autre. Ces écarts rappellent que tous les fumiers ne se valent pas. Dans ce contexte, une analyse périodique du fumier prend tout son sens. Elle permet de mieux connaître la qualité du produit épandu et d'ajuster les apports en fonction des besoins des cultures.

Comparaison aux normes PGDA

Les fumiers frais de bovins analysés sont en moyenne un peu plus riche en azote et en potasse que les normes du PGDA. Ils contiennent en revanche moins de phosphore.

Tableau 2 : Résultats des analyses de fumiers avant et après le stockage, toutes espèces animales confondues (concentration des composés dans les tas).

| Paramètres | Jour 0 (n=10) | Jour 144 (361 l/m ²) (n=14) | |
|---|------------------|--|---------|
| | | Non couvert | Couvert |
| MS (% MF) | 26,7 | 25,7 | 28,4 |
| MO (% MF) | 20,5 | 15,7 | 17,1 |
| CT (% MF) | 5,2 | 9,9 | 10,9 |
| CI (% MF) | 1,6 | 5,5 | 5,7 |
| N total (kg/t MF) | 6,6 | 6,8 | 7,6 |
| NH ₄ (kg/t MF) | 1,1 | 0,9 | 1,0 |
| K ₂ O (kg/t MF) | 12,2 | 13,3 | 16,1 |
| P ₂ O ₅ (kg/t MF) | 3,0 | 4,3 | 4,3 |
| Na ₂ O (kg/t MF) | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| MgO (kg/t MF) | 1,6 | 2,6 | 2,8 |
| CaO (kg/t MF) | 5,4 | 8,1 | 9,6 |
| C/N | 17,2 | 12,9 | 12,5 |

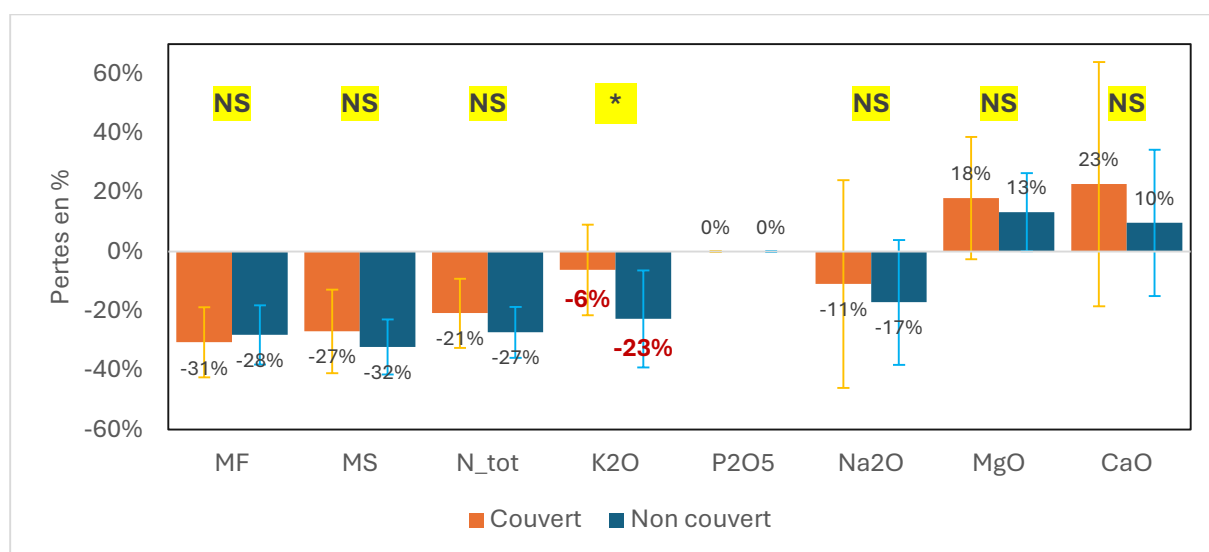
C/N : carbone/azote

Ce tableau présente les résultats moyens des analyses de fumiers avant stockage (jour 0) et après un stockage moyen de 144 jours sous 361 mm de pluie. Après cette période, on observe une augmentation des teneurs pour la plupart des éléments analysés (N, K₂O, P₂O₅, CaO, etc.), ce qui augmente encore l'écart par rapport aux normes du PGDA.

Cette concentration apparente s'explique par une perte globale de masse du tas, principalement due à la dégradation de la matière organique (MO) et à l'évaporation de l'eau, ce qui a pour effet de concentrer les éléments restants.

Afin de tenir compte de la perte de masse, les pertes nettes en éléments fertilisants ont été calculées et sont présentées dans le graphique suivant.

Figure 2 : Pertes nettes au cours du stockage au champ, calculées sur base du bilan de masse (P₂O₅ étant l'élément de référence) selon la couverture ou non des tas de fumiers (n=14). Les valeurs négatives indiquent une perte. NS : non significatif



Les résultats mettent en évidence une forte variabilité des pertes et certaines valeurs sont positives, traduisant un gain apparent en éléments dans le fumier au cours du stockage. Or, ce phénomène est physiquement impossible à l'échelle du tas : on ne peut pas "créer" du potassium, du sodium, du magnésium ou du calcium pendant le stockage.

Ces écarts et ces gains apparents s'expliquent principalement par la difficulté à obtenir un échantillonnage parfaitement représentatif, tant au moment de la mise en tas qu'à la fin du stockage. En effet, chaque tas représente plusieurs dizaines de tonnes de fumier, parfois issus de loges ou de catégories animales différentes, ce qui accentue l'hétérogénéité du tas et complique la représentativité des prélèvements.

Malgré cette variabilité, le nombre suffisant de répétitions ($n=14$) a permis de réaliser une analyse statistique (test t de Student), afin de comparer les pertes entre les deux modalités : non couvert et couvert.

