

Livret Lisier

Les engrais de ferme : les lisiers

B. Godden⁽¹⁾ et P. Luxen (Agra-Ost)

Ont collaboré à l'élaboration de cette brochure

SPW DER: C. Mulders, M. Thirion et A. Leroi

Nitrawal : D. Wouez

CRAW : JP. Destain et M. Mathot

UCL ELI : R. Lambert

Agra-Ost : T. Vliegen

Ainsi que J. Wahlen pour la mise en page

Ce travail a été financé par le SPW (DGO3)

¹ aujourd'hui CRAW

Table des matières

Glossaire	3
Introduction	3
1 Les lisiers : un engrais de ferme ! - La production de lisiers en Wallonie	4
1.1 Quelques définitions	4
1.2 Production d'engrais de ferme en fonction des espèces animales et types de stabulation	5
1.3 Productions des différents engrais de ferme en Wallonie	5
1.4 Relations avec le voisinage	10
Odeurs	10
2 Bâtiments, stockage et traitements	12
2.1 Les systèmes d'hébergement des animaux produisant du lisier	12
Type de bâtiments produisant exclusivement du lisier	13
Type de bâtiments produisant simultanément du lisier et du fumier	14
2.2 Le stockage	16
Citerne sous caillebotis	16
Citernes extérieures	17
LISIERS GAZ TOXIQUES	22
Moussage des lisiers	23
2.3 Les traitements	24
Le brassage des lisiers	24
L'aération	25
La méthanisation	26
La dilution	27
La séparation de phases	27
L'ajout d'additifs	30
En résumé : effet des traitements et additifs	32
2.4 Les caractérisations : précautions, échantillonnage et analyses	32
Echantillonnage	33
Echantillonnage lors de la vidange	35
Echantillonnage lors de l'épandage	35
Analyses rapides	35
Tableau 4. Compositions moyennes de quelques lisiers.	36
Teneurs en éléments traces métalliques (ETM)	37
Contaminations microbiennes des lisiers	37
3 Epandage des lisiers	38
3.1 Les périodes permises	38
3.2 Les conditions pour assurer un épandage optimal	39
3.3 Les modalités d'épandage : les différents systèmes d'épandage du lisier	39
1) Déflecteur-palette vers le haut	40
2) Déflecteur-palette vers le bas	41
3) Le pendulaire	41
4) L'épandage exact	41
5) La rampe d'épandage	42
6) Les tuyaux traînés	42
7) Epandeurs à patins et à gouttières métalliques	42
8) Injecteur à disques	43
9) Injecteurs à dents	43
Résumé de l'appréciation des différents systèmes d'épandage	44
Émissions d'ammoniac liées aux différents systèmes d'épandage	44
3.4 Les valeurs agronomiques et financières	47
Périodes optimales d'épandage	47
Effet de la dose d'apport	50
Efficacité en fonction de la culture	51
Efficacité en fonction des types de lisier	51
Phosphore et potassium	52

Raisonner la fertilisation avec du lisier.....	52
4 Les conséquences environnementales.....	55
5 Conclusions.....	57
Ce qui se traduira pour les agriculteurs par des gains financiers sur les coûts de fertilisation, pour l'environnement par une réduction importante des émissions d'ammoniac et pour les riverains et le grand public (la société) par une diminution importante des désagréments olfactifs qui donnent du lisier une image très négative dans l'opinion publique.	57
Dans ces conditions, les systèmes non paillés produisant du lisier peuvent répondre aux exigences d'une agriculture durable et responsable et pourront être acceptés sans réticence par la société.	58
Références.....	58
Remerciements	60
Annexe 1. Informations techniques pour la construction de fosses en béton ou en géomembrane, pour le placement d'une fosse métallique et les mises en place de poche à lisier et de citerne préfabriquée.	61

Glossaire

MF = Matière fraîche
MS = Matière sèche
NH₃ = Ammoniac
H₂S = Sulfure d'hydrogène
CH₃SH = Méthanethiol
NOX = Oxyde d'azote
CH₄ = Méthane
CO₂ = Dioxyde de carbone

Introduction

De tout temps, les déjections des animaux d'élevage ont émis une odeur plus ou moins fortement désagréable pour les êtres humains en fonction des espèces qui les produisent mais aussi de leur alimentation : les odeurs deviennent plus fortes et plus dérangeantes lorsqu'on passe d'un régime alimentaire herbivore ou très fibreux (chevaux, moutons, certains bovins) à un régime alimentaire plus riche de type omnivore ou granivore (porcs, volailles), pour culminer avec les régimes carnivores (chiens, chats, ...).

Mais de tout temps aussi, les éleveurs ont compris que ces déjections participaient à un des cycles et permettaient de fertiliser les terres destinées à l'élevage ou aux cultures. C'est un coproduit très important de l'activité d'élevage et tous les modèles d'agriculture anciens comme les modèles récents d'agriculture dite « durable » basent la fertilité des terres sur ce processus de recyclage. Nous n'avons rien inventé et, ici au Moyen Age, comme dans certaines régions d'Afrique ou d'Asie encore aujourd'hui, la fonction de fertilisation fournie par certains troupeaux (chèvres ou moutons essentiellement) était ou est une des fonctions sinon la fonction première de l'élevage à côté d'une fonction de thésaurisation (capital vivant) et seulement accessoirement de production de viande, lait ou laine.

Nos animaux d'élevage ont pour fonction première de fournir une part de notre alimentation sous la forme de viande, lait et œufs. Cela ne peut nous faire oublier qu'ils produisent en même temps des déjections qui représentent un engrais organique composé de grande valeur apportant à la fois azote, phosphore et potassium, soit les principaux fertilisants indispensables aux cultures. Ne pas valoriser ces produits, c'est briser le cycle de l'agriculture en exportant des produits sans rien restituer en compensation, et générer des déchets dont on sait que nos sociétés en produisent déjà en excès et ont toutes les peines du monde à les gérer.

Les techniques d'élevage évoluent en permanence : les déjections d'antan sont devenues fumiers, puis fumiers et purins, fumiers compostés et de plus en plus lisiers. Ces derniers ont des caractéristiques propres qui imposent une gestion pointue, mais qui permettent aussi un effet fertilisant très efficace. Ce livret vous permettra de mieux en comprendre les enjeux et techniques spécifiques aux lisiers.

Reste le fondement du message, résumé par la quasi-obsession des rédacteurs de ce livret, à remplacer le terme « effluents d'élevage », entendu aujourd'hui comme « déchets », par le terme « engrais de ferme », entendu comme « produit de circuit court ». Puissent-ils être entendus par les lecteurs de ce livret, agriculteurs professionnels ou autres, pour que ces matières retrouvent une juste place dans le cycle de la production et, in fine, de la vie.

1 Les lisiers : un engrais de ferme ! - La production de lisiers en Wallonie

1.1 Quelques définitions²

- Les engrais de ferme sont des fertilisants organiques d'origine agricole résultant de la transformation via des processus naturels, plus ou moins fortement influencés par leurs modes de gestion, de déjections animales mélangées ou non avec d'autres composants tels que des litières et/ou dilués. On y retrouve les lisiers, les fumiers, les fumiers compostés, les purins, les déjections de volailles, ...
- Les lisiers sont le mélange de fèces et d'urines, sous forme liquide ou pâteuse. En Wallonie, les lisiers sont principalement produits par les bovins et les porcins.
- Les fumiers sont le mélange solide de litière (le plus souvent de la paille), d'urine et d'excréments d'animaux, à l'exclusion des fumiers de volaille. Il faut distinguer fumier mou et fumier pailleux.
 - o Les fumiers mous sont des fumiers comportant très peu de paille, dont le tas constitué dans un espace libre de tout obstacle ne peut atteindre une hauteur moyenne de plus de 65 centimètres, quelle que soit la quantité déposée. Par hauteur moyenne, on entend la hauteur du tas disposé sous forme d'andain. Parmi les fumiers mous se retrouvent les fumiers de raclage. Lorsqu'ils sont mis en tas, il s'en écoule des jus, même en l'absence de pluie.
 - o Les fumiers pailleux sont des fumiers contenant suffisamment de litière, ce qui les structure et assure une tenue en tas.
- Les purins sont les urines seules, diluées ou non, s'écoulant des lieux d'hébergement des animaux.
- Les composts de fumier sont des fumiers pailleux ayant subi un traitement mécanique d'aération adéquat permettant sa décomposition aérobie, le compostage³. Un fumier est réputé composté lorsque sa température, après s'être élevée à plus de 60 °C, est redescendue à moins de 35 °C.



² En référence aux définitions légales du Programme de Gestion Durable de l'Azote (PGDA)

³ Pour en savoir plus : "Le compostage des fumiers, une technique de valorisation des matières organiques en agriculture" Les livrets de l'agriculture n° 20, P. Luxen, B. Godden et F. Rabier

1.2 Production d'engrais de ferme en fonction des espèces animales et types de stabulation

Les tableaux suivant reprennent les quantités produites par les différents animaux pour les principaux types d'hébergement.

Tableau 1 : "Volume moyen de production d'engrais de ferme - effluents d'élevage - par période de six mois ⁴"

	CAILLEBOTIS ET GRILLES	STABULATION ENTRAVEE		STABULATION SEMI-PAILLEE	
	Lisier	Fumier	Purin	Fumier***	Lisier
	m ³ /animal/6 mois				
Bovin de moins de 6 mois	1,9*	2,5	0,4	1,2	1,4
Taurillon de 6 à 12 mois	3,7	3,5	0,5	2	1,9
Taurillon de 1 à 2 ans	5,6	6	0,9	2,8	3
Génisse de 6 à 12 mois	3,7	3,5	0,5	2	1,9
Génisse de 1 à 2 ans	5,6	5	0,7	3	2,7
Vache allaitante et son veau**	7,8	7	1,1	6	3,9
Vache laitière	10	8,5	1,3	5,4	4,9
Vache de réforme	6,7	6	0,9	3,6	3,2
Autre bovin de plus de 2 ans	6,7	6	0,9	3,6	3,2

	CAILLEBOTIS	STABULATION PAILLEE AVEC RECOLTE DES URINES		STABULATION ENTIEREMENT PAILLEE		STABULATION SUR LITIERE ACCUMULEE OU BIOMAITRISEE
	Lisier	Fumier	Purin	Fumier	Fumier***	Fumier***
				Au moins 2 nettoyages par semaine	Moins de 2 nettoyages par semaine	
m ³ /place/6 mois						
Porcelet (de 4 à 10 semaines)	0,20	0,27	0,1	0,28	0,28	0,28
Truie gestante	2,4	0,75	0,75	2,7	2,7	2,7
Truie avec porcelet	3,6	1,8	1	4,6	4,6	4,6
Verrat	2,5	0,75	0,75	2,7	2,7	2,7
Porc à l'engrais	0,6	0,37	0,27	0,66	0,66	0,66

1.3 Productions des différents engrais de ferme en Wallonie

Les quantités produites par les différents engrais de ferme ainsi que les quantités d'éléments fertilisants qu'ils représentent ont été estimées dans le cadre du projet Contasol⁵.

⁴ selon les normes du PGDA le programme wallon de gestion durable de l'azote

⁵ à partir de la base de données de la Convention Contasol CRAW -SPW DPS G. Piazzalunga 2012 et de l'actualisation des données de l'inventaire des étables.

En Wallonie, les quantités totales de nutriments produits annuellement dans les engrais de ferme totaux s'élèvent à 78.900 tonnes d'N, 34.800 t. de P₂O₅ et 72.400 t. de K₂O. Certains d'entre eux sont restitués directement au pâturage (dans les pissats et bouses), d'autres, produits dans les bâtiments d'élevage, sont stockés et disponibles pour épandage (on parle alors de maîtrisables, que l'on va pouvoir gérer) : les fumiers, lisiers, purins et déjections de volailles.

En Wallonie, les engrais de ferme disponibles pour épandage représentent près de 8.800.000 tonnes matière fraîche (MF), 42.300 tonnes d'N, 19.500 t de P₂O₅ et 39.700 t de K₂O.

Ceci correspond respectivement à 52 % de l'azote apporté par les engrais minéraux, à 120 % pour le phosphore et 130 % pour le potassium.

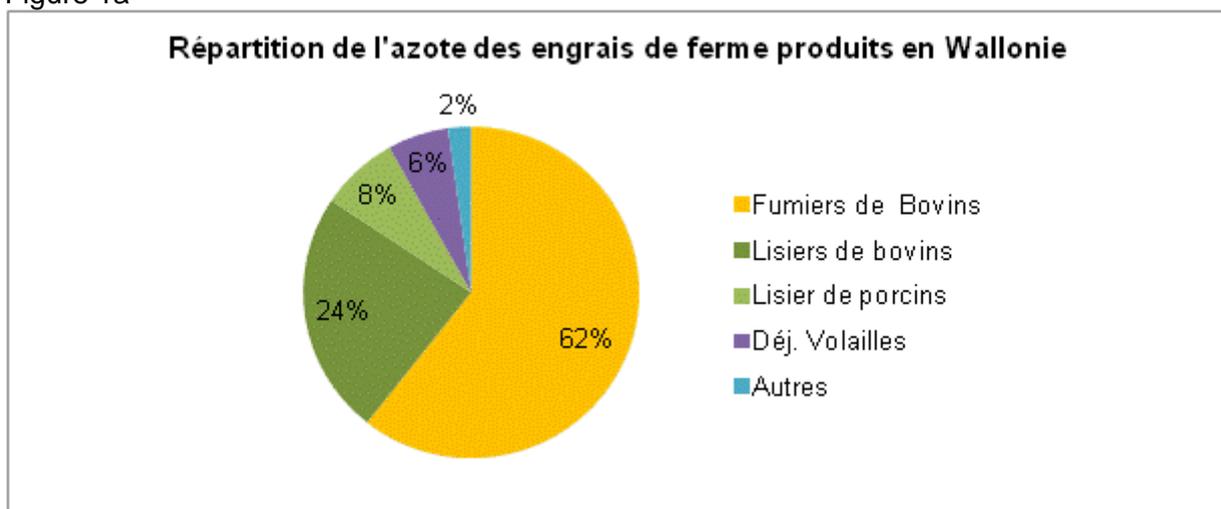
Ces deux derniers éléments sont donc principalement apportés par la fertilisation organique.

Si on compare ces productions aux besoins en prairies pâturées, les restitutions par les pissats et bouses couvrent souvent déjà en tout ou en grande partie, les besoins en P et K.

La répartition des engrais de ferme est donnée dans les figures suivantes (figures 1a,1b et 1c) : Les lisiers représentent un quart des quantités (en matière sèche (MS)) des engrais de ferme produits en Wallonie.

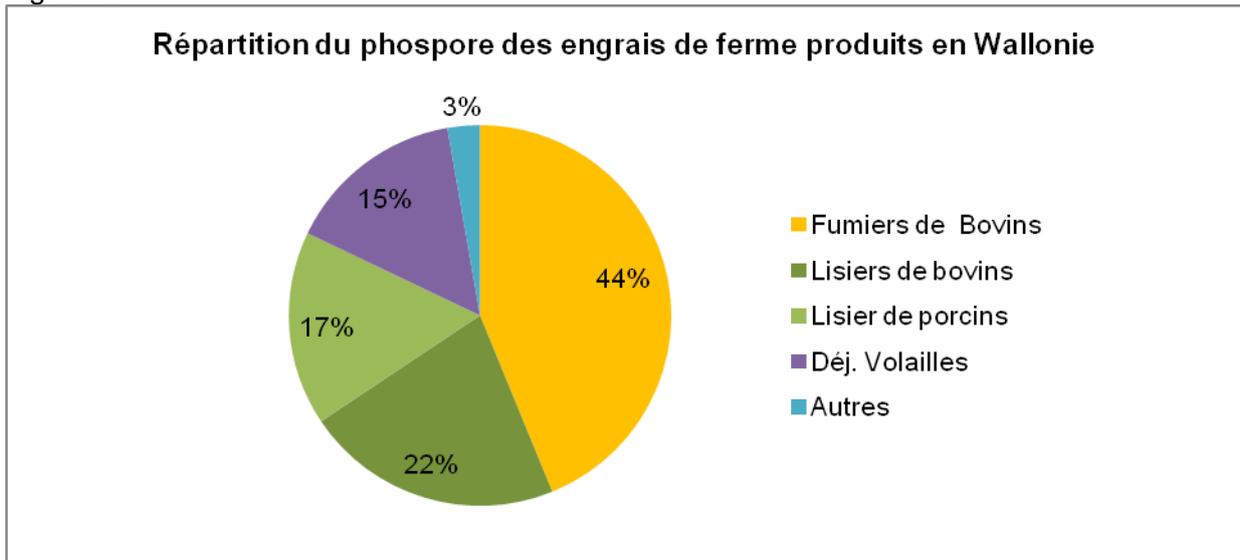
Dans la catégorie "Autres" se retrouvent les engrais de ferme des ovins, caprins, chevaux, lapins, ...