Seule la perte en potassium (K_2O) présente une différence statistiquement significative (*) entre les deux modalités ($p = 0,0103$). Ce résultat suggère que le bâchage a un effet significatif sur la limitation des pertes nettes en potassium. En effet, il permet de réduire les pertes de 23 % à 6 %, soit une réduction par un facteur de 3,8.

3.2 PHASE 2 : Analyses de fumier et pertes MESURÉES

Les résultats présentés ci-dessous sont issus de la seconde phase de l'essai, menée sur deux tas de fumier de bovins, avec la méthode des sacs enfouis.

Tableau 3 : Résultats des analyses du fumier de bovins avant et après le stockage (concentration des composés dans les tas, en % ou kg/t de fumier frais) – Premier tas, 2024

| Paramètres | Non couvert | | Couvert | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| | Jour 0 <i>n</i> =3 | Jour 167 (495 l/m ²) <i>n</i> =3 | Jour 0 <i>n</i> =3 | Jour 167 (495 l/m ²) <i>n</i> =3 |
| C/N | 16,9 ± 0,4 | 11,0 ± 0,7 | 17,7 ± 0,2 | 10,4 ± 0,9 |
| MS (%) | 24,2 ± 0,1 | 17,6 ± 1,5 | 26,7 ± 0,3 | 23,8 ± 7,0 |
| MO (%) | 17,7 ± 0,6 | 12,5 ± 1,9 | 21,3 ± 0,1 | 16,2 ± 3,0 |
| CT (%) | 4,0 ± 0,2 | 4,7 ± 0,5 | 4,5 ± 0,1 | 9,6 ± 4,9 |
| CI (%) | 1,2 ± 0,1 | 1,7 ± 0,4 | 1,5 ± 0,1 | 3,1 ± 1,2 |
| N total (kg/t MF) | 5,8 ± 0,3 | 6,3 ± 0,6 | 6,7 ± 0,0 | 8,8 ± 2,3 |
| NH ₄ (kg/t MF) | 1,2 ± 0,1 | 0,8 ± 0,3 | 1,4 ± 0,1 | 1,8 ± 1,3 |
| K ₂ O (kg/t MF) | 11,0 ± 0,6 | 11,3 ± 1,2 | 12,4 ± 0,3 | 22,3 ± 11,3 |
| P ₂ O ₅ (kg/t MF) | 2,5 ± 0,1 | 3,1 ± 0,5 | 2,7 ± 0,1 | 5,3 ± 1,9 |
| Na ₂ O (kg/t MF) | 0,7 ± 0,0 | 0,7 ± 0,1 | 0,9 ± 0,0 | 1,4 ± 0,7 |
| MgO (kg/t MF) | 1,3 ± 0,1 | 1,7 ± 0,5 | 1,4 ± 0,1 | 2,7 ± 1,0 |
| CaO (kg/t MF) | 3,7 ± 0,2 | 5,0 ± 0,9 | 4,1 ± 0,2 | 7,9 ± 2,6 |

Tableau 4 : Résultats des analyses du fumier de bovins avant et après le stockage (concentration des composés dans les tas, en % ou kg/t de fumier frais) – Deuxième tas, 2025

| Paramètres | Non couvert | | Couvert | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
| | Jour 0 <i>n</i> =3 | Jour 167 (495 l/m ²) <i>n</i> =3 | Jour 0 <i>n</i> =3 | Jour 167 (495 l/m ²) <i>n</i> =3 |
| C/N | 14,5 ± 0,1 | 10,9 ± 1,0 | 14,6 ± 1,5 | 11,5 ± 0,5 |
| MS (%) | 25,7 ± 0,4 | 27,0 ± 7,4 | 24,8 ± 0,9 | 37,9 ± 12,4 |
| MO (%) | 18,9 ± 0,4 | 18,7 ± 3,7 | 18,6 ± 1,4 | 24,9 ± 8,1 |
| CT (%) | 6,0 ± 0,4 | 8,8 ± 3,9 | 5,6 ± 0,1 | 13,8 ± 4,5 |
| CI (%) | 2,6 ± 0,1 | 4,0 ± 1,9 | 2,5 ± 0,0 | 6,3 ± 2,0 |
| N total (kg/t MF) | 7,3 ± 0,1 | 9,9 ± 3,0 | 7,1 ± 0,3 | 12,1 ± 3,9 |
| NH ₄ (kg/t MF) | 0,9 ± 0,0 | 1,9 ± 1,0 | 1,0 ± 0,0 | 0,3 ± 0,0 |
| K ₂ O (kg/t MF) | 12,8 ± 0,4 | 17,8 ± 7,1 | 11,6 ± 0,3 | 28,2 ± 10,0 |
| P ₂ O ₅ (kg/t MF) | 3,9 ± 0,2 | 5,9 ± 2,6 | 3,6 ± 0,1 | 9,2 ± 3,0 |
| Na ₂ O (kg/t MF) | 0,6 ± 0,0 | 0,9 ± 0,4 | 0,5 ± 0,0 | 1,6 ± 0,6 |
| MgO (kg/t MF) | 2,3 ± 0,1 | 3,4 ± 1,5 | 2,1 ± 0,1 | 5,3 ± 1,7 |
| CaO (kg/t MF) | 4,1 ± 0,1 | 6,2 ± 2,6 | 4,1 ± 0,2 | 9,5 ± 3,0 |

Remarque sur l'interprétation des écarts-types

Les écarts-types associés aux valeurs du « Jour 0 » reflètent principalement la variabilité analytique, puisque les mesures ont été réalisées à trois reprises (*n*=3) sur un même échantillon homogène. En revanche, les écarts-types du « Jour 167 » traduisent principalement une variabilité réelle au sein du tas de fumier, les trois échantillons ayant été prélevés à trois hauteurs différentes, dans les sacs enfouis (haut, milieu, bas).

Conformément aux observations de la première phase de l'essai, une augmentation des teneurs en éléments a été constatée dans le fumier après la période de stockage, cette tendance est particulièrement marquée dans le tas couvert. On observe également une variabilité plus marquée dans les échantillons issus du tas couvert, comme en témoignent les écarts-types plus élevés pour plusieurs paramètres.

Pertes nettes mesurées après le stockage au champ

Ces graphiques représentent les pertes mesurées dans les deux tas, après 167 et 99 jours de stockage au champ, exprimée en % par rapport à la quantité totale de chaque élément lors de la mise en tas. Les valeurs négatives indiquent une perte.

Figure 3: Pertes nettes après le stockage au champ (n=1)
Premier tas, stocké 167 jours et ayant reçu 495 L/m²

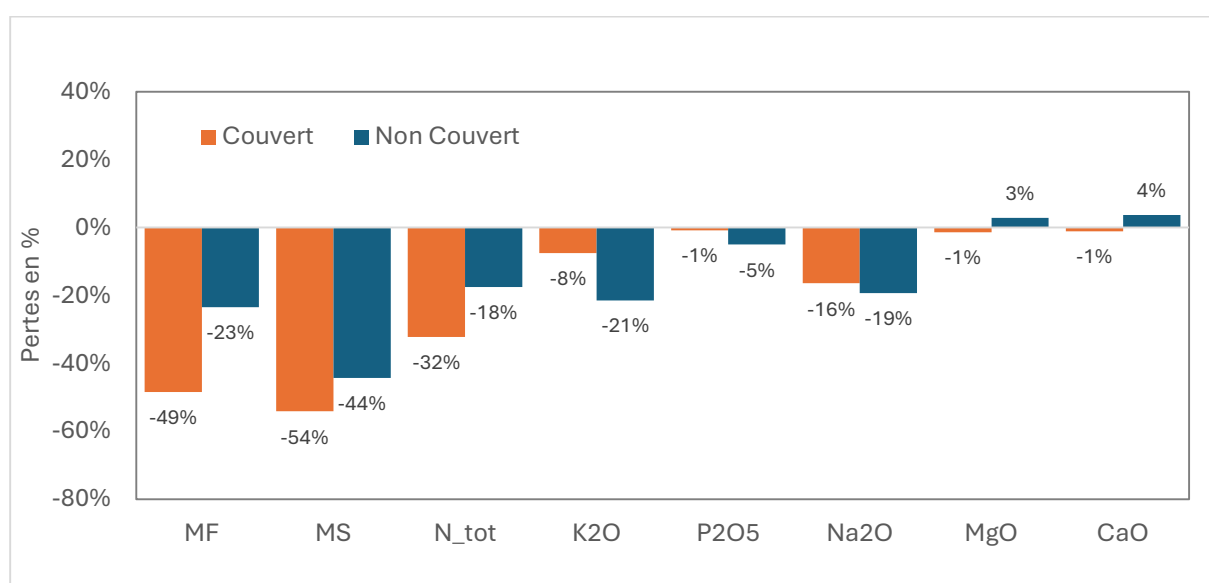
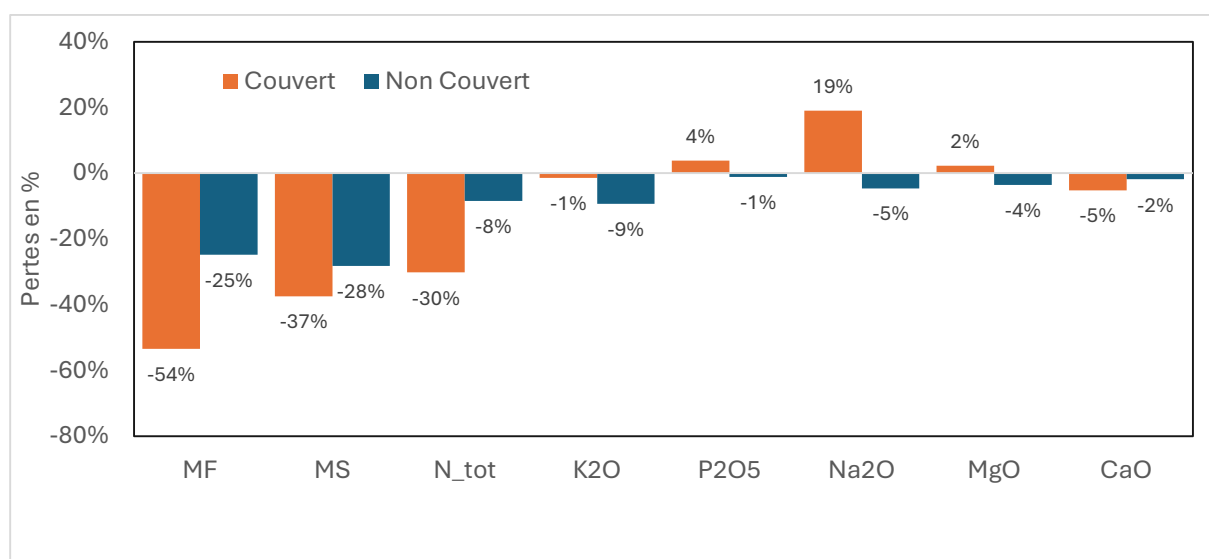