Figure 1a



En terme d'azote produit, les lisiers contribuent pour 32 % de l'azote des engrais de ferme en Wallonie, principalement produit par les bovins.

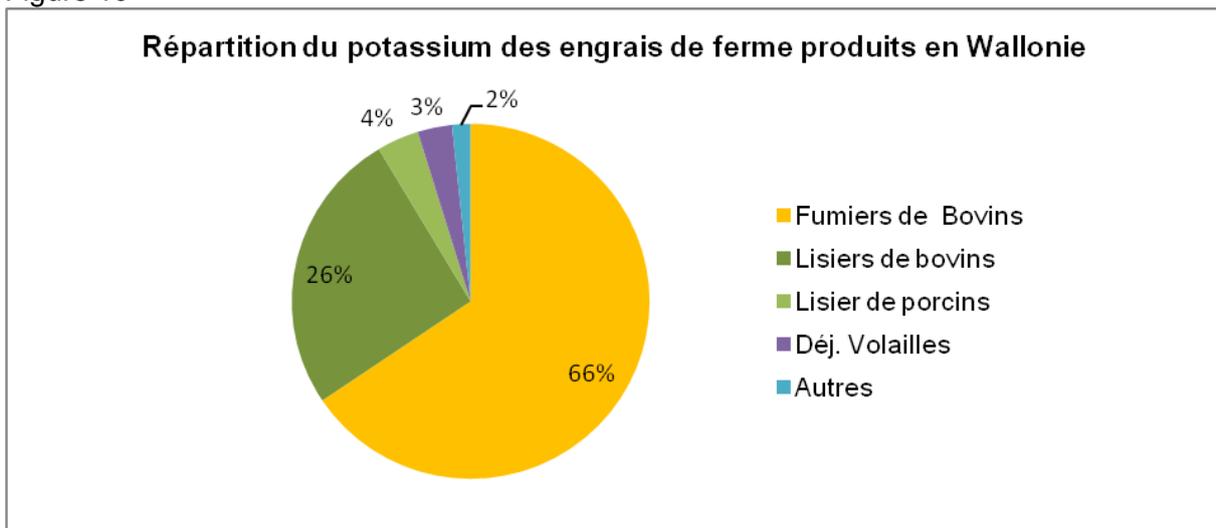
Figure 1b



(*) Phosphore exprimé en P_2O_5

Pour le phosphore des engrais de ferme produits en Wallonie, la part des lisiers s'élève à près de 40 % et, au sein des lisiers, 44 % proviennent des porcs et 56 % des bovins.

Figure 1c



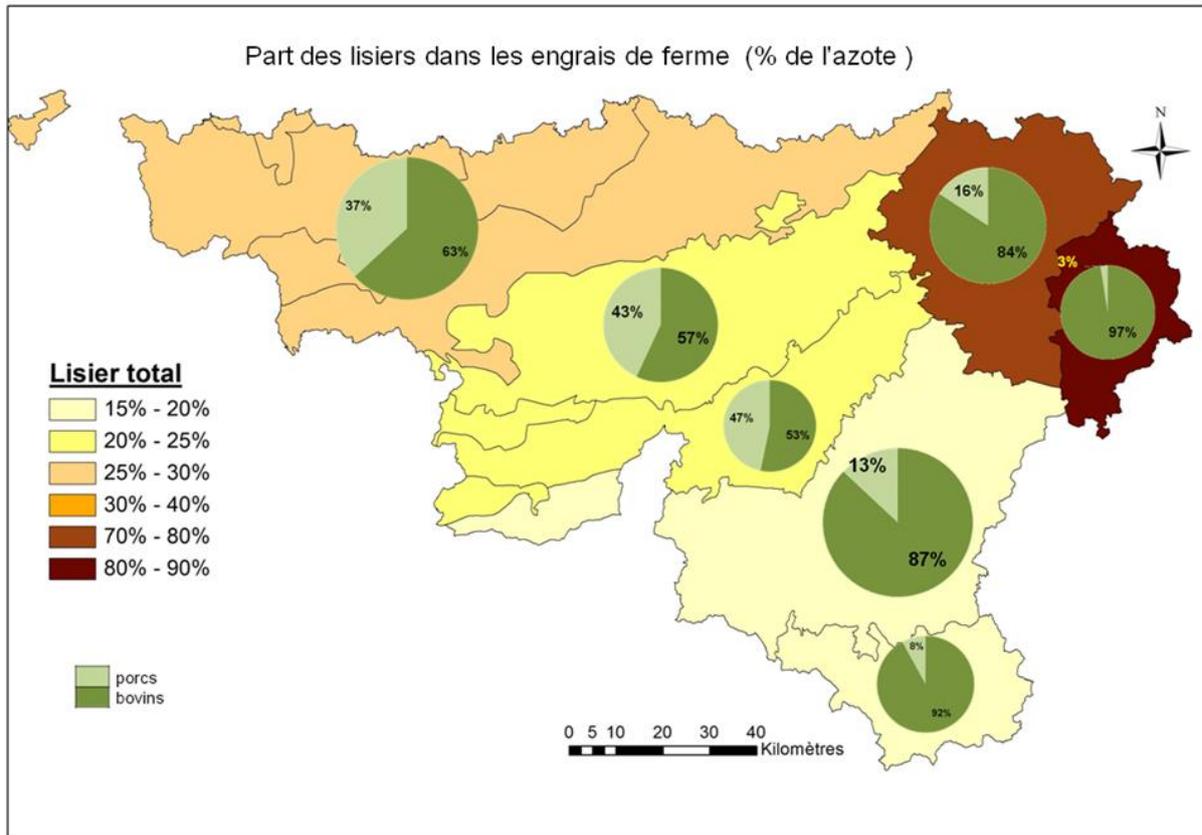
(*) Potassium exprimé en K_2O

Pour le potassium, les lisiers contribuent pour 30 % du potassium des engrais de ferme.

Localisation des productions de lisiers en Wallonie et contributions des cheptels bovins et porcins dans ces productions.

Les lisiers sont principalement produits dans les régions herbagère liégeoise et en Haute-Ardenne où ils constituent plus de 80 % des engrais de ferme produits⁶.

Figure 2a



En Haute-Ardenne, les lisiers (essentiellement de bovins) représentent jusqu'à 82 % de l'azote, 85 % du P_2O_5 et 82 % du K_2O produits, tandis qu'en région herbagère liégeoise, les lisiers représentent 78 % de l'azote, 79 % du P_2O_5 et 79 % du K_2O .

Au sein de la région herbagère liégeoise, il faut distinguer entre la partie nord -le Pays de Herve et d'Eupen- et la partie sud, l'Ardenne liégeoise.

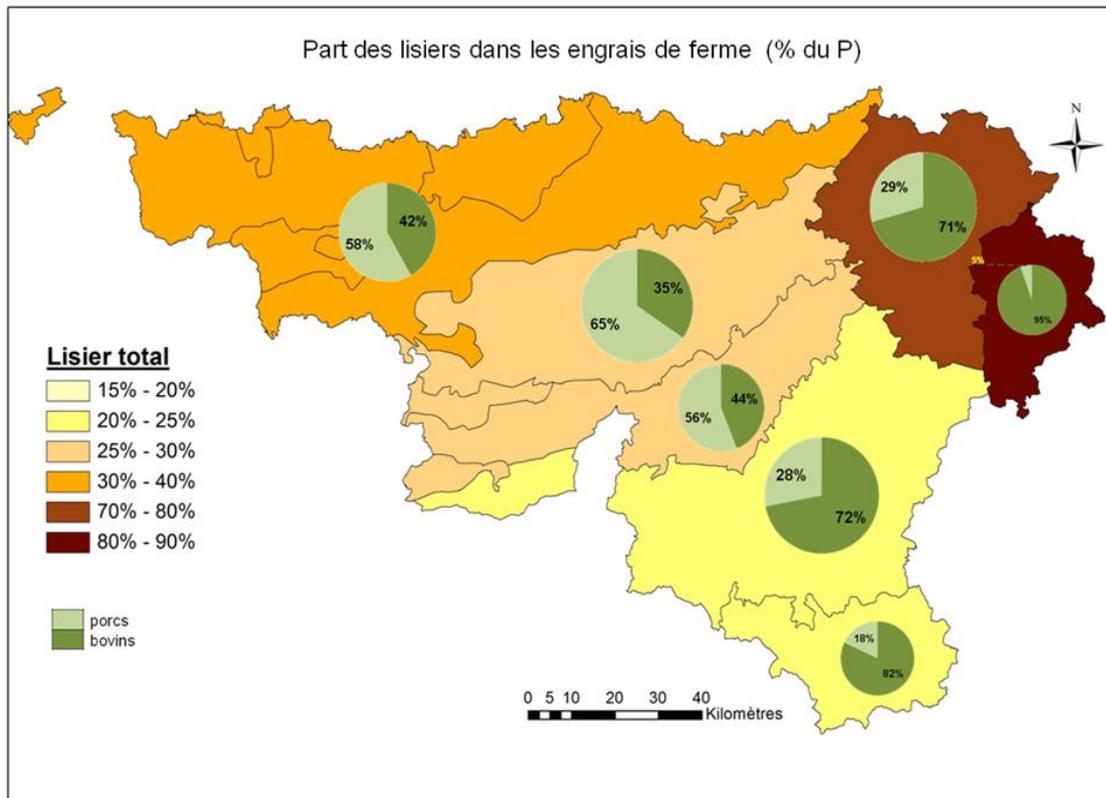
La part du lisier de porcs est nettement la plus élevée au Pays de Herve et d'Eupen où les lisiers sont très nettement les premiers engrais de ferme.

Pour les autres régions où les fumiers de bovins constituent les principaux engrais de ferme produits, la situation est illustrée par les cartes.

Les quantités de lisiers de porcs produites restent cependant nettement moins importantes que celles des lisiers de bovins. Sur la Wallonie, ils constituent une proportion moyenne de 8 % de l'azote, 17 % du P_2O_5 et 4 % du K_2O des engrais de ferme ; mais dans les régions limoneuse, sablo-limoneuse et herbagère, ils contribuent pour plus de 10 % de l'azote et de 20 % du P_2O_5 apportés par les engrais de ferme.

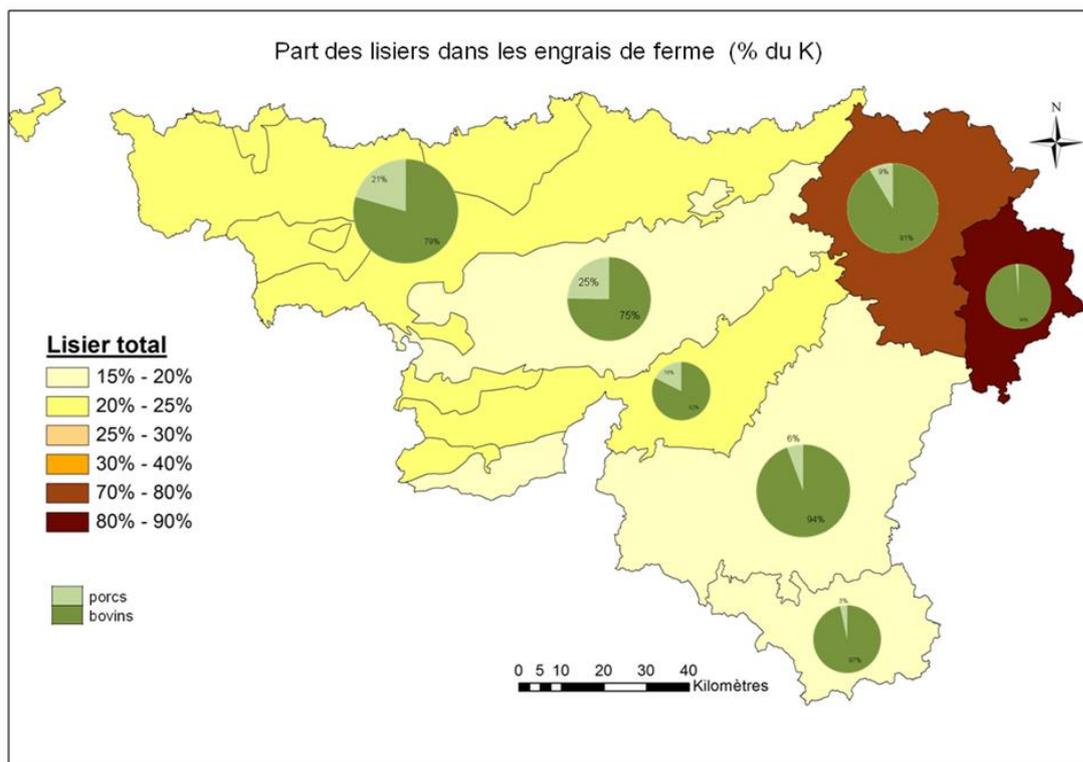
⁶ Exprimés en matière sèche.

Figure 2b



La part des lisiers dans le phosphore (Figure 2b) apporté par les engrais de ferme est conséquente même en régions limoneuses et en Condroz ; ceci est lié à la contribution des élevages porcins dont les lisiers sont beaucoup plus riches en cet élément.

Figure 2c



La production de lisier est à mettre en relation avec la disponibilité de la paille dans les régions agricoles et du choix des spéculations.

Pour les élevages de porcs, les systèmes paillés (litière bio-maîtrisée comprise) régressent fortement en raison à la fois du coût de la paille et du surcroît de main-d'œuvre que ces systèmes paillés requièrent⁷.

Toutefois, les systèmes paillés sont préconisés dans les cahiers des charges des porcs de filières différenciées et dans les normes de bien-être animal.⁸

1.4 Relations avec le voisinage

Les lisiers ont une mauvaise image dans l'opinion publique. En effet, en général ils sont synonyme d'odeurs, de nuisances et de pollutions et pour les riverains d'élevages importants s'y ajoutent les problèmes de charroi, d'insectes indésirables et de poussières.

Odeurs

Si les odeurs du lisier sont spécifiques aux types d'animaux et de spéculation, il n'en reste pas moins qu'elles sont le plus perceptible lors des manipulations et des épandages. Elles sont engendrées par des processus physiologiques qui se déroulent dans le tractus intestinal des animaux et par les dégradations subies ultérieurement lors de leur stockage.

Au niveau des bâtiments, les nuisances sont souvent évaluées par les émissions d' NH_3 qui sont prédominantes, mais les sensations olfactives sont en grande partie dues à d'autres molécules émises en faibles quantités, mais très odorantes. Parmi ces composés très odorants, on retrouve pour les porcs⁹ des mercaptans, des amines, l'hydrogène sulfuré (H_2S)

⁷ B. Nicks communication personnelle

⁸ Pour plus de détail voir la Filière porcine wallonne : <http://www.fpw.be/>

⁹ Pascal Peu "La gestion des effluents d'élevage et la production d'hydrogène sulfuré, cas particulier de la méthanisation" (Thèse Université de Rennes 2011)

et, pour les bovins, outre l'ammoniac, ce sont l' H_2S , le CH_3SH et le CH_3S qui sont cités. Ces gaz soufrés, comme aussi les amines, sont particulièrement malodorants.

L'odeur des lisiers est donc due à une multitude de composés.

Certains gaz réagissent au contact de l'oxygène de l'air et leur nuisance olfactive disparaît alors que d'autres sont malheureusement plus persistants et l'odeur évolue avec la dispersion des gaz. Certains gaz se fixent sur les poussières et sont alors propagés sur des distances beaucoup plus longues en fonction des vents, accentuant alors les nuisances pour les riverains. Une part importante des odeurs est liée aux déjections animales dès l'émission par les animaux ou par le mode de raclage ou de stockage du lisier sous les animaux.