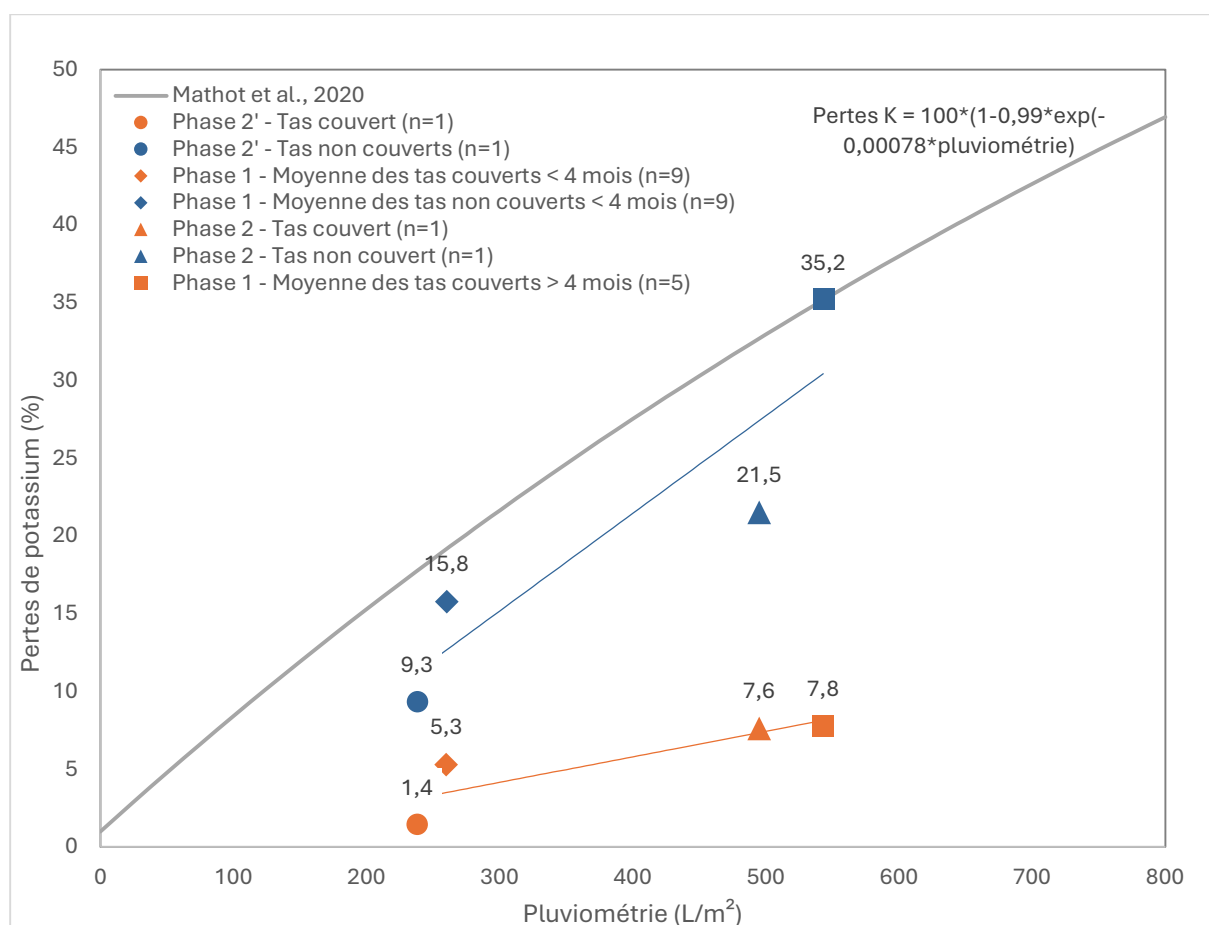
Figure 4 : Pertes nettes après le stockage au champ (n=1)
Deuxième tas, stocké 99 jours et ayant reçu 238 L/m²



Les graphiques montrent que la couverture des tas induit davantage de pertes de matières fraîches, de matière sèche et d'azote total alors qu'elle permet de limiter les pertes en potassium. Elle semble avoir peu d'effet sur les pertes en magnésium et en calcium. L'effet sur le sodium est quant à lui contradictoire d'un essai à l'autre.

3.3 Evolution des pertes en potassium selon la quantité de précipitations

Figure 5 : Évolution des pertes globales en potassium en fonction de la pluviométrie selon la couverture ou non du tas et comparaison à la littérature.



Comme l'a montré Mathot (2020) (courbe grise), les pertes en potassium dans un tas de fumier stocké au champ augmentent avec la pluviométrie, et donc avec la durée de stockage. Les données issues des tas non couverts de cet essai (en bleu) confirment cette tendance, bien que les pertes mesurées soient légèrement inférieures à celles observées par Mathot.

L'effet de la couverture est clairement visible : si on se fie aux courbes de tendances tracées en bleu et en orange, elle permet de réduire les pertes en potassium d'un facteur 3 à 4, en limitant le lessivage par les précipitations.

3.4 Coût du bâchage

Le coût du bâchage a été estimé à partir d'un exemple concret : une ferme de bovins viandeux sur paille comptant 90 UGB et produisant environ 550 tonnes de fumier par an.

- Surface de bâche nécessaire : 750 m² (5 bâches de 6 x 25 m)
- Coût total des bâches : 1.950 € (juillet 2025)
- Durée d'utilisation : 10 utilisations (2x/an pendant 5 ans)
- Coût annuel : 390 €
- Coût par tonne de fumier frais : 0,71 €/t