Le contact air - déjection est le facteur déterminant. Ainsi, pour un même bâtiment, selon la propreté qui y règne, le niveau des odeurs peut être fort différent. La propreté réduit fortement les nuisances olfactives. Des efforts peuvent être faits pour les nouvelles étables quant au choix des matériaux de revêtement de sol.

Le stockage du lisier dans le bâtiment, sous le caillebotis, est responsable en grande partie des odeurs émises par le bâtiment. C'est pourquoi l'installation de racleurs dans la pré-fosse sous le caillebotis destinés à évacuer le lisier hors des bâtiments permet de réduire de 40 à 50 % les émissions d'ammoniac et d'odeurs. Les racleurs en V sont particulièrement indiqués¹⁰.

En porcheries, les systèmes "caillebotis partiels" (une partie de l'aire en caillebotis et une partie avec litière) imaginés pour réduire le niveau des émissions d'ammoniac et des autres gaz odorants par la réduction de la surface disponible occupée par les caillebotis ne posent pas moins de problèmes d'odeurs et d'émissions que les systèmes "caillebotis intégral"¹¹). Ces systèmes semblent cumuler les inconvénients des caillebotis intégraux (émissions d'ammoniac et de gaz hydrogénés (amines, mercaptans, hydrogène sulfuré, ...) et ceux des litières paillées (émissions de gaz à effet de serre comme le méthane et le protoxyde d'azote dans les bâtiments).

En élevage porcin, l'**alimentation** est beaucoup plus contrôlée que pour les bovins. Les propriétés des excréments des animaux sont directement influencées par l'alimentation ingérée dont l'objectif est d'optimiser la croissance, mais on ne dispose que de marges étroites pour réduire les odeurs. Globalement, l'alimentation « multiphasées » telle que de plus en plus souvent utilisée permet de réduire les rejets azotés de $\pm 15\%$ et de phosphore de 20 à 40 % et s'accompagne généralement d'une réduction de la consommation en eau, ce qui peut entraîner une réduction des volumes de lisiers produits. Moins de rejets azotés signifie moins d'ammoniac, mais l'alimentation multiphasées a peu d'influence sur les autres composés (mal)odorants.

Ainsi, les modifications de l'alimentation par l'ajout de fibres solubles (en substituant du blé par de l'orge, plus riche en fibres solubles ou par ajout de pulpes de betteraves), si elles permettent un abattement des émissions d'odeurs, se sont toujours traduites par un accroissement des émissions de méthane (un puissant gaz à effet de serre) et de NO_x .

Il semble impossible de réduire à la fois les émissions des deux types de gaz (les hydrogénés souvent malodorants et les gaz à effet de serre dont le méthane).

¹⁰ Pour plus de détails RTM Elevage et environnement Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage, p 137 et suivantes.

¹¹ Nicks B. 2011 Évaluation environnementale comparée de l'élevage de truies gestantes sur sols paillés et sur sols à caillebotis, rapport final de convention SPW DGARNE ULg CRAW

Il faut souligner que, pour les porcs et les volailles, l'ensemble des engrais de ferme (lisiers, fumiers) posent des problèmes à l'épandage en raison des mauvaises odeurs.

2 Bâtiments, stockage et traitements

2.1 Les systèmes d'hébergement des animaux produisant du lisier

Les systèmes d'hébergement des animaux sont divers et très variés. Certains, comme les caillebotis, vont conduire à la production exclusive de lisier, d'autres à la production exclusive de fumier pailleux, comme les stabulations entièrement paillées. Tous les systèmes intermédiaires existent. Ils produisent des engrais de ferme qui diffèrent également en fonction du niveau de paillage, de la fréquence de raclage, de l'alimentation, du type de bétail, ... Ainsi, le système français de dimensionnement des infrastructures considère les engrais de ferme suivants : fumier très compact, fumier compact, fumier mou à compact, fumier mou, fumier très mou, lisier pailleux, lisier dilué pailleux, lisier dilué, lisier. Lors de la conception du bâtiment d'élevage, il est important de la raisonner en fonction de l'engrais de ferme qui sera produit, en tâchant d'éviter au maximum les produits intermédiaires entre les fumiers compacts et les lisiers pailleux qui sont difficiles à égoutter, à stocker, à épandre et donc à valoriser.

Les lisiers purs sont produits dans les porcheries, les étables sur caillebotis, et dans les étables avec couloirs de raclage non paillés.

Caillebotis



Les caillebotis constituent le système de production de lisier le plus répandu. A fentes ou à trous, ils couvrent le plus souvent le réservoir de stockage et permettent aux déjections de l'atteindre par gravité et par le piétinement du bétail. Les dimensions variables des dalles offrent de la souplesse pour la construction des couloirs et les largeurs des ouvertures sont fonction du bétail hébergé (porcs ou bovins).

Caillebotis



Caillebotis



Couloirs de raclage



Ces couloirs sont nettoyés par le passage d'un racleur qui pousse ou qui tire les déjections vers un réservoir situé en dehors du bâtiment d'élevage. Le raclage peut s'effectuer en poussant le lisier à l'aide d'un tracteur muni d'un rabet ou de manière autonome avec un racleur mécanique à programmation manuelle ou automatique.

Aussi, dans un même bâtiment peuvent être produits exclusivement un seul type d'engrais de ferme ou au contraire plusieurs engrais de ferme nécessitant des installations différentes pour le nettoyage, le stockage et la manutention.

Type de bâtiments produisant exclusivement du lisier

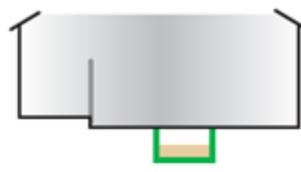
Logette caillebotis, caillebotis intégral



Logettes non paillées, couloir raclé



Logettes caillebotis,
caillebotis intégral (A)



Entravée sur grille (B)



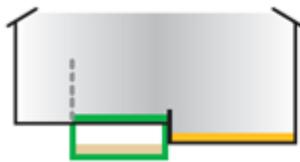
Logettes non paillées
raclées (C)

Type de bâtiments produisant simultanément du lisier et du fumier

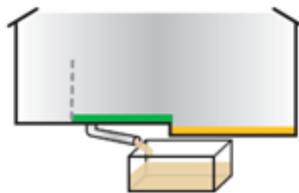
Aire paillée et caillebotis au cornadis



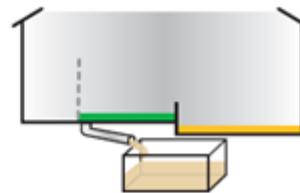
Aire paillée et couloir raclé non paillée



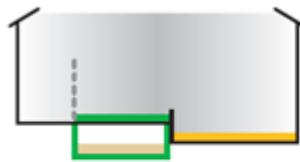
Aire paillée et caillebotis au cornadis (E)



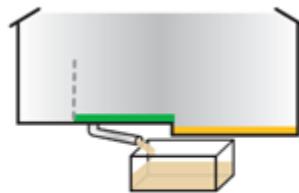
Aire paillée et couloir raclé non paillé (F)



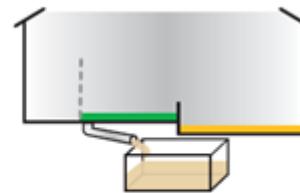
Aire paillée et couloir raclé non paillé avec marche et muret (G)



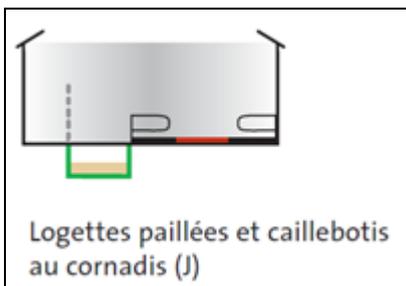
Aire paillée et caillebotis au cornadis (E)



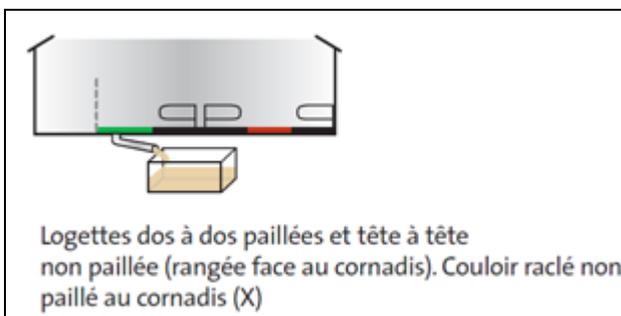
Aire paillée et couloir raclé non paillé (F)



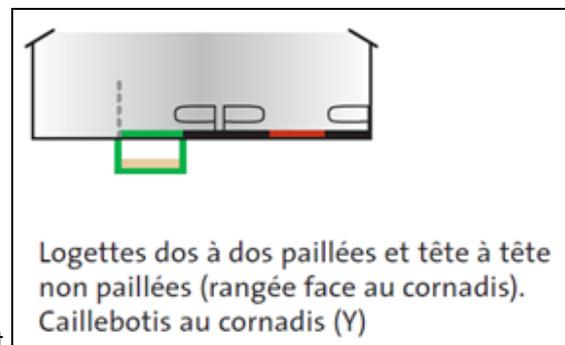
Aire paillée et couloir raclé non paillé avec marche et muret (G)



Logettes paillées et caillebotis au cornadis (J)



Logettes dos à dos paillées et tête à tête non paillée (rangée face au cornadis). Couloir raclé non paillé au cornadis (X)



Logettes dos à dos paillées et tête à tête non paillées (rangée face au cornadis). Caillebotis au cornadis (Y)

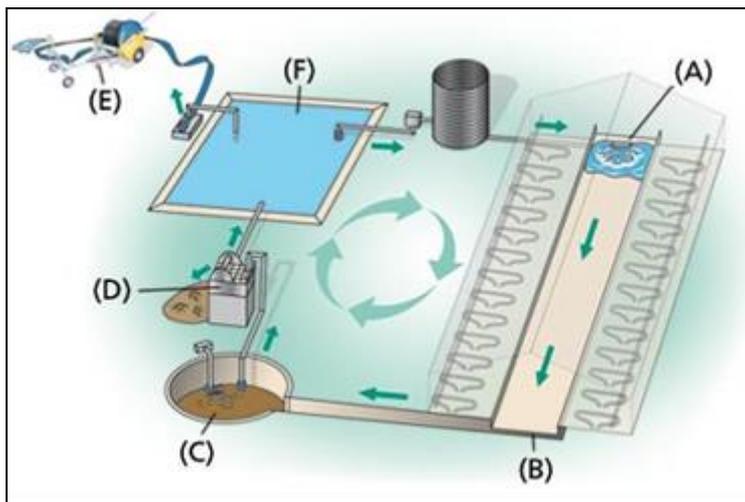
et

- **Un système récent : les étables non paillées nettoyées par "vagues d'eau"** (encore appelées "douches" ou hydrocurage). De l'eau stockée dans un réservoir est propulsée par une pompe à haut débit, ce qui provoque une vague (effet de chasse d'eau) qui entraîne les déjections et même des fumiers mous vers une fosse de traitement.

Là, un mixer homogénéise le tout qui va être envoyé vers un séparateur de phase à tamis vibrant. Le solide est évacué tandis que le liquide peut être soit recyclé pour un nouveau lavage soit épandu.

Les avantages en sont un gain de temps, car tout est commandé automatiquement (plus de manutentions), une grande propreté des étables avec une réduction des odeurs ainsi qu'une réduction de 50 à 65 % de la teneur en ammoniac dans l'atmosphère de l'étable.

Par contre, des problèmes de maladies des pieds sont rapportés ainsi que des incertitudes en cas de très fortes gelées.



Schéma

12

Largage (A), Hydrocurage, une vague d'eau entraîne les salissures.

Récupération (B), les "jus" sont collectés et dirigés vers une fosse.

Homogénéisation (C), un broyeur brasse l'ensemble pour éviter la formation de croûtes.

Séparation (D), le tamis vibrant sépare les éléments solides et liquides. e.

Stockage (F), les liquides sont stockés avant de recommencer un cycle de lavage.

Les liquides purifiés lors de la séparation sont stockés dans une réserve. L'eau sera reprise pour un nouveau cycle de lavage.

Cette technique pourrait se développer à l'avenir en Wallonie à l'image de ce qui se passe dans les régions voisines mais, en 2012, il n'y avait qu'une seule exploitation l'utilisant.

- En porcheries : les laveurs d'air

Pour réduire les odeurs au niveau des porcheries, des systèmes de capture des gaz malodorants et des poussières ont été développés : les laveurs d'air et les filtres biologiques d'air.

Le système utilise l'eau de pluie, rendue acide par sa teneur en CO_2 dissout (H_2CO_3 acide carbonique)¹³, pour piéger l'ammoniac, les autres gaz et les poussières.

¹² Schéma C-R-D

¹³ il existe aussi des laveurs d'air chimiques où de l'acide sulfurique est rajouté à l'eau pour l'acidifier et ainsi augmenter ou accélérer le piégeage des gaz ; ils semblent être limités aux très gros élevages.

Le rendement de capture d' NH_3^{14} approche les 70 % et est presque total pour les poussières.

Les eaux du laveur vont dans la fosse à lisier.

Ces systèmes de laveurs d'air ainsi que des filtres permettent de réduire très significativement les émissions d'odeurs, d'ammoniac et de poussières.

Ils sont souvent proposés pour les nouvelles porcheries ou les agrandissements de porcheries existantes quand ils sont trop proches d'habitations riveraines car, pour ces exploitants, ce serait la solution la plus aisée à mettre en œuvre pour limiter les nuisances olfactives (et pour pouvoir continuer à exploiter), mais ces systèmes peuvent être très énergivores et très consommateurs d'eau et, en raison de leur coût, ils ne semblent être intéressants que pour les porcheries de plus de 2000 porcs.

Les coûts d'investissement et de maintenance ainsi que les besoins en eau de pluie et l'accroissement des capacités de stockage des lisiers ont été chiffrés (Mahu J.L. 2011).

2.2 Le stockage

Si le système d'hébergement des animaux est constitué de caillebotis, le stockage s'effectue sous les animaux ; par contre, s'il s'agit de couloirs de raclage, le lisier est stocké en dehors des bâtiments d'élevage.

La réglementation (AGW du 10/10/2002 et du 15/02/2007) relative à la gestion durable de l'azote en agriculture impose une capacité de stockage des engrais de ferme liquides de 6 mois. Ces infrastructures doivent évidemment être étanches et dépourvues de trop plein. De plus, elles sont aménagées de manière à empêcher les entrées non maîtrisées d'eau de ruissellement ou de toiture.

Citerne sous caillebotis.



Ce système de gestion des lisiers, généralement plus coûteux à la construction que le système de raclage, ne nécessite aucune intervention de la part de l'agriculteur. Le lisier atteint la citerne par gravité et par le piétinement du bétail. Certaines étables sont également équipées de racleurs à caillebotis manuels ou automatiques qui permettent de garder les caillebotis très propres pour une hygiène maximale des onglons. En élevage bovin, ces citernes devraient être conçues pour permettre un mixage et donc une circulation du lisier dans la citerne. Le circuit est tracé par les murs extérieurs et les murs de refend qui soutiennent les caillebotis, les dalles de logettes,... Il faut veiller à prendre en compte ces murs de refend dans le calcul des capacités de stockage, car les volumes qu'ils représentent peuvent être très importants.

¹⁴ L' NH_3 est mesuré pour lui-même et comme indicateur de piégeage des autres gaz.

Citernes extérieures



Les citernes extérieures peuvent être alimentées directement par le racleur par un canal d'amenée qui relie la citerne à une préfosse. Dans ce dernier cas, le racleur alimente la préfosse.



Si les citernes sous caillebotis sont toujours réalisées en béton, on rencontre différents matériaux pour les citernes extérieures.



béton - coulé sur place



béton - bloc de coffrage



béton – fosse préfabriquée



béton – éléments préfabriqués

métal



acier



inox

Géomembrane



sans armature : lagune

sac à lisier

Initialement de capacités limitées, on trouve aujourd'hui des sacs à lisier de 1000 m³.



avec armature – grillage métallique



avec armature – tôles ondulées



avec armature – câbles et bandes de caoutchouc

La construction ou la mise en place des citernes doit respecter un cahier des charges qui décrit le choix des matériaux, l'emplacement, les fondations,... de manière à garantir l'étanchéité des ouvrages et la sécurité du personnel. Ces prescriptions techniques sont reprises en annexe¹⁵.

Quelques recommandations techniques

Les fosses enterrées

Elles sont à parois verticales et radier horizontal. Ce dernier est de forme rectangulaire ou ronde.

Une forme cylindrique de la fosse permet de profiter d'un effet « voûte », ce qui la rend plus stable vis-à-vis de la pression latérale exercée par les terres de remblai.

Pour éviter les problèmes à la reprise par le haut des effluents stockés, la profondeur maximale d'une fosse enterrée est de 3 m.

Les fosses semi-enterrées

Elles sont soit à parois verticales et radier horizontal comme les fosses enterrées soit à parois inclinées de section carrée ou rectangulaire et radier horizontal (fosse bateau).

Les stockages hors-sol

Les stockages hors-sol sont, dans la majorité des cas, de section circulaire. Les éléments doivent être montés par des entreprises spécialisées. Le radier est en béton armé. Les sacs à lisier constituent une alternative.

La fosse ne peut être équipée d'un trop plein.

Dans le cas des fosses ouvertes de grande dimension, une hauteur de garde de 40 à 50 cm est prévue pour tenir compte des précipitations et de l'effet du vent.

Sécurité

Le risque d'accident est réel. Pour les fosses enterrées ou semi-enterrées à ciel ouvert, une clôture de protection est indispensable pour la sécurité de tous. Celle-ci doit être d'une hauteur suffisante (au moins 2 m) pour en empêcher l'escalade.

Pour les fosses à parois verticales, la clôture est fixée sur les parois.

On installe également des barres antichute. Un réservoir muni d'une structure de recouvrement qui n'est pas conçue pour supporter le poids de véhicules doit être clôturé et clairement indiqué.

Les couvercles des trous d'accès sont conçus de façon à ce qu'ils ne puissent tomber dans le réservoir (préférer des couvercles ronds). Ils sont assez lourds pour ne pas pouvoir être soulevés par des enfants.

¹⁵ D'après le Livret de l'Agriculture n° 11

Pour les fosses semi-enterrées de type bateau, une voie d'accès stabilisée doit permettre d'accéder jusqu'au point de reprise (1 mètre du bord), sans nuire à la stabilité des talus.

Les spécifications techniques de construction des modes de stockage figurent en annexe 1.

Coûts des différents systèmes

Les coûts mentionnés (TVAC février 2013¹⁶) dans ce chapitre sont calculés pour une capacité de 1000 m³ installés (terrassements compris).

Les prix des systèmes sont inversement proportionnels à leur volume et sont bien sûr aussi fonction des travaux de remblai nécessaires et de la part de travail que l'agriculteur peut effectuer lui-même. Certains systèmes sont adaptés à l'agrandissement des capacités de stockage existantes.

Les prix mentionnés sont donc indicatifs.

Système classique (sous l'étable)

- 100 à 105 €/m³

Système hors-sol

- Acier émaillé 45 à 53 €/m³. Inox 55 à 73 (inox ondulé) €/m³

Système hors-sol

- Béton : 50 à 56 €/m³

Démontable à armature sans couverture

- 27 à 32 €/m³

Système au ras des bâtiments ou en dehors de l'exploitation

- Bassin 23 à 26 €/m³

Sac à lisier

Simple

- 35 à 38 €/m³

Avec brasseur immergé

- ± 53 €/m³

Les séparateurs de phase qui permettent de retirer la fraction solide du lisier (ce qui représente une vingtaine de % du volume total) constituent un autre moyen d'accroître les capacités de stockage, la fraction solide pouvant être stockée en tas.

¹⁶ Pour plus de détails voir Agra-Ost T. Vliegen

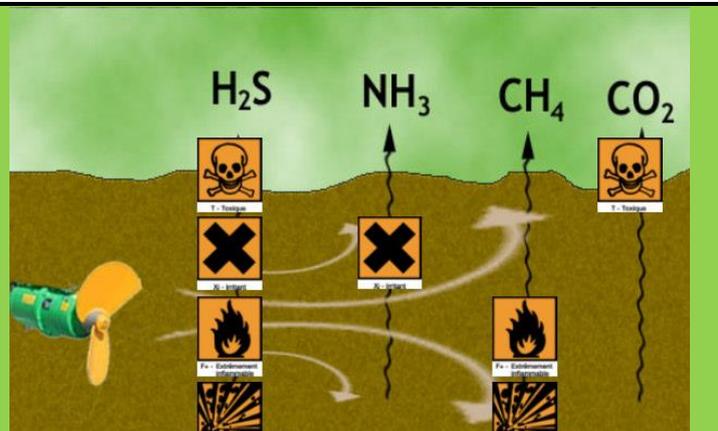
LISIERS GAZ TOXIQUES



Mixage de lisier stocké non aéré: **Dangers Gaz toxiques**

Lors du stockage en fosse, l'absence d'aération favorise les fermentations anaérobies qui produisent des gaz qui se libéreront en une fois au premier brassage comme :

- Le sulfure d'hydrogène (H₂S) : irritant, inflammable, toxique et explosif
- L'ammoniaque (NH₃) : irritant
- Le dioxyde de carbone (CO₂) : toxique
- Le méthane (CH₄) : inflammable et explosif



Pour tout lisier non mixé durant plusieurs mois, il faut avant le brassage :

- 1°) Interdire l'accès à toute personne,
- 2°) Sortir le bétail,
- 3°) Aérer au maximum l'étable.

Le gaz le plus dangereux pour la santé est le sulfure d'hydrogène (H₂S) plus lourd que l'air
Tableau 1. Les effets du sulfure d'hydrogène sur les humains, selon la concentration.

Concentration du sulfure d'hydrogène (ppm)	Effet sur les humains
0.005	À peine détectable
4	Faible odeur facilement détectable
10	Irritation des yeux
27	Odeur repoussante
100	Toux, irritation des yeux, pertes de l'odorat
200-300	Inflammation des yeux, et irritation de l'appareil respiratoire au bout d'1 heure
500-700	Perte de connaissance et mort éventuelle au bout de 30 à 60 minutes
800-1000	Rapide perte de connaissance, arrêt respiratoire et mort
> 1000	Asphyxie foudroyante, mort

Il y a chaque année des accidents avec des animaux morts ou gravement intoxiqués (comme des veaux aveugles) et des agriculteurs incommodés (jusqu'à la perte de connaissance) par ces gaz toxiques.

L'ammoniac NH₃ également très présent (plus léger que l'air) est un gaz irritant à des concentrations de 20 -50 ppm et détectable à l'odeur à partir de 5 ppm.

Le gaz carbonique CO₂ (plus lourd que l'air) est asphyxiant par appauvrissement de l'air en oxygène

Le dioxyde d'azote NO₂ (plus lourd que l'air) est un gaz chimique asphyxiant dangereux

Les gaz plus lourds que l'air s'accumulent dans les fosses

Avant de descendre dans une fosse à lisier :

- ne jamais travailler seul
- ne jamais y descendre avant une ventilation forcée préalable

Le test de la bougie ne fonctionne pas ! C'est-à-dire la flamme s'éteint. De plus, il est dangereux en raison de la présence très probable de méthane, gaz inflammable et explosif.

PreventAgri Newsletter septembre 2010 et Brunet L. 2004

Moussage des lisiers

Il arrive que des éleveurs soient confrontés à une production importante de mousse par le lisier.

Si le lisier est stocké sous caillebotis, la mousse peut même déborder du plancher.

Parmi les causes possibles deux pistes sont avancées.

1 - Arrivée de produits contenant du chlore (produits de nettoyage de la salle de traite par exemple).

2 - L'alimentation : animaux nourris au maïs (et surtout maïs-grain, carottes broyées) qui, par la présence dans les déjections de protéines et d'amidon non digérés, provoquerait des fermentations plus importantes dans le lisier et la production de mousse.

L'addition de produits anti-mousse (huiles végétales) est une solution ponctuelle applicable en urgence pour rabattre le niveau de mousse, mais une évaluation de l'alimentation et des modes de nettoyage de la salle de traite doit être faite pour prévenir ce problème particulièrement embarrassant en fin d'hiver quand les fosses à lisier sont fortement remplies.



2.3 Les traitements

Au cours du stockage, les lisiers sédimentent et on observe une séparation des phases et des nutriments.

Répartition dans une fosse à lisier remplie

		Niveau étable	
		Caillebotis	
Couche flottante		6 cm	Sec Aliments 58,2 % MS pour 4 % du volume
		21 cm	Humide non digérés 24,1 % MS pour 6 % du volume
		9 cm	Pâteux 9,2 % MS pour 6% du volume
160 cm	107 cm	Liquide 2,1 % MS pour 67 % du volume	
		Ammoniac Urée Potassium	
Dépôt		17 cm	Boueux 19,5 % MS pour 10 % du volume Phosphore 50 x N org

Le phosphore se concentre dans la partie basse.

Des croûtes vont se former à la surface. Celles-ci vont augmenter les fermentations et des gaz irritants voire toxiques vont être formés et s'accumuler sous la croûte, Aussi, plusieurs traitements aérobies ou anaérobies ont été développés pour éviter ces désagréments.

Le brassage des lisiers

Le brassage au mixer ou à la pompe de recyclage doit se faire une fois par semaine. Il permet de :

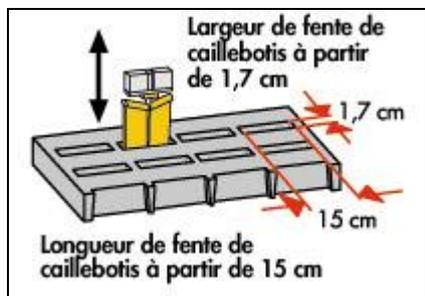
- briser la croûte et ainsi de diminuer la quantité de gaz accumulés,
- empêcher la formation d'un dépôt de fond de fosse réduisant à plus ou moins long terme sa capacité,
- rendre le lisier plus homogène et donc plus simple à épandre,
- répartir les éléments fertilisants dans l'ensemble du volume de lisier.

En l'absence de brassage, les lisiers de bovins vont très rapidement sédimenter.

Il existe de très nombreux types de mixers ; certains fonctionnent sur la prise de force du tracteur ou sont électriques.



Certains modèles électriques peuvent être glissés entre les caillebotis.



L'aération

L'aération consiste à mélanger le lisier en insufflant de l'air au niveau des hélices du mixer. L'apport d'air se fait par un compresseur situé généralement dans un boîtier à l'arrière du mixer (système Reck¹⁷) ou par la projection de microbulles à la périphérie des hélices (comme le système Aero-Mix de la société Suisse Arnold¹⁸).

Comme expliqué plus haut, l'idée maîtresse, en aérant le lisier, est d'éviter la formation d'une croûte et de composés issus de la fermentation, comme les acides gras volatils, les sulfures, les mercaptans etc., gaz malodorants et toxiques.

Les bactéries aérobies transforment une partie de l'azote minéral en azote organique. Le lisier est plus fluide **et moins agressif pour la végétation en place**.

L'aération des lisiers permet de réduire systématiquement le pourcentage de pertes par volatilisation de l'ammoniac lors de l'épandage¹⁹.

De plus, les lisiers régulièrement aérés dégagent beaucoup moins d'odeur à l'épandage, ce qui permet de limiter les conflits de voisinage évoqués plus haut.

Mais le processus d'aération doit être contrôlé pour éviter l'augmentation de température et du pH, deux facteurs qui favorisent les dégagements d'azote ammoniacal au stockage. Une aération excessive peut entraîner la formation d' N_2O , un puissant gaz à effet de serre. L'augmentation du pH accroît les risques de pertes d'ammoniac à l'épandage.

Il est donc conseillé d'aérer, mais sans excès.



¹⁷ <http://www.reck-agrartechnik.de>

¹⁸ <http://www.arnold-ag.ch>

¹⁹ AO "Etude des pertes ammoniacales par volatilisation" Rapport de synthèse 1990 - 2008

La méthanisation

L'objectif est ici de produire du biogaz riche en méthane pour produire de l'électricité et de la chaleur. La production de biogaz est de 26 m³ biogaz /T de MF pour le lisier bovin et de 36 m³ biogaz /TMF pour le lisier de porcs.

Pour les lisiers bovins, les aliments ingérés par les ruminants ont déjà subi une première fermentation dans le rumen, d'où un moindre pouvoir méthanogène.

Pour produire suffisamment de biogaz et assurer la rentabilité des systèmes de méthanisation, il faut une alimentation régulière en lisiers de qualité constante et un bon équilibre entre carbone et azote. **Des produits carbonés sont ajoutés aux lisiers car ceux-ci ont une faible teneur en carbone.**

Sont ainsi rajoutés : de nombreux sous-produits de l'agro-alimentaire (restes de pâtes, graisses), des ensilages de maïs, de graminées cultivées en culture dérobée, etc.

Une des dérives observée en Allemagne est liée au développement des installations de méthanisation est le développement de cultures de maïs destinées à fournir du carbone dans les digesteurs.

Les quantités des éléments fertilisants (P et K) ne sont pas modifiés pendant la méthanisation ; du méthane et du CO₂ sont essentiellement dégagés.

Certains composés organiques malodorants sont dégradés, d'où une nette réduction des problèmes d'odeurs à l'épandage.

Hygiénisation :

Dans certaines installations industrielles de méthanisation, la température peut monter à 55 °C ; les installations agricoles travaillent entre 35 et 40 °C.

La température de la méthanisation en conditions agricoles est donc trop basse pour garantir une destruction ou une inactivation des germes pathogènes²⁰ ; on ne peut donc pas ici parler d'hygiénisation.

Au final, la composition du lisier méthanisé sera fortement influencée par les matières ajoutées.

Une analyse avant utilisation est fortement recommandée.

Par rapport au lisier initial, une partie de l'azote organique va se minéraliser au cours de la méthanisation et se retrouvera sous forme ammoniacale ; la teneur en ammoniac est plus élevée que pour un lisier brut.

Tableau 2. Composition de lisiers bruts et méthanisés²¹

	Matière sèche %	pH	N total kg/t MF	N-NH4 kg/t MF	P ₂ O ₅ kg/t MF	K ₂ O kg/t MF
Lisier brut	6	7,5	3,9	1,8 (45 %)	1,4	3,5
Lisier méthanisé	5,3	8,1	4,4	2,3 (53 %)	1,6	4,2

Le pH plus élevé du lisier méthanisé favorise la volatilisation de l'azote ammoniacal et le risque de pertes à l'épandage.

²⁰ Sahlström L. (2003) A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants

²¹ Agra-Ost rapport Methan 2007, moyenne de 5 années d'essais.

Par contre, sa fluidité plus élevée favorise la pénétration dans le sol.

En prairie, on observera une meilleure appétence de l'herbe sous lisier méthanisé que sous lisier brut ainsi qu'une présence renforcée des légumineuses et un meilleur recouvrement²¹. Les avantages agronomiques pour l'éleveur sont évidents.

La dilution

Les lisiers épais, dont la matière sèche est supérieure à 10 %, sont difficiles à épandre. Le lisier non dilué colle à la végétation où il reste en contact avec l'air et dégage ammoniac et odeurs. **Le lisier dilué plus fluide ne colle pas et pénètre plus rapidement dans le sol.** Toute dilution par des eaux blanches, brunes ou vertes (de lavage de salle de traite, d'aire d'attente, des aires bétonnées, eau de pluie, ...) peut augmenter la fluidité du lisier et réduire les pertes à l'épandage.

Pour l'application en prairies, l'objectif est d'arriver à une teneur en matière sèche de 6 à 7 % maximum, compromis entre la réduction des pertes et les coûts d'épandage.

En cultures, si l'incorporation suit directement l'épandage ou est simultanée, la teneur en matière sèche est moins un facteur limitant (moins de risques de pertes), si ce n'est pour garantir la fluidité dans les tuyaux répartiteurs et les problèmes d'obstruction, de bouchage partiel ou complet et la pénétration immédiate dans le sol.