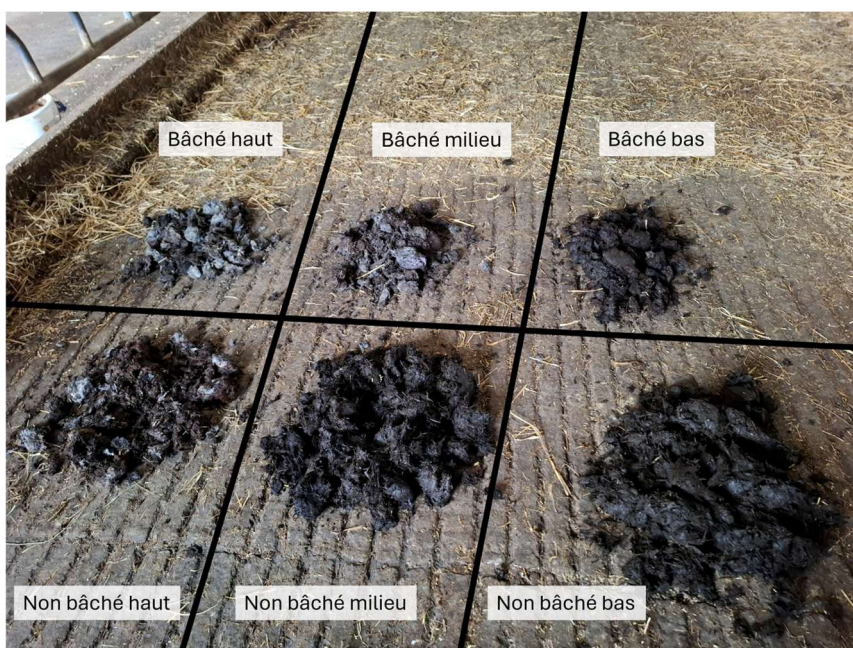
À ce coût de 0,71€ par tonne de fumier frais, il faut ajouter le coût de la main-d'œuvre, estimé à 0,50€/t (2 heures à 25€/h pour un tas de 100 tonnes) pour installer et retirer la bâche. Le coût total du bâchage s'élève donc à environ **1,21€ par tonne de fumier frais**.

Bon à savoir : après expérimentation, l'utilisation de sacs de sable pour lester les bâches s'est révélée inutile. En effet, les bâches en polypropylène étant perméables à l'air et relativement lourdes une fois humides, elles ne prennent pas le vent.

3.5 Aspect visuel de fumier

Sous la bâche, le fumier a mûri de manière plus homogène : aucune croûte sèche n'était visible en surface, et les zones anaérobies semblaient réduites. Globalement, le tas couvert présentait une texture plus friable et paraissait plus sec, ce que confirment les analyses. Par ailleurs, après 167 jours de stockage, la température mesurée au cœur du tas couvert était supérieure de 6 °C à celle du tas non couvert (21 °C contre 15 °C).

Figure 6 : Aspect visuel du fumier contenu dans les sacs enfouis dans un tas bâché et non bâché, après 99 jours de stockage. La quantité initiale de fumier frais était globalement identique dans chacun des sacs enfouis (+/- 12kg).



4 Discussion et interprétation

4.1 Intérêt agronomique

Les trois essais réalisés montrent que, parmi les éléments nutritifs analysés (N, P, K, Mg, Na, Ca), seul le potassium (K) est significativement préservé lorsque les tas de fumier sont couverts lors du stockage au champ. Même si les pertes de potassium ne sont pas supprimées, elles sont réduites d'un facteur 3 à 4 grâce au bâchage.

Au cours de la seconde phase de l'essai (avec la méthode des sacs enfouis) les tas couverts ont enregistré des pertes plus importantes de masse et d'azote total. Cette observation s'explique par le fait que la bâche respirante crée un environnement propice au compostage : meilleure aération, montée en température et absence de tassement dû aux pluies. À l'inverse, les tas non couverts ont été refroidis, détrempés et compactés, ce qui a fortement ralenti le processus, voire l'a interrompu dans les zones basses devenues anaérobies.

Cette dynamique de compostage plus complète dans les tas couverts présente plusieurs avantages : le fumier devient plus mature (moins odorant), plus stable, plus homogène, plus friable. Cette texture facilite un épandage régulier et limite la formation de blocs compacts susceptibles de dégrader le couvert prairial ou d'être repris lors de la récolte suivante.

La perte plus importante de masse, et surtout d'azote, pourrait être perçue comme un effet défavorable du bâchage. Elle traduit au contraire une minéralisation plus aboutie. Le fumier non couvert conserve davantage d'azote total, mais sous une forme instable, susceptible d'être volatilisé lors de la prochaine manipulation ou aération du tas.

Concernant le phosphore, les données suggèrent un léger effet positif du bâchage. Toutefois, les pertes sont de toute façon très faibles sans couverture (< 5 %), et les différences observées pourraient relever de la variabilité analytique du laboratoire.

D'un point de vue agronomique, l'intérêt principal du bâchage réside donc dans la préservation du potassium, un élément clé pour la productivité des prairies, dont les besoins sont élevés. À titre d'exemple, une tonne de matière sèche de fourrage ensilé (> 3 coupes/an) exporte en moyenne 30 kg de K_2O , contre 25 kg d'azote (Meniger, 2021). Une fertilisation potassique suffisante stimule la croissance des légumineuses en soutenant l'activité des bactéries fixatrices d'azote, favorise un enracinement dense, améliore la tolérance au piétinement, renforce la résistance à la sécheresse par une meilleure régulation hydrique et réduit la sensibilité aux maladies fongiques.

Bâcher les tas de fumiers est donc une pratique qui contribue à la productivité et à la pérennité des prairies !