La dilution réduit fortement les pertes à l'épandage. ²²

La séparation de phases

Ces systèmes permettent de séparer la fraction solide dans laquelle vont se retrouver la matière organique, le phosphore et la fraction azote organique, de la fraction liquide riche en ammoniac et en potasse.

La fraction solide pourra être compostée, épandue, exportée, envoyée en biométhanisation, voire être recyclée comme litière.

La fraction liquide pourra être recyclée pour le nettoyage des couloirs de raclage de l'étable (étables non paillées nettoyées par "vagues d'eau" ou hydrocurage) ou utilisée par épandage.

Il existe deux grands types de séparateurs de phase : par pression à vis et à tamis vibrant.

Dans les premiers, le lisier est envoyé dans la presse par une vis sans fin ; il est comprimé par un tamis à filtre cylindrique dont les éléments ont des sections triangulaires.

Le liquide s'échappe par le filtre quand les éléments solides sont pressés et sont ensuite évacués à l'extrémité de l'appareil.

Les composants solides sortent à un taux de matière sèche compris entre 20 et 35 % ; le liquide passe de 7 à 4 %.

La presse à vis peut fonctionner en continu ou par cycles.

²² Ceci a été montré par les nombreux essais d'Agra-Ost et par ceux de l'Université de Vienne (Barbara Amon) notamment.



Appareil fonctionnant avec le capot ouvert (photo M. Wautelet)



Tamis filtrant de 0,5 mm entourant la vis sans fin. Vue du corps du séparateur + vis sans fin.



La fraction solide est à 30 % de matière sèche.

Dans les seconds, le lisier arrive par pompage sur un tamis mis en vibration par un moteur à balourd. Le liquide passe au travers et les solides sont évacués par les vibrations. Le choix de la maille du tamis est fonction du type de lisier (bovin ou porc).



Installation séparateur de phase avec tamis vibrant et gros plan sortie du tamis.



Les fractions solide et liquide

Dans les deux cas, il faut que le lisier soit assez fluide ; s'il est trop épais, il faut utiliser une partie du liquide sortant du séparateur de phase pour diluer et liquéfier le lisier. Les performances s'en trouvent grandement améliorées.

Lorsqu'ils atteignent un taux de matière sèche suffisant (proche ou supérieur à 30 %), les solides peuvent être réutilisés comme litière.

En cas de problèmes sanitaires, il est conseillé de composter les solides pour une hygiénisation²³ plutôt que de les recycler comme litière.

²³ Le compostage des fumiers, une technique de valorisation des matières organiques en agriculture. Les livrets de l'agriculture n° 20 (2012).

Tableau 3. Composition des lisiers bruts, des fractions solide et liquide, obtenue après séparation de phase²⁴

		Lisier initial	Phase solide	Phase liquide
MS	%	9,5	25,8	4,5
N total	kg/m ³	4,7	3,5	5,0
N-NH ₄	kg/m ³	1,9	0,7	2,2
P ₂ O ₅	kg/m ³	1,6	4,8	0,8
K ₂ O	kg/m ³	4,9	4,5	5,6

Etant donné les teneurs élevées en ammoniac de la fraction liquide, le risque de dégagements par volatilisation est nettement plus élevé²⁵.

Mais s'il y a épandage dans de bonnes conditions, le liquide plus fluide que le lisier initial pénètre plus facilement dans le sol et les pertes sont alors réduites.

La séparation de phases est particulièrement indiquée pour les exploitations qui souhaitent exporter une partie de leurs engrais de ferme. La fraction liquide un peu moins chargée restera sur place mais la fraction solide sera beaucoup plus facilement transportable.

La capacité de stockage des fosses nécessaire sera réduite d'une vingtaine de pour cent correspondant au volume des solides qui pourront être stockés en bord de champ.



L'ajout d'additifs²⁶

Des additifs les plus divers sont proposés pour être ajoutés au lisier :

²⁴ Landwirtschaftskammer (Chambre d'agriculture) Niedersachsen (Allemagne) , Durchschnitt 6 Betriebe

²⁵ Dinuccio 2011.

²⁶ Pour plus de détails: Etude des pertes par volatilisation : rapport de synthèse 1990-2008. Agra-Ost 2010. 144 pages.

- à base de **formaldéhyde**. Cette molécule limite les pertes en retardant la nitrification, mais il est contre-indiqué d'épandre systématiquement du formaldéhyde car ce produit agit aussi négativement sur la microflore du sol.

- les **acides**, en particulier l'acide nitrique. Celui-ci, en abaissant le pH, bloque les pertes d'ammoniac, mais si au début des années 90 cette solution était envisageable, elle ne l'est plus aujourd'hui vu l'apport d'azote lié à son usage, le coût élevé et la dangerosité de la manipulation de cet acide fort.

Il en est de même pour les autres acides comme l'acide sulfurique (chers et dangereux à manipuler pour l'homme et le matériel). L'acide sulfurique apporte du soufre qui va enrichir le lisier en cet élément fertilisant.

Un abattement de 70 à 80 % des pertes d'ammoniac à l'épandage est possible. Cette technique d'ajout d'acide sulfurique est utilisée au Danemark et aux Pays-Bas où une société vend ce procédé.

- les **amendements calcaires**. Ils conduisent à une augmentation des pertes d'ammoniac à l'épandage et nécessitent d'équiper les tonneaux d'agitateurs pour maintenir un mélange homogène, sinon les calcaires se déposent dans le bas.

- le **phosphore**. L'ajout de phosphore au lisier a un effet positif sur la réduction des pertes par volatilisation de l'ammoniac. C'est principalement sous la forme bicalcique que son efficacité est la plus marquée²⁷; c'est un produit onéreux.

En prairie pâturée, les restitutions au pâturage apportent déjà une part importante des besoins, voire la totalité du phosphore nécessaire à l'herbe ; **il faut donc être prudent quant à la saturation des sols en phosphore.**

- à base de **silice**.

Aucun effet positif systématique de produits à base de silice n'a encore pu être démontré.

- le **magnésium** sous forme d'oxyde et de chlorure de magnésium.

Il s'agit de précipiter une grande partie de l'azote ammoniacal et du phosphore pour former un engrais, la **struvite**, phosphate mixte de magnésium et d'ammonium ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), qui pourra être récupéré et utilisé séparément comme engrais minéral.

C'est une technique qui permet d'exporter une partie de la charge en azote et en phosphore hors de l'exploitation.

- les **additifs spécifiques** dont ceux à base de microorganismes et d'enzymes. Certains de ces produits ont parfois eu une efficacité, mais globalement les effets sont irréguliers sauf situation particulière comme la dégradation de croûte très sèche.

En raison de leur coût et parfois du surcroît de travail pour les appliquer, ils ne présentent pas une solution systématiquement recommandable.

Tout comme pour les produits à base de silice, les nombreux essais menés par Agra-Ost, confirmés par des observations en ferme, ne permettent pas de conclure à un effet positif systématique de ces produits

- l'**eau** (voir dilution). L'eau est l'additif le plus recommandable tant par ses effets positifs que d'un point de vue économique.

²⁷ Agra-Ost : Synthèse 2010

En résumé : effet des traitements et additifs						
Traitement	Pertes N stockage	Pertes N épandage	Odeur	Coût	Autres -	Autres +
Brassage						
Aération						
Méthanisation						énergie
Dilution			0 à +		Capacité de stockage et volume à épandre	
Séparation de phase					Gestion séparée des 2 fractions	Exportation du solide
Addition calcaire						
Addition de phosphate					En prairie excès de P	
Addition d'acide (acide sulfurique)						Apport de Soufre
Addition de magnésium					Procédé pour grosses installations	Exportation de N et P sous forme d'engrais minéral
Addition microorganismes	Très variable	Très variable	Très variable			
						
Négatif				Positif		

L'addition de phosphate naturel, par sa teneur importante en carbonate de calcium, a des effets similaires à ceux du calcaire.

Les additions d'acides, d'oxydes de magnésium et de phosphate bicalcique sont interdites en agriculture biologique.

2.4 Les caractérisations : précautions, échantillonnage et analyses

Comme mentionné plus haut :

La composition des lisiers varie selon le type d'animal (bovins ou porcins) et le type de spéculation (lait, viande, porc à l'engrais, truie), les bâtiments d'élevage,

l'alimentation et les divers autres éléments qui arrivent dans la fosse à lisier (eaux blanches, eaux vertes, jus de fumières, purins, eau de pluie, ...).

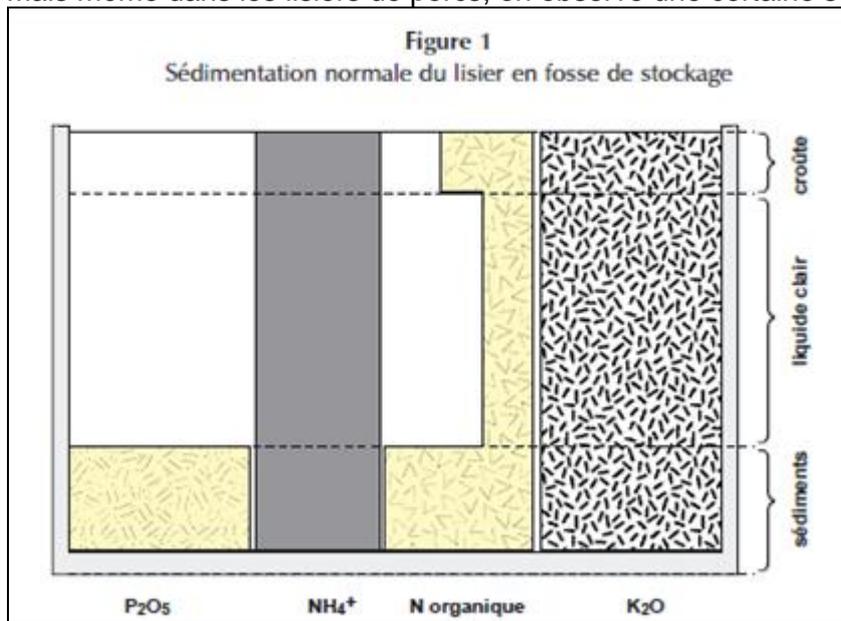
Pendant le stockage, le lisier sédimente, c'est-à-dire que certains éléments s'accumulent au fond de la fosse tandis que d'autres remontent à la surface et forment une croûte. Il y a également une hétérogénéité dans le sens horizontal (zones qui reçoivent plus d'eau ou des restes d'aliments...).

Dans le cas d'un brassage, il faut que celui-ci soit suffisamment puissant et long pour assurer une mise en suspension complète des sédiments.

En pratique, il est impossible de recommander un temps de brassage optimal car celui-ci dépend du volume, de la forme de la fosse ainsi que du type et de la puissance du brasseur... La sédimentation s'opère à nouveau très rapidement après l'arrêt du brassage.

Le plus simple pour déterminer le temps de brassage, qui varie en fonction du remplissage de la fosse, est de rajouter des billes de polystyrène expansé blanches (frigolite) devant le mixer, dans le sens du brassage, et de mesurer le temps nécessaire pour que ces billes fassent le tour complet du système, c'est-à-dire pour qu'elles reviennent au point de départ. La sédimentation est nettement plus marquée pour les lisiers de bovins ; l'ammoniac et la potasse, très solubles, se retrouvent dans toute la hauteur alors que le phosphore se situe plus dans le bas des fosses.

Mais même dans les lisiers de porcs, on observe une certaine sédimentation



(Levasseur P. 1998)

Echantillonnage (*)²⁸

Une analyse n'a de sens que si l'échantillon est représentatif du lisier que l'on va épandre ; c'est un point capital.

Une analyse provenant d'un mauvais échantillon n'est d'aucune utilité et peut même s'avérer contreproductive (mauvaise adaptation de la dose à épandre ou de la correction minimale à apporter).

²⁸ L'analyse des engrais de ferme - Comment faire un bon échantillon ?

Lambert Richard

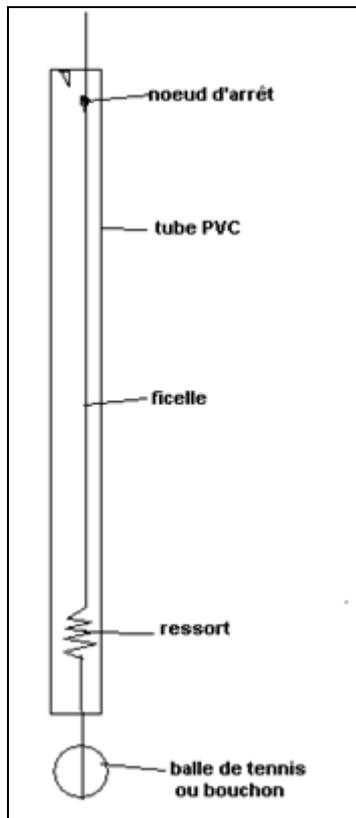
Unité d'Ecologie des Prairies - UCL

Partenaire scientifique de Nitrawal

Attention, la composition des engrais de ferme évolue au cours du temps. L'azote en particulier peut être perdu suite à la volatilisation d'ammoniac et à la dénitrification. Il ne faut donc pas prélever l'échantillon trop longtemps avant l'utilisation de l'engrais de ferme.

En raison de la sédimentation ou de la resédimentation après mixage, il est recommandé, pour constituer un échantillon représentatif, de mélanger le lisier (par brassage) dans la citerne et de faire le prélèvement avec une sonde sur toute la hauteur.

 Pendant le brassage, des gaz toxiques ou inflammables peuvent être libérés. Une bonne ventilation des bâtiments est absolument nécessaire et il ne faut pas rester à l'intérieur ni y laisser les animaux.



Une sonde pour lisier peut facilement être fabriquée avec un tube en PVC de diamètre constant (minimum de 18 mm pour l'échantillonnage dans les porcheries ou de 48 mm pour l'échantillonnage dans les étables de bovins). Pour les tuyaux de petit diamètre, il suffit de fermer la partie supérieure avec un bouchon pour éviter l'écoulement du lisier. Les tuyaux de gros diamètre doivent être fermés à la partie inférieure, par exemple au moyen d'un bouchon ou d'une balle de tennis attachée à un fil solide passant par le tube (illustration).



Un ressort puissant et un nœud d'arrêt permettent de bloquer le bouchon et facilitent la manipulation pour remonter la sonde.

Pour échantillonner le lisier dans la citerne, on plonge **lentement** le tube ouvert aux 2 extrémités jusqu'au fond de la fosse, puis on ferme le tube en tirant sur le fil. On sort le tube et on vide le contenu dans un seau.

En l'absence de brassage, on aura soin de prélever à différents endroits (3 à 5) en évitant les zones proches des abreuvoirs et les endroits où on trouve beaucoup d'eau de lavage.

Echantillonnage lors de la vidange

On peut également faire le prélèvement lors de la vidange de la fosse. Comme la teneur en matière sèche évolue en cours de vidange, il faut prélever un échantillon composite dans la citerne de transport au cours du premier, du second et du dernier tiers de vidange de la fosse. Les différents prélèvements sont ensuite regroupés et mélangés. L'agriculteur peut réaliser lui-même ces prélèvements.

Echantillonnage lors de l'épandage

Enfin, on peut échantillonner lors de l'épandage en disposant des bacs de façon à récupérer le lisier épandu. Ce système permet également d'évaluer la régularité et la quantité épandue.

Analyses rapides (Stickstoff Pilot, Quantofix, Agro-lisier, ...)

Il existe des appareils permettant une détermination rapide de la teneur en azote du lisier.

Ils permettent une analyse très rapide utile avant épandage, qui peut être confirmée par une analyse de laboratoire dont les résultats plus précis parviendront bien après l'épandage.

Ils fonctionnent sur le principe d'une réaction chimique par addition d'hypochlorite de calcium (ou de sodium) au lisier pour provoquer un dégagement de l'ammoniac, d'où une augmentation de pression qui s'affiche dans un manomètre.



1 versage du lisier dans l'appareil

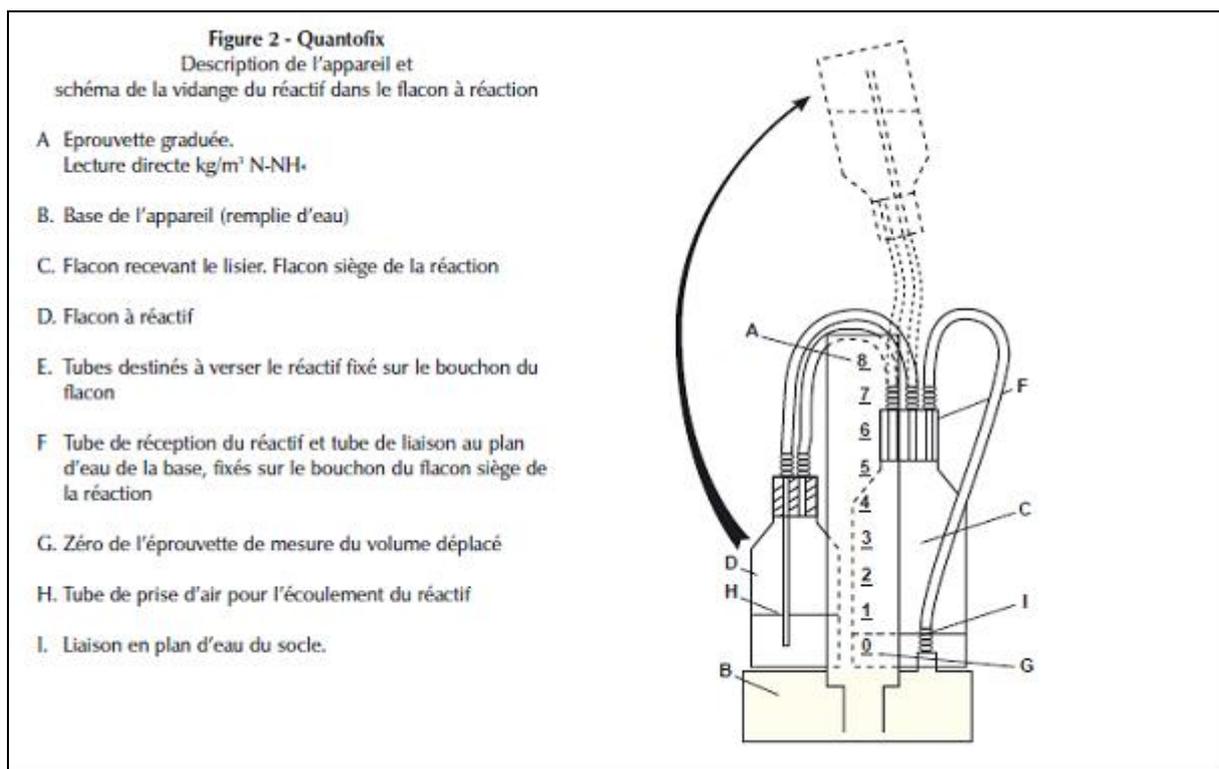
2 ajout du réactif

3 fermeture du couvercle

4 l'aiguille du manomètre monte

5 la teneur en N ammoniacal du lisier est en principe directement affichée

Le Quantofix fonctionne sur le même principe.



Ces appareils ne dosent que l'ammoniac ; la teneur en azote total est calculée. Ils ont été conçus pour des lisiers "normaux" n'ayant pas subi de traitement, où NH₃ représente 50 à 60 % de l'azote total.

Tableau 4. Compositions moyennes de quelques lisiers.²⁹

	pH	% MS	N total	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
Lisier de bovins	7,7	7,3	3,5	1,6	1,8	4,0
Lisier de porcs	8, 0	7,4	6,0	3,4	3,6	4,5

N total, N-NH₄, P₂O₅, K₂O en kg / tonne MF

²⁹ Calculé à partir des données fournies de la Base Requasud, Licence n° A9/2012. Extraction de la base de données engrais de ferme réalisée sur les années 2006 à 2011.

Remarque: 1 m³ de lisier correspond pratiquement à 1 tonne. Plus la teneur en matière sèche est élevée, moins dense sera le lisier.

Teneurs en éléments traces métalliques (ETM).

Une vaste étude sur la contamination des sols par les engrais et amendements en Wallonie a été menée en 2011-2012 à l'initiative de la Direction de la Protection des Sols (DPS) du SPW (Projet Contasol³⁰).

Il en ressort que les engrais de ferme sont, parmi les matières fertilisantes, les plus riches en Cu, Mo et Zn, et cela particulièrement pour le lisier de porc et les fientes de volailles. Entre 1990 et 1995, les teneurs moyennes en Cu, Zn, Pb et Cd dans les matières fécales des animaux d'élevage ont diminué respectivement de 28, 17, 49 et 56 %. Cela est expliqué par les mesures de protection de l'air mises en place pour le Pb³¹ et Cd et par la limitation des apports en ETM dans les rations³².

Les teneurs observées sont bien en deçà des normes, et elles correspondent à un recyclage des éléments ingérés.

Plusieurs éléments traces métalliques comme le cuivre et le zinc sont des oligo-éléments indispensables à la vie.

Le zinc est, après le fer, l'oligoélément quantitativement le plus important pour l'être humain³³.

Il est important pour la croissance (développement musculaire) et le développement, les fonctions neurologiques, la cicatrisation de plaies ainsi que pour les défenses immunitaires. Des carences en cuivre sont fréquemment observées dans les fourrages³⁴ ; pour les corriger, des apports de lisier de porcs peuvent être conseillés en prairie.

La seule restriction d'épandage concerne les lisiers de porcs riches en cuivre, qu'il est déconseillé d'épandre sur des prairies pâturées par des moutons, car les ovins sont sensibles à cet élément.

Contaminations microbiennes des lisiers.

Comme toutes les matières fécales, les lisiers contiennent de nombreuses bactéries. Les bactéries indésirables disparaissent très généralement pendant la durée de stockage.

En cas de contamination avérée (bêtes malades), l'addition de cyanamide calcique à raison de 4,5 kg/ m³, bien incorporé (mixage), ou d'urée à 3 kg/ m³, permet d'éliminer les bactéries pathogènes (salmonelles, ..) en 2 semaines³⁵.

Pour les prairies pâturées par des vaches laitières, il faut un délai suffisant entre épandage et mise en pâture pour éviter les problèmes sanitaires, en particulier si le lait est destiné à la fabrication de fromage au lait cru. Dans ce cas, un délai de 6 semaines est recommandé.

C'est pour éviter toute contamination directe des eaux par des bactéries fécales et par des éléments fertilisants que l'épandage des lisiers est interdit à moins de 6 mètres des bords de cours d'eau.

³⁰ G. Piazzalunga & al 2012. Rapport Contasol SPW DPS.

³¹ Un ensemble de mesures parmi lesquelles la suppression du Pb dans les carburants.

³² Menzi et Kessler, 1998, dans G. Piazzalunga 2012. Rapport Contasol SPW DPS.

³³ Revy & al INRA. Prod. Anim. 2003,16 (1), 3-18. Le zinc dans l'alimentation du porc: oligo-élément essentiel et risque potentiel pour l'environnement.

³⁴ Requasud Base de données sols, 2005.

³⁵ J. Marly, A. Vallet, P. Pardon, 1995, Renc. Rech. Ruminants, 2, 307 – 310.

Evolution et maîtrise des contaminations des lisiers bovins par les salmonelles .

3 Épandage des lisiers

3.1 Les périodes permises

Le programme de gestion durable de l'azote PGDA réglemente les périodes, les quantités et les conditions d'épandage des lisiers ; ils sont repris dans les "fertilisants à action rapide".

Ainsi, il est interdit d'épandre les fertilisants organiques à action rapide (lisiers, fientes de volaille,...) et les fertilisants minéraux sur un sol gelé, couvert de neige, saturé en eau, ainsi que sur des cultures pures de légumineuses.

Il en est de même sur terre non couverte de végétation, quelle qu'en soit la pente, sauf si, en terres de cultures non couvertes, l'effluent est incorporé au sol dans les 24 heures suivant son application.

Si le lisier est apporté sur des sols gelés ou couverts de neige, au dégel, il sera entraîné par ruissellement, le sol restant gelé plus longtemps en profondeur. Il va alors polluer directement les eaux de surface (azote, phosphore, bactéries fécales, ...).

Apporté sur un sol saturé en eau, le même effet sera observé.

Lorsque le lisier est épandu sur un sol non couvert de végétation et qu'il n'est pas incorporé, aux risques qu'il soit entraîné par ruissellement s'ajoute le dégagement de l'ammoniac qui représente $\pm 50\%$ de l'azote du lisier ; il s'ensuit une pollution de l'air.

Les cultures pures de légumineuses n'ont pas besoin d'apport d'azote puisqu'elles fixent l'azote de l'air.

Les périodes d'épandage sont reprises dans le tableau suivant.

Périodes d'épandage des fertilisants : tableau récapitulatif des périodes d'épandage des fertilisants organiques³⁶

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Prairies	Fertilisants organiques à action rapide												
Cultures													

	Épandage interdit
	En prairies, épandage autorisé à concurrence de 80 kg d'azote par hectare au maximum, si le sol n'est pas gelé, enneigé ni saturé en eau.
	Épandage de fertilisants organiques uniquement autorisé sur des parcelles destinées à recevoir une culture d'hiver implantée en automne ou une culture "piège à nitrate" implantée avant le 15 septembre et détruite après le 30 novembre, ou sur pailles enfouies, à concurrence d'un maximum de 80 kg d'azote par hectare.

³⁶ AGW du 15 février 2007 modifié par l'AGW du 12 septembre 2014.

Quantités maximales épandables

Le programme de gestion durable de l'azote³⁷ limite les apports d'azote organique à 115 kg N/ha en moyenne sur les cultures (avec un apport maximal annuel de 230 kg /ha) et à 230 kg/ha en moyenne en prairie (restitutions au pâturage par les pissats et les bouses compris).

En zone vulnérable, l'apport moyen annuel ne peut dépasser 170 kg N/ha sur l'ensemble de l'exploitation.

Il faut bien faire attention à la teneur en azote du lisier afin de respecter ces normes.

3.2 Les conditions pour assurer un épandage optimal

L'épandage du lisier est l'opération la plus importante et la plus critique. C'est durant celle-ci que le gros des pertes (ammoniac) et des nuisances (par les odeurs) peuvent se produire. Pour les réduire, il faut respecter quelques règles essentielles.

Les conditions optimales d'épandage sont :

- temps pluvieux
- ciel couvert - jamais par plein soleil
- peu de vent



- basse température (mais pas de gel)
- un lisier fluide éventuellement dilué (à 6 - 7 % de matière sèche)
- homogénéisé (mixé juste avant épandage)
- sol portant

Chacune de ces conditions est importante et plus on les respecte plus on pourra indépendamment du matériel réduire les nuisances mais aussi les gaspillages en termes de valeur d'engrais du lisier.

3.3 Les modalités d'épandage : les différents systèmes d'épandage du lisier

Il existe aujourd'hui de nombreux systèmes d'épandage allant du tonneau traditionnel avec déflecteur-palette vers le haut, à l'épandeur automoteur avec injecteurs à disques capable de travailler à grande vitesse et d'être rempli par des camions ravitailleurs par bras articulé comme en Formule 1.

³⁷ AGW 15/2/2007.

Tous ces équipements ont été développés pour faciliter et améliorer la qualité de l'épandage. Certains de ces matériels sont réservés à des entreprises agricoles, des CUMA ou aux grosses exploitations agricoles en raison de leur coût.³⁸

Avec l'augmentation de la taille et du poids (tenant compte aussi du poids du lisier qui augmente avec la capacité) de ces machines destinée à un travail plus rapide et plus soigné, il faut être attentif aux risques de dégâts sur la structure du sol par les compactations. Certains gros équipements sont équipés de réglage en continu du gonflage des pneus, ce qui améliore les performances.

L'influence du matériel sur les pertes à l'épandage (et le dégagement d'odeurs) tient beaucoup à la taille des gouttelettes de lisier.

Dans les petites gouttelettes, la diffusion des composés gazeux (ammoniac et composés malodorants) est très rapide et ils peuvent se dégager très rapidement dans l'atmosphère. A l'inverse, lorsque le matériel d'épandage épand de grosses gouttes, les pertes sont réduites.

Parmi les nombreux types d'épandeur de lisier qui seront détaillés, certains épandent sur toute la surface, et le lisier et tous ses éléments fertilisants seront alors plus accessibles aux plantes ; à l'inverse, avec les matériels qui épandent en bandes écartées, comme certains injecteurs, le lisier sera moins bien mis à la disposition des plantes.

1) Déflecteur-palette vers le haut

C'est l'épandeur le plus classique, le plus ancien, et souvent à l'origine de dégagements d'ammoniac et en particulier d'odeurs lorsqu'il est utilisé dans de mauvaises conditions (temps chaud, voire ensoleillé, venteux). Au point que son usage est interdit sur les tonneaux à partir d'une capacité de 10 m³.

Avantages	Inconvénients	
Epandage en surface ; cependant système à déconseiller	<ul style="list-style-type: none"> - Contact lisier - air très important (loin du sol) - Gouttes trop fines - Impact du vent important ➔ Risque de pertes très importantes d'NH₄ - répartition non homogène 	

³⁸ pour la détermination des coûts d'utilisation prévisionnel du matériel agricole voir sur <http://mecacost.cra.wallonie.be/> application en ligne.

2) Déflecteur-palette vers le bas

Avantages	Inconvénients	
<p>Plus proche du sol que système 1)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Epandage en surface = répartition optimale 	<ul style="list-style-type: none"> - Impact du vent moyen → Possibilité de pertes d'NH₄ importantes 	

3) Le pendulaire

Avantages	Inconvénients	
<ul style="list-style-type: none"> - Grosses gouttes - Faible impact du vent - Epandage en surface = répartition optimale 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de pertes d'NH₄ importantes 	 

4) L'épandage exact

Avantages	Inconvénients	
<ul style="list-style-type: none"> - Jet direct vers le sol -> grosses gouttes - Faible impact du vent - Epandage en surface = répartition optimale 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de pertes d'NH₄ importantes 	 

5) La rampe d'épandage

Avantages	Inconvénients	
<ul style="list-style-type: none"> - Petits jets à grosses gouttes, proches du sol - Faible impact du vent - Epandage en surface = répartition optimale 	<ul style="list-style-type: none"> - Risque de bouchage - Possibilité de pertes d'NH_4 moyennes 	

6) Les tuyaux traînés

Avantages	Inconvénients	
<ul style="list-style-type: none"> - Dépôts sur le sol - Recouvrement par l'herbe - Pas d'impact du vent -> Pertes d'NH_4 très limitées 	<ul style="list-style-type: none"> - Epandage en lignes - Risques de bouchages - Dépôts de "saucisses" sur le sol - en culture, difficile sur labour mais possible avant ou pendant déchaumage 	

7) Epandeurs à patins et à gouttières métalliques

Avantages	Inconvénients	
<ul style="list-style-type: none"> - Dépôts sur le sol - Recouvrement par l'herbe : moins de dépôts "saucisses" qu'avec les tuyaux traînés - Pas d'impact du vent -> Pertes d'NH_4 très limitées 	<ul style="list-style-type: none"> - Epandage en lignes - Risques de bouchage (sauf système à gouttières) 	
 <p>Système à patins</p>	 <p>Gros plan patins</p>	 <p>Autre modèle à patins</p>



8) Injecteur à disques³⁹

<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> Dépôts dans le sol, proche des racines - Recouvrement par l'herbe - Pas d'impact du vent -> Pertes d'NH_4 pratiquement nulles 	<p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> - Epannage en lignes - Risque de bouchage - Blessure du couvert végétal -> risque d'adventices 	
	 <p>Remplissage rapide d'un modèle autotracteur</p>	

9) Injecteurs à dents (souples ou rigides)

<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dépôts dans le sol - Pas d'impact du vent -> Pertes d'NH_4 pratiquement nulles - Certains modèles peuvent réaliser déchaumage et épannage du lisier en un seul passage 	<p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> - besoin de puissance - souvent largeur de travail limitée 	 
---	---	--

³⁹ On peut rencontrer un tonneau d'épandage automoteur avec injecteur à doubles disques, travaillant à grande vitesse sur une largeur de 9,10 m.