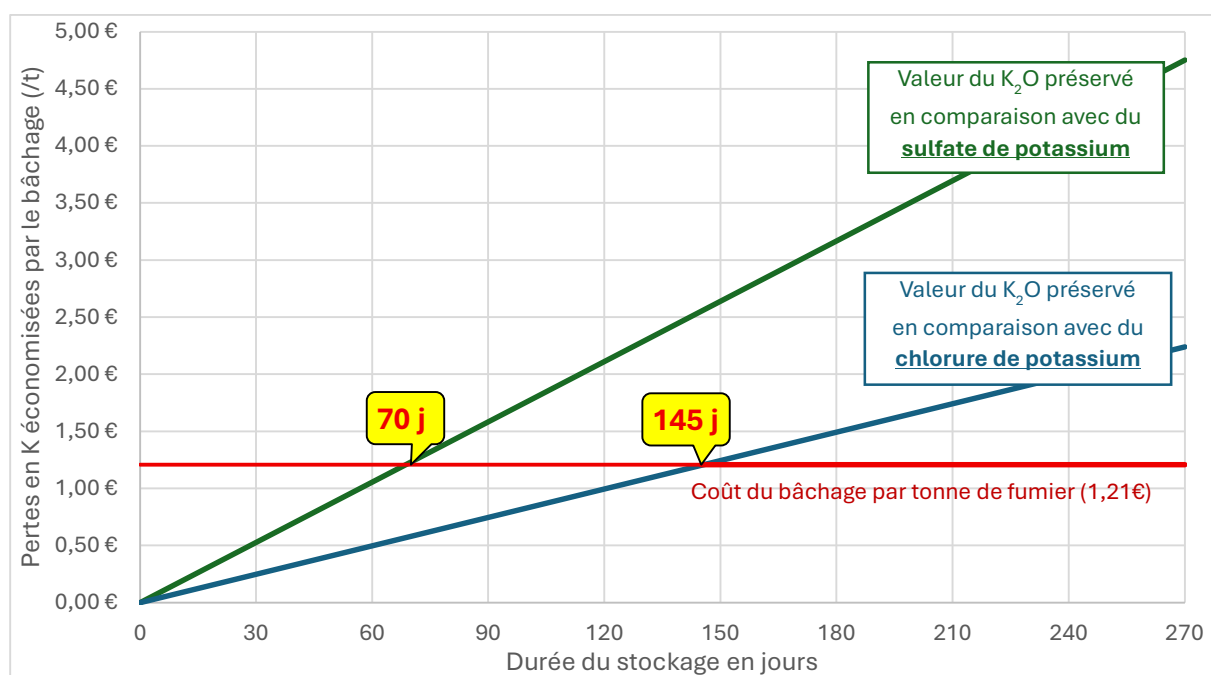
4.2 Intérêt économique

Le coût du bâchage est estimé à 1,21 € par tonne de fumier frais. Dans l'analyse qui suit, seul le gain économique lié à la préservation du potassium est pris en compte. Cette approche sous-estime certainement l'intérêt global de la pratique : d'autres bénéfices du bâchage ont été observés, mais restent difficilement quantifiables d'un point de vue économique.

La rentabilité du bâchage dépend de la durée de stockage et de la valeur des unités de potassium (K_2O) préservées. Cette valeur varie selon le type de ferme : en agriculture biologique, on utilise généralement du sulfate de potassium (1,48 €/unité K_2O en juillet 2025), bien que l'usage de chlorure de potassium soit également autorisé sous certaines conditions (s'il est d'origine naturelle et labellisé). En agriculture conventionnelle, le chlorure de potassium est l'option la plus courante (0,70 €/unité K_2O en juillet 2025).

Le graphique ci-dessous indique à partir de quelle durée de stockage la couverture des tas de fumier stockés au champ devient rentable en fonction du prix de l'unité de K_2O .

Figure 7 : Pertes en potassium économisées par le bâchage, exprimées en euros par tonne de fumier frais.



Dans l'hypothèse où le potassium perdu lors du stockage est compensé par un apport minéral, le bâchage devient économiquement rentable à partir de 70 jours de stockage avec du sulfate de potassium, et 145 jours avec du chlorure de potassium. Ces seuils de rentabilité sont calculés sans tenir compte des frais d'épandage et dans un contexte de prix relativement bas des engrais minéraux (juillet 2025, KCl : 420€, K_2SO_4 : 740€). Ainsi, plus le coût des fertilisants augmente, plus l'intérêt économique du bâchage s'accroît.

4.3 Intérêt environnemental

En termes de pertes en éléments minéraux, le bâchage des tas de fumier limite principalement les pertes en potassium, un élément qui, contrairement à l'azote et au phosphore, n'est pas directement impliqué dans la pollution des eaux sous-terraines ou de ruissellement. Toutefois, la préservation du potassium présente un intérêt environnemental indirect en réduisant le recours aux engrais minéraux, dont la production et le transport sont émetteurs de gaz à effet de serre. À cela s'ajoute l'impact de l'extraction de potasse autour des sites miniers : salinisation des eaux, modification des sols et perturbation des écosystèmes.

L'usage de bâches en polypropylène soulève aussi des enjeux écologiques : elles sont issues de ressources fossiles et génèrent des déchets en fin de vie. Leur impact dépend de leur durée d'utilisation et du mode de traitement après utilisation.

Le tableau ci-dessous dresse le bilan climatique global du bâchage des tas de fumier stockés au champ avec des bâches en polypropylène à partir des données de l'exemple présenté au point 3.4 (ferme de bovins viandeux sur paille comptant 90 UGB et produisant environ 550 tonnes de fumier par an).

| Impact de l'utilisation des bâches Émissions de CO ₂ | Bénéfice du bâchage du fumier Émissions de CO ₂ évitées par la non-extraction de potassium |
|--|---|
| 150 kg de bâche en polypropylène (PP) 750 m ² x 0,2 kg / m ² | ~ 3900 kg de K ₂ O préservés [(550t x 11 kg K ₂ O/t) * 0,21 - (550t x 11kg K ₂ O/t) x 0,08] x 5 ans |
| Production de PP : <ul style="list-style-type: none"> 2 kg eq CO₂/kg (Al-Salem et al., 2021) Traitement en fin de vie : <ul style="list-style-type: none"> Incinération : 1 kg eq CO₂/kg Recyclage : -0,5 kg eq CO₂/kg | Extraction de potassium : <ul style="list-style-type: none"> 0,70 kg eq CO₂/ kg K₂O sous forme de chlorure de potassium (US EPA, 2021) 1,42 kg eq CO₂/ kg K₂O sous forme de sulfate de potassium (Ecoinvent Association, 2021) |
| Scénario incinération : 450 kg eq CO ₂ Scénario recyclage : 225 kg eq CO ₂ | Scénario chlorure de K : 2730 kg eq CO ₂ Scénario sulfate de K : 5770 kg eq CO ₂ |

Dans cet exemple, en considérant une durée de vie des bâches de 5 ans, le bilan climatique du bâchage est très favorable. Les émissions de gaz à effet de serre évitées par la non-extraction du potassium compensent largement celles liées à la fabrication et au traitement en fin de vie des bâches, avec un rapport bénéfice/impact allant de 6 à 25 selon les hypothèses retenues.