Les meilleurs systèmes d'épandages sont ceux qui permettent de réduire au maximum les pertes (et conséquemment les odeurs) et d'assurer la répartition la plus homogène pour une fertilisation uniforme.

En prairie, les épandeurs à patins et les tuyaux traînés sont les plus performants. En culture, les injecteurs à dents (rigides ou souples) ou à disques, l'épandage précis et les tuyaux traînés, éventuellement suivis d'un hersage, sont de bonnes solutions.

Résumé de l'appréciation des différents systèmes d'épandage

Système d'épandage	Appréciation			Détermination de la largeur optimale d'épandage	Influence de la viscosité du lisier sur la largeur de travail
	Sensibilité au vent latéral	Risque de bouchage	Dégagement d'odeurs		
Déflecteur classique	assez fort	peu important	forte	difficile	forte
Déflecteur inversé (vers le bas)	moyenne	peu important	forte	difficile	forte
Buse à mouvement pendulaire	moyenne	peu important	forte	difficile	moyenne
Rampe avec déflecteurs	peu importante	moyen	forte	facile	peu importante
Tuyaux traînés	insensible	moyen	moyen	facile	pas d'influence
Patins	insensible	moyen	moyen	facile	pas d'influence
Gouttières	insensible	moyen	moyen	facile	pratiquement pas d'influence
Injecteurs	insensible	moyen	moyen	facile	pas d'influence

En terres de culture, les dégagements d'odeurs peuvent être réduits par l'incorporation rapide au sol (par un hersage par exemple).

Émissions d'ammoniac liées aux différents systèmes d'épandage

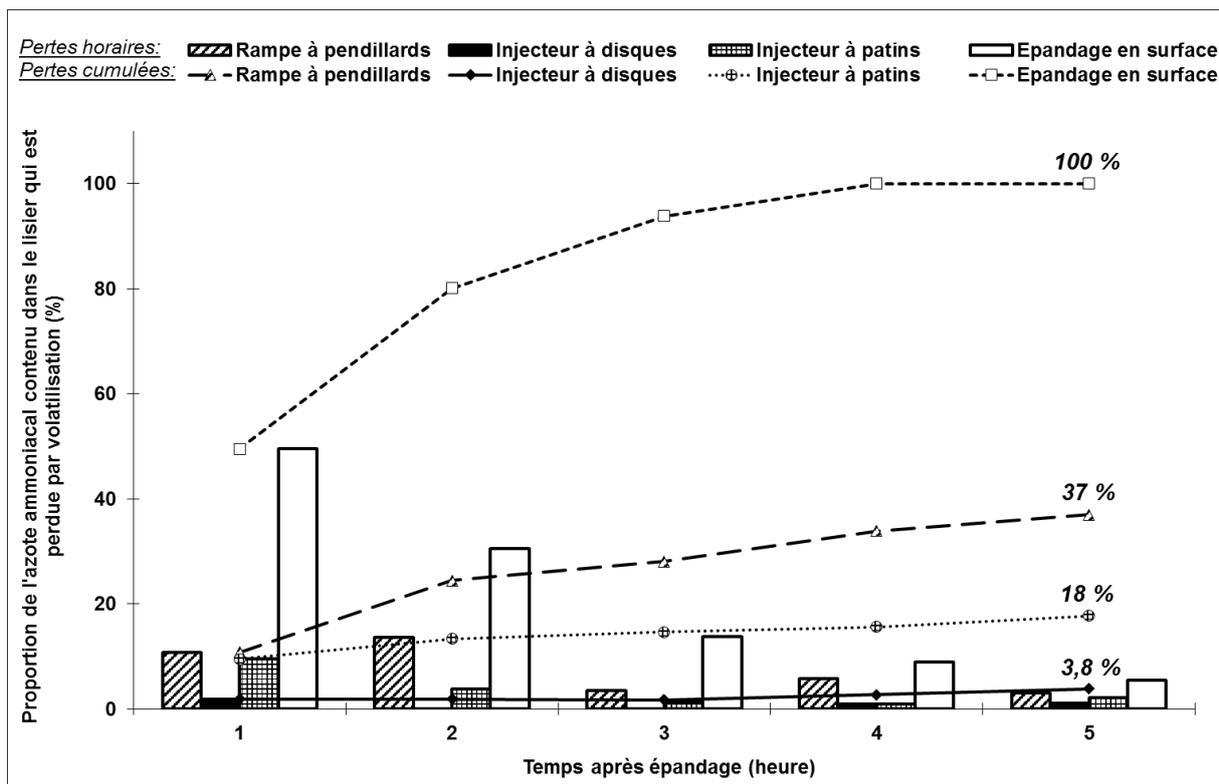
Le niveau des dégagements est bien entendu d'abord fonction des conditions (climatiques) au moment des épandages.

En prairie

La figure ci-dessous illustre les niveaux des pertes pour différents systèmes d'épandage⁴⁰ : l'épandeur en surface classique (déflecteur vers le haut), la rampe à pendillards, l'injecteur à disques et l'injecteur à patins⁴¹.

⁴⁰ Pour en savoir plus : "Etude des pertes par volatilisation, Agra-Ost, Rapport de synthèse 1990-2008, 141 pages, et Journées internationales de la prairie 2012. Thème 3. La gestion du lisier p 38-55.

⁴¹ Les épandages ont été réalisés dans de bonnes conditions météorologiques (T° 11 °C, humidité relative de l'air 80 %, vitesse du vent 4m/sec, ensoleillement : 0,8 h sur la journée – ciel couvert).



Les pertes pendant la première heure après l'épandage représentent plus de 50 % du total des pertes. Le choix du moment d'épandage en fonction des conditions (voir encart page 39) est donc capital.

Pour l'épandeur classique (tonneau avec épandeur palette vers le haut), les pertes peuvent être très élevées même en conditions d'épandage favorables.

Par rapport à l'épandage classique (déflecteur vers le haut), l'épandage à pendillards réduit les pertes à moins de 40 %, les injecteurs à patins à moins de 20 % et les injecteurs à disques à moins de 5 %.

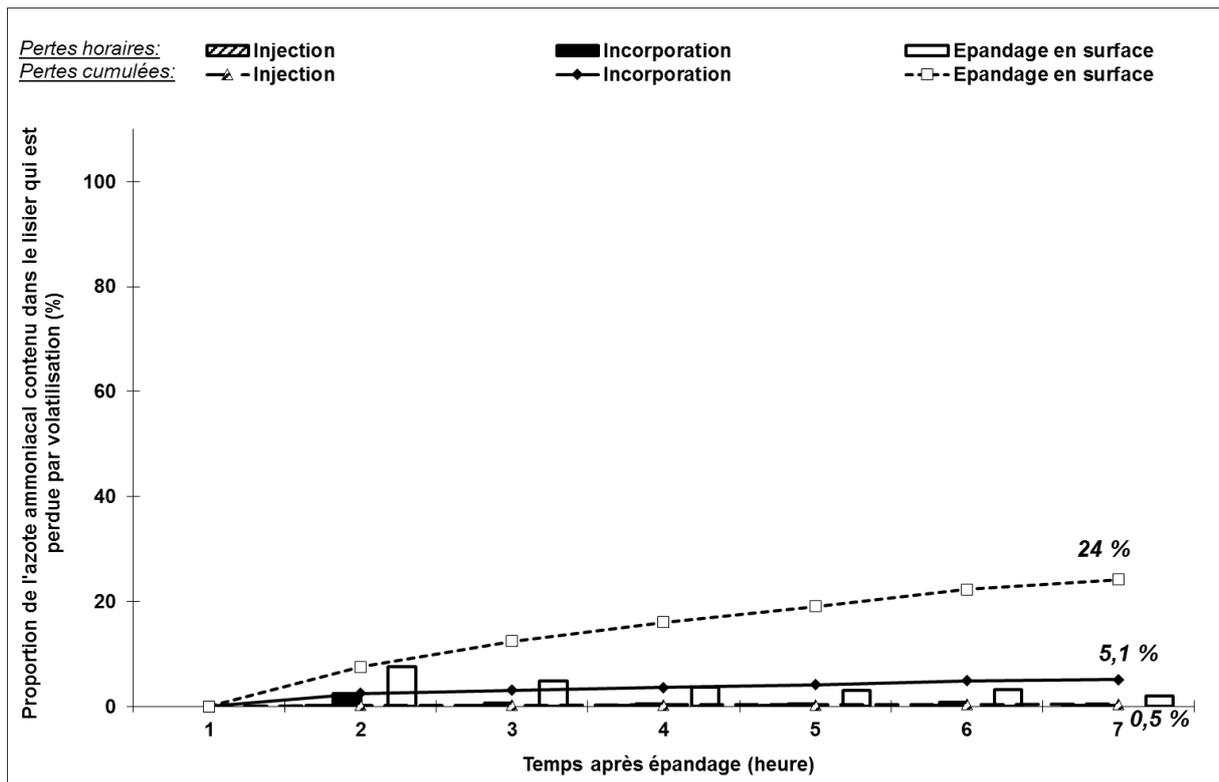
En cultures

L'incorporation rapide au sol (par un hersage ou un labour par exemple) du lisier épandu par un épandeur classique (tonneau avec déflecteur vers le haut) permet de réduire jusqu'à 80 % les pertes d'ammoniac.

La réduction des pertes est aussi forte pour tous les systèmes d'injections.⁴²

Pour rappel : les dégagements d'ammoniac peuvent être réduits par tous les facteurs qui améliorent la fluidité des lisiers et leur pénétration dans le sol.

⁴² Document d'orientation sur les techniques de prévention et de réduction des émissions d'ammoniac - ONU C.E.S. Commission Économique pour l'Europe Convention sur la pollution atmosphérique à longue distance (2007) 40 p.



L'épandage classique, sans travail du sol, entraîne des pertes considérables d'azote ammoniacal : 44 % de l'azote ammoniacal épandu.

L'épandage par incorporation du lisier au sol ramène les dégagements d'ammoniac à 21 % du niveau des pertes par épandage classique en surface et, par injection, les pertes sont insignifiantes (1,9 %).

Au vu des performances médiocres de l'épandeur classique, que ce soit en terme de pertes d'azote ammoniacal ou de qualité du travail, il est vivement conseillé d'y apporter des modifications techniques pour passer vers un épandeur plus performant comme ceux présentés dans le résumé de l'appréciation des différents systèmes d'épandage.

La réduction des pertes d'azote justifie à elle seule le passage du déflecteur vers le haut à un épandeur à pendillards, rentabilisé sur un an par un agriculteur.

Les épandeurs à patins sont plus indiqués pour l'épandage par entreprise ou pour une CUMA.⁴³

Dans certains Lander allemands, l'épandeur classique avec déflecteur vers le haut a été interdit. En Belgique il est interdit sur les tonneaux d'une capacité à partir de 10 m³.

⁴³ Investir dans un système d'épandage qui limite les pertes d'azote ammoniacal par volatilisation lors de l'épandage, est-ce rentable ? P. Luxen 2013. Sillon belge 142 2013??

3.4 Les valeurs agronomiques et financières



Les lisiers sont des engrais de ferme à action rapide (ils ont un rapport carbone/azote inférieur à 10 et une forte proportion d'azote sous forme ammoniacale)⁴⁴. Ils sont donc comparables aux engrais minéraux. Leur utilisation est liée aux mêmes précautions agronomiques d'usage par rapport aux risques de brûlure des plantes et aux risques pour l'environnement.

De nombreux facteurs influencent l'efficacité de l'azote apporté par les lisiers.

En premier, il faut réduire les pertes d'ammoniac (ou azote ammoniacal) au moment de l'épandage.

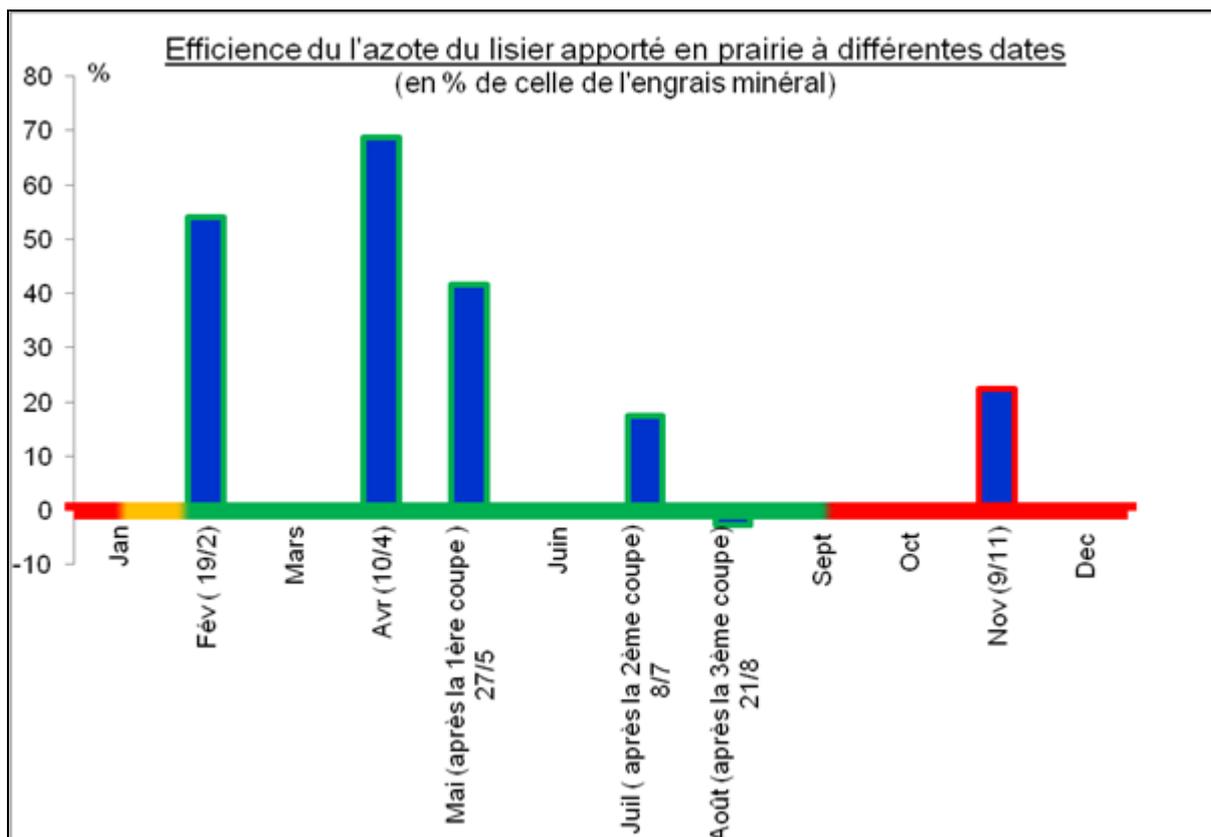
Périodes optimales d'épandage

En prairie permanente

Les résultats des essais menés dans la région de St-Vith (à Neidingen) en Haute-Ardenne (altitude de 550 m) montrent clairement que la date d'apport a une très grande influence sur la production d'herbe⁴⁵.

⁴⁴ Destain, J.-P. & Thirion, M. 2004. Proposition de clé de classification des matières organiques. DGA. Min. Agr. 2p.

⁴⁵ L'efficacité est la quantité d'herbe produite par kg d'azote apporté. Elle traduit l'effet de l'apport de fertilisant sur le rendement. L'efficacité relative est exprimée en % de l'efficacité maximale de l'engrais minéral apporté dans des parcelles de l'essai.



Les dates mentionnées dans ce graphique sont des moyennes, car les apports ont été réalisés au cours de 7 années d'essai, avec un épandeur multibus, dans les meilleures conditions possibles (temps couvert à pluvieux, absence de vent).

Les essais réalisés en Haute-Ardenne montrent que les meilleures valorisations du lisier sont obtenues de février à mai (tableau suivant).

Comme pour tout fertilisant à action rapide, les apports de lisier doivent coïncider (ou précéder de peu) la période de démarrage de la végétation.

Ces mêmes essais montrent que les apports faits après la troisième coupe ont un effet nul, voire très légèrement négatif. Ils sont trop tardifs pour pouvoir influencer positivement la croissance de l'herbe dans une région où les premières gelées au sol se produisent dès le mois de septembre.