Enfin, la couverture des tas de fumier pourrait avoir un effet négatif sur la biodiversité, notamment sur certaines espèces d'oiseaux. Des études (Šálek et al., 2018 ; Martin et al. 2010) ont montré que ces tas constituent une ressource précieuse en hiver, en fournissant nourriture et abris, et peuvent ainsi contribuer à leur survie durant cette période critique. Pour limiter cet impact, une solution envisageable serait de laisser une portion du tas non bâchée durant l'hiver, afin de maintenir un accès à ces ressources.

4.4 Intérêt pour la souveraineté agricole et alimentaire

Il convient également de rappeler que la potasse est une ressource limitée et concentrée dans certaines régions du monde. Cette situation crée une dépendance géopolitique pour les pays importateurs comme l'Europe. Par exemple, Israël, via la mer morte, est l'un des principaux fournisseurs mondiaux de potasse, aux côtés du Canada, de la Russie et de la Biélorussie. Les tensions géopolitiques et les restrictions commerciales peuvent influencer la disponibilité et le prix de cette ressource stratégique en Europe. Dans ce contexte, préserver le potassium contenu dans les fumiers devient non seulement un enjeu agronomique, économique et environnemental, mais aussi un levier de la souveraineté agricole et alimentaire.

5 Conclusions et recommandations

5.1 Synthèse des principaux enseignements

La couverture des tas de fumier stockés au champ à l'aide de bâches respirantes en polypropylène présente plusieurs avantages agronomiques, économiques et environnementaux :

- ✓ Réduction significative des pertes en **potassium** : les pertes sont divisées par 3 à 4, ce qui permet de préserver sur la ferme un élément essentiel à la productivité des prairies.
- ✓ Amélioration de la qualité du fumier : la couverture permet une **maturation** plus avancée et régulière du tas, ce qui rend le fumier plus homogène, plus friable et plus facile à épandre.
- ✓ Rentabilité économique dépendante de la durée du stockage : le bâchage devient **rentable** à partir de 70 jours de stockage au champ (si le potassium est compensé par du sulfate de potassium) ou 145 jours (avec du chlorure de potassium).
- ✓ Bilan **climatique** favorable : les émissions évitées par la non-extraction du potassium compensent largement celles liées à la fabrication et au traitement des bâches.

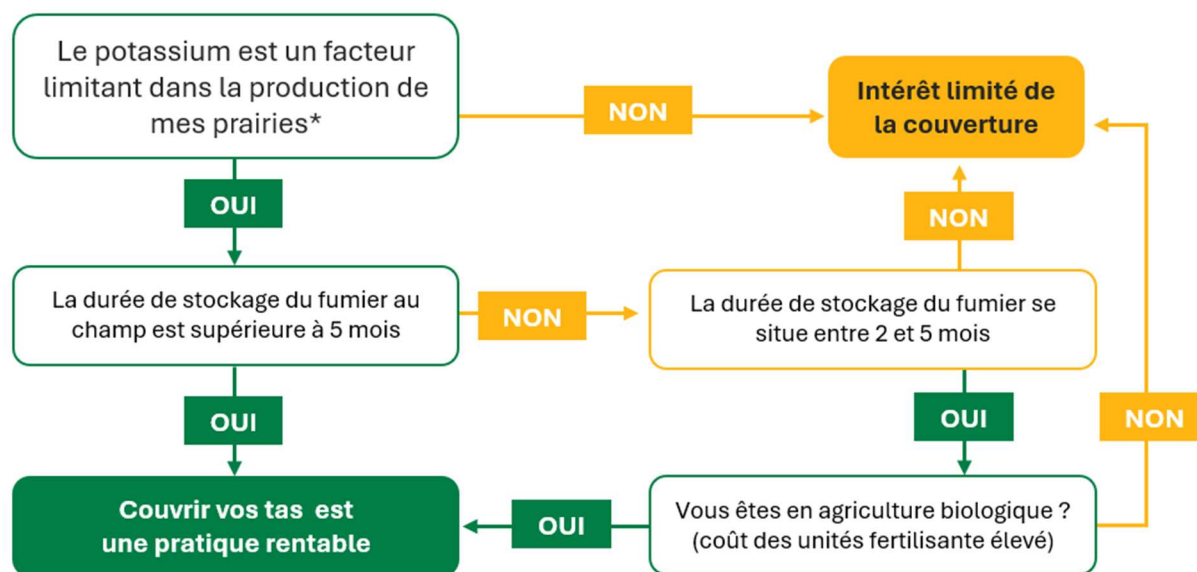
5.2 Recommandations pour les agriculteurs

Le premier levier d'action pour préserver la valeur fertilisante du fumier consiste à réduire la durée de stockage au champ. Pour y parvenir, il est recommandé de :

- ✓ Privilégier le stockage sous fumière couverte
- ✓ Épandre dès que les conditions le permettent (sol portant et météo favorable)

Lorsque le stockage au champ est nécessaire, la décision de bâcher dépendra de plusieurs facteurs propres à chaque exploitation. Cet arbre décisionnel peut aider à évaluer la pertinence économique de cette pratique en fonction de la durée de stockage, du type d'engrais utilisé et du contexte de l'exploitation (bio ou conventionnel).

Figure 8 : Arbre décisionnel permettant de déterminer si le bâchage des tas de fumier est une pratique intéressante pour un agriculteur.



*Selon le Centre de Michamps, 40% des fourrages analysés présentent une carence en potassium (Lambert, 2025), ce qui témoigne que ce problème est répandu chez de nombreux éleveurs. Les prairies ont des besoins élevés en cet élément : environ 30 unités de K_2O sont exportées par tonne de matière sèche récoltée. En prairie temporaire, une analyse de sol permet d'évaluer la nécessité d'un apport. En prairie permanente, une analyse de l'herbe au printemps, visant à établir un indice de nutrition, est généralement plus pertinente. L'observation du couvert végétal peut également révéler des signes de carence : jaunissement ou décoloration des feuilles, densité réduite du couvert, flétrissement rapide en période sèche (sensibilité accrue au stress hydrique), ainsi que la disparition ou la raréfaction des légumineuses.

L'essai rappelle également des éléments fondamentaux :

- ! La valeur fertilisante du fumier varie fortement d'une ferme à l'autre. Pour les bovins, la teneur en potassium ou en phosphore peut varier du simple au double, et celle en azote jusqu'à +50 %. Une analyse périodique du fumier est donc essentielle pour ajuster les apports aux besoins des cultures et optimiser la fertilisation.
- ! Pour les agriculteurs qui achètent, vendent ou échangent du fumier, il est utile de noter que la maturité du fumier influence fortement sa valeur. Un fumier mûr sera plus riche en éléments minéraux. Attention toutefois : « mûr » ne signifie pas « vieux ». Un fumier peut atteindre une bonne maturité en 4 à 6 semaines, à condition d'être stocké dans des conditions favorables. A l'inverse, un tas laissé longtemps au champ et non couvert sera lessivé, et appauvrit.

5.3 Perspectives pour de futurs essais

La couverture des tas de fumier stockés au champ a influencé l'aspect du produit final, en le rendant plus homogène, plus friable et plus facile à épandre. Ces observations suggèrent une maturation plus avancée et régulière du fumier sous bâche. Cette hypothèse a été renforcée par une prise de température ponctuelle, révélant une différence de +6 °C dans le tas couvert après 167 jours de stockage. Le bâchage pourrait ainsi favoriser un assainissement du fumier, notamment par la destruction des graines d'adventices ou la réduction de certains pathogènes. Pour confirmer cette tendance, il serait pertinent de suivre l'évolution thermique du tas à l'aide de thermomètres enregistreurs.

Une autre piste à explorer concerne le remplacement du compostage mécanique (retourneur d'andain) par le bâchage. En favorisant une maturation plus régulière et une élévation de la température, le bâchage pourrait permettre d'obtenir un fumier suffisamment stabilisé sans intervention mécanique.

Une piste complémentaire à explorer concerne l'impact du bâchage sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), en particulier le méthane et le protoxyde d'azote. En effet, la bâche modifie les conditions l'intérieur du tas, influençant ainsi les processus microbiens responsables de la production de ces gaz. Il serait pertinent de vérifier si le bâchage réduit ou augmente les émissions de GES. Des essais futurs pourraient intégrer des mesures directes des émissions gazeuses, afin de mieux quantifier cet effet et d'évaluer le bilan climatique global du bâchage.

Enfin, la technique des sacs enfouis est une méthode à retenir pour de futurs essais, en particulier lorsque le nombre de tas étudié est limité.

6 Remerciements

Nous remercions les agriculteurs et agricultrices du réseau Terraé pour leur participation et leur collaboration dans le cadre de cet essai. Le Centre de Michamps a pris en charge une partie des coûts d'analyses, ce dont nous le remercions. Nous remercions également Richard Lambert (Centre de Michamps) et Michaël Mathot (Centre de Recherche Agronomique Wallon) pour leur contribution à l'élaboration du protocole expérimental et à l'analyse des résultats.



7 Bibliographie

Vlaamse Landmaatschappij. (n.d.). MAP7 – Mestactieplan.

<https://www.vlm.be/nl/themas/waterkwaliteit/MAP7/Paginas/default.aspx>

Lambert, R. (2025). *Des carences en soufre et en potassium toujours fréquentes – Fertilisation des prairies*. In Wallonie Élevages, Dossier fourrages WE 04, avril 2025, pp. 28–30. ASBL Centre de Michamps. Disponible sur : <https://walakis.be>

Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz. (n.d.). Der Neubau einer Festmistplatte ist jetzt wichtig. <https://www.lwk-rlp.de/beratung/tierzucht/news-details-1/der-neubau-einer-festmistplatte-ist-jetzt-wichtig>

Land Baden-Württemberg. (2024, juillet). Angepasste Vorgabe für Rindergülle ab 1. Februar 2025. <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/angepasste-vorgabe-fuer-rinderguelle-ab-1-februar-2025-1>

Légifrance. (2011). Arrêté du 23 octobre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables.

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000025001662/2024-07-23/>

Al-Salem, S. M., Karam, H., & Al-Hajj, A. M. (2021). Carbon footprint of plastic waste: A case study of polypropylene. *Polymers*, 13(21), 3793. <https://doi.org/10.3390/polym13213793>

U.S. Environmental Protection Agency. (2021). Tool for the Reduction and Assessment of Chemicals and Other Environmental Impacts (TRACI), Version 2.2. <https://www.epa.gov/chemical-research/tool-reduction-and-assessment-chemicals-and-other-environmental-impacts-traci>

Ecoinvent Association. (2021). Ecoinvent database v3.8: Life Cycle Inventory data for mineral fertilizers. <https://ecoinvent.org>

Šálek, M., & Žmihorski, M. (2018). Manure heaps attract farmland birds during winter. *Bird Study*, 65(3), 426–430. <https://doi.org/10.1080/00063657.2018.1513989>

Grüebler, M. U., Korner-Nievergelt, F., & Von Hirschheydt, J. (2010). The reproductive benefits of livestock farming in barn swallows *Hirundo rustica*: Quality of nest site or foraging habitat? *Journal of Applied Ecology*. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com>