La fraction ammoniacale des lisiers représente de 45 à 50 % de l'azote total ; elle a une action rapide qui se marque principalement pour la première coupe (l'herbe a des besoins importants et la fourniture d'azote par le sol à cette période est faible, la minéralisation ne démarrant que lentement avec le réchauffement du sol)

Par ailleurs, en août, la température du sol est encore élevée et la minéralisation de la matière organique est importante (celle-ci est fortement liée à la température et à l'humidité minimale).

En novembre, la fourniture d'azote par la minéralisation de la matière organique du sol cesse avec la baisse de la température ; l'azote du lisier peut présenter une certaine efficacité, mais l'épandage est interdit à cette période.

Les conditions climatiques risquent d'entraîner un arrêt de la croissance de l'herbe et donc un arrêt de l'absorption de l'azote et une perte de ce dernier dans l'environnement

Les apports en dehors⁴⁶ des périodes de croissance sont **donc inutiles**. Les interdictions d'épandage à ces dates par la réglementation prennent ici leur sens, l'azote épandu et non assimilé par les plantes étant irrémédiablement entraîné vers les nappes phréatiques.

En prairies permanentes, les risques de pollution par des épandages à doses raisonnables sont faibles, comme l'illustre le tableau suivant.

Devenir de l'azote apporté en prairie, moyenne en % de l'azote apporté, essai mené en Haute-Ardenne à la dose de 80 unités N/ha, sous forme de lisier ou d'engrais minéral⁴⁷.

	Date d'épandage	N absorbé par l'herbe	N dans le sol horizon 0-30 cm	Bilan
Lisier	Décembre	18	70	88
	Janvier	31	61	92
	Février	51	42	93
	Mars	48	44	92
	Avril	56	35	91
	Mai	70	26	96
N minéral	Avril	68	32	100
	Mai	64	35	99

Les bilans sont pratiquement de 100 %. Les pertes sont dues à la volatilisation d'une partie de l'ammoniac dans l'air et ne dépassent pas 10 % dans cet essai où les lisiers ont toujours été épandus dans de bonnes conditions.

L'absorption de l'azote du lisier est maximale au mois de mai, période de croissance maximale de l'herbe ; elle est comparable à celle de l'azote minéral apporté à cette période.

Apports de lisier en prairie :

- les apports avant le démarrage de la croissance de l'herbe ont un effet très important sur la production d'herbe et**
- les apports pendant la période de croissance du gazon sont très efficaces.**

En cultures

Les apports de printemps sont nettement plus efficaces que les apports d'automne, car ils correspondent mieux aux périodes de croissance des cultures.

⁴⁶ En dehors des périodes de croissance et de la période précédant de peu celles-ci.

⁴⁷ Destain J.P., Luxen P. and Godden B. (2007).

Les apports d'été et d'automne ne sont uniquement autorisés que sur des parcelles destinées à recevoir une culture d'hiver implantée à l'automne ou une culture "piège à nitrate" (CIPAN) implantée avant le 15 septembre ou encore sur pailles enfouies. Dans ce dernier cas, l'apport maximum autorisé est de 80 kg d'azote par hectare

Les apports de lisier jusqu'à 230 kg N /ha avant CIPAN, bien qu'autorisés par la réglementation actuelle, ne se traduisent pas par des efficacités importantes d'engrais et peuvent même conduire à un développement excessif de la végétation et à des problèmes de structure du sol.

Les buts des CIPAN est de bien couvrir le sol pour récupérer l'azote minéral qui y est présent et éviter que le nitrate ne soit entraîné vers les eaux souterraines ou de surface.

Elles ont d'autres avantages comme notamment la prévention des ruissellements érosifs et un effet bénéfique sur la structure du sol.

Si elles sont trop développées suite à un apport excessif d'azote, lors de leur destruction, une part importante de l'azote piégé va être renvoyé dans l'atmosphère par dénitrification ; leur incorporation peut entraîner des problèmes de "terre creuse", gênants pour certains semis de printemps.

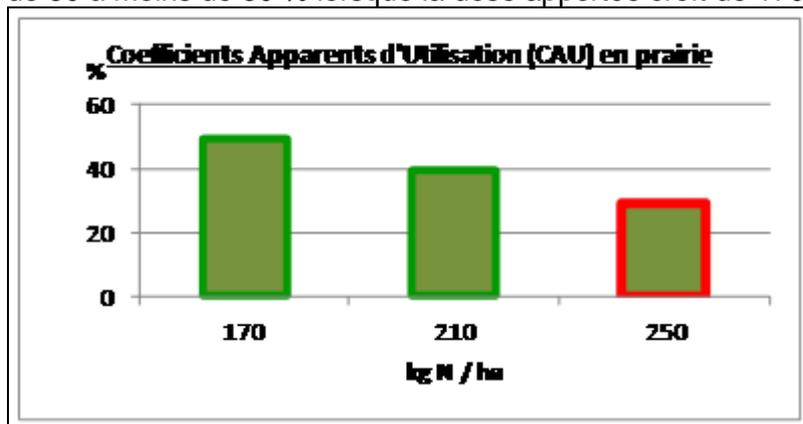
Un apport de lisier avant CIPAN de 80 unités d'azote à l'ha est une bonne pratique pour permettre un développement suffisant en profondeur, des racines destinées à y prélever le reliquat d'azote nitrique ; toutefois, il n'est pas recommandé d'apporter du lisier après des cultures qui laissent des reliquats d'azote importants.

Cela permet aussi de vider les fosses de stockage avant la saison hivernale.

Effet de la dose d'apport

L'efficacité des engrais de ferme diminue avec l'augmentation de la dose appliquée.

Ainsi, d'un essai mené pendant 4 ans dans une prairie permanente gérée en fauche dans le Hainaut occidental, il ressort que le coefficient d'utilisation (CAU)⁴⁸ de l'azote du lisier passe de 50 à moins de 30 % lorsque la dose apportée croît de 170 à 250⁴⁹ kg N/ha.



⁴⁸ Le coefficient apparent d'utilisation (CAU) est obtenu par la formule : = (azote prélevé par la culture dans la parcelle fertilisée - azote prélevé par la culture dans la parcelle non fertilisée) / quantité d'azote apportée par la fertilisation. Il représente le % de l'azote apporté, utilisé par la culture.

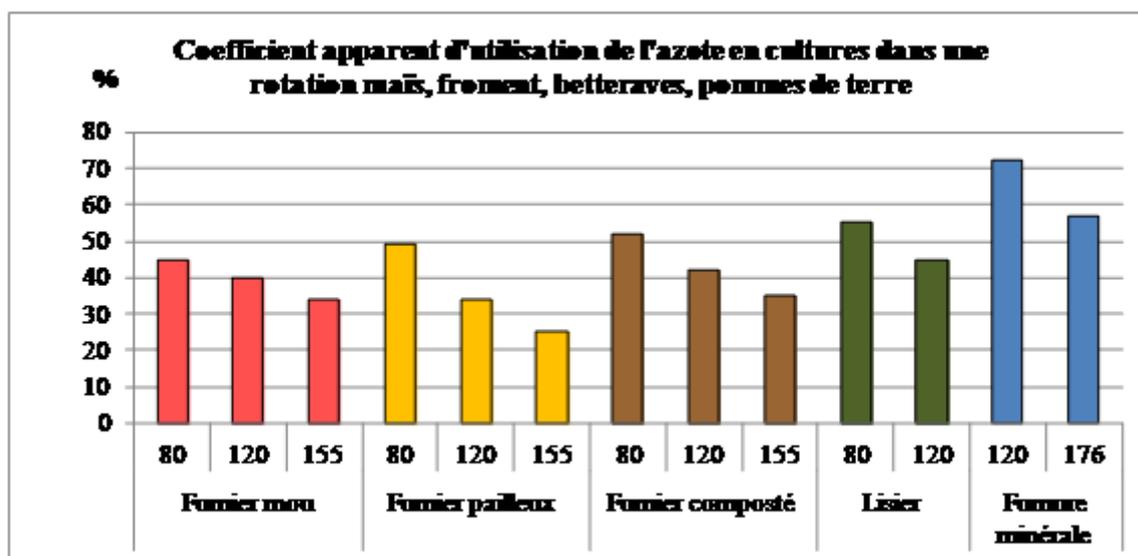
⁴⁹ La dose de 250 kg N/ha est supérieure à ce qui est autorisé (230 kg N/ha en un apport).

Dans un autre essai mené en Haute-Ardenne par Agra-Ost en prairie de fauche avec un apport constant d'azote minéral complété par du lisier à 2 doses (simple et double), à différentes dates, l'effet de la dose double est très faible : 5 % de surplus pour un épandage à l'automne, 3 % pour des épandages d'hiver et de printemps et de 2 et 7 % pour des épandages après la 2^{ème} et 3^{ème} coupe.

En cultures

Dans un essai d'apports de différents engrais de ferme en cultures dans une rotation betteraves, pommes de terre, maïs, froment, en Hainaut Occidental, du lisier a été apporté avant l'implantation de la betterave et celle du maïs, à 160 et 240 kg N/ha (moyenne de 80 et 120 kg N/ha sur la rotation), apports de printemps dans des conditions optimales (temps pluvieux, incorporation dans les 3 h ...).

Le constat est le même qu'en prairies ; l'efficacité du lisier diminue lorsque la dose apportée augmente et ces apports supplémentaires ne se traduisent pas en arrière-effets. Cet azote supplémentaire entre dans la matière organique stable et dans l'humus dont la minéralisation varie de 2 % en régions limoneuses et sablo-limoneuses et à 1 % en Ardenne.



Efficacité en fonction de la culture

Contrairement à ce qui est observé pour les engrais de ferme à action lente, pour les lisiers, matière organique à action rapide, l'efficacité varie peu en fonction des cultures.

Efficacité en fonction des types de lisier

Certains font une différence entre lisier de porc et lisier de bovin, car les premiers ont en moyenne une teneur en azote ammoniacal un peu plus riche.

Mais, au sein de ces deux types de lisiers, les variations de composition sont trop importantes pour que les différences soient significatives.

L'efficacité des lisiers est donc plus fonction de la teneur en azote ammoniacal que de tout autre facteur.

Rappelons que cette fraction est très volatile et est donc sujette à pertes dans l'atmosphère et que les conditions d'épandage ont une influence prépondérante.

De plus, l'efficacité des lisiers comme de tout engrais est fonction de l'état de fertilité du sol.

Il arrive qu'en utilisant des outils de conseil de fertilisation à la parcelle, la fertilisation azotée conseillée soit proche de 0 (à cause d'un niveau élevé d'arrière-effets) ; tout apport d'engrais réalisé dans ces conditions aura une efficacité très faible ou nulle.

Tout apport d'engrais minéral ou organique en sol très pauvre aura une efficacité très élevée.

Phosphore et potassium

Si l'on se place dans l'optique de couvrir les besoins d'exportation des cultures et que les sols ne présentent pas de déficience notoire, on peut considérer que l'efficacité du phosphore et du potassium est équivalente à celle apporté par les engrais minéraux ⁽⁵⁰⁾.

Raisonnement la fertilisation avec du lisier

Les engrais de ferme constituent la base de la fertilisation, la fertilisation minérale n'étant que le complément éventuel.

En prairie, il faut aussi et d'abord tenir compte des restitutions au pâturage, en particulier pour le phosphore et le potassium ; pour l'azote, il faut tenir compte de l'apport par le sol : minéralisation de la matière organique du sol et présence de légumineuses.

Importance de l'azote fourni par le sol en prairies (permanentes)

Un examen des résultats des essais menés par Agra-Ost montre que les rendements des parcelles témoins sans apport extérieur sont de 64 à 73 % de ceux des meilleurs rendements obtenus avec des apports minéraux ou organiques.

En prairies (permanentes), en moyenne, les fertilisations azotées ne contribuent qu'à 25 % de l'azote absorbé par l'herbe.

En Wallonie, plusieurs approches complémentaires ont été développées pour l'utilisation du lisier en culture ou en prairie.

Les plus simples se limitent à l'apport de lisier dans une parcelle de culture ou de prairie, la plus globale calcule la production de chacun des engrais de ferme, y compris les restitutions au pâturage, et propose à l'échelle de l'exploitation un plan de répartition global des engrais de ferme pour une valorisation optimale.

En prairies.

Fourrages Mieux. Le Centre pilote pour le secteur des fourrages, dans le Livret de l'Agriculture n° 15 "Fertilisation raisonnée des prairies", illustre bien la démarche :
« *Comme pour toute culture, la fertilisation des prairies doit permettre de couvrir au mieux les besoins des plantes en veillant à ne pas appauvrir les sols ni à exagérer les apports. L'objectif de rentabilité n'implique pas nécessairement la recherche de la production la plus élevée possible. Il faut plutôt viser l'autonomie alimentaire comportant la production de fourrages dont la quantité et la qualité doivent être en adéquation avec les besoins du cheptel et ce tout en préservant l'environnement.*

⁵⁰ Destain J.P. Syllabus "Matières fertilisantes", ULg Gembloux, Agro Bio Tech 2012.

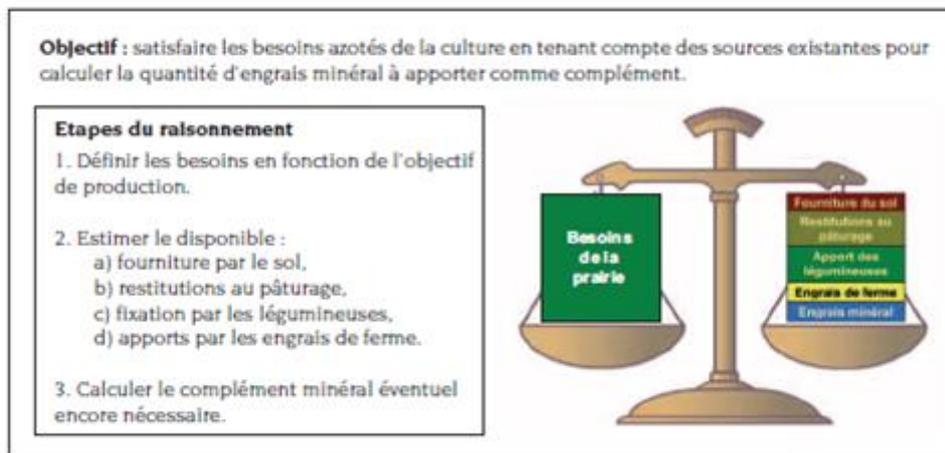
Un excès d'azote n'est pas sans risque pour le bétail : baisse de l'appétit, besoins énergétiques accrus, voire intoxication et mortalité, en particulier au printemps et en automne, lorsque les températures sont basses et l'ensoleillement réduit. »

Le but final est la production de lait ou de viande et pas un rendement maximal d'herbe à tout prix.

La méthode de calcul de la fertilisation azotée est relativement simple ; l'exportation d'azote doit être compensée par différentes sources, la minéralisation de l'azote de la matière organique du sol, les restitutions au pâturage par les animaux (pissats et bouses), la fixation d'azote de l'air par les légumineuses, les engrais de ferme et éventuellement si nécessaire les engrais minéraux. C'est le principe du bilan.

L'équilibre à établir par une fumure raisonnée est représenté à la figure 1, ainsi que les étapes du calcul.

Figure 1 : Base du raisonnement de la fumure azotée



En cultures, les différents centres pilotes et les services agricoles provinciaux ont des raisonnements également basés sur ce principe du bilan.

Nitrawal utilise aussi ce principe du bilan dans les modules de fertilisation "Calcul du bilan prévisionnel pour le raisonnement de la fertilisation azotée en culture" et "Calcul du bilan prévisionnel pour le raisonnement de la fertilisation azotée en prairie" disponibles en ligne sur le site internet de Nitrawal (www.nitrawal.be). Le premier module est consacré à la fertilisation des cultures. Il est le fruit d'un travail harmonisé entre les différents centres pilotes pour chaque culture concernée. Il se base sur l'estimation d'un rendement objectif, sur une analyse de sol au printemps et sur une bonne connaissance des matières organiques apportées.

Le deuxième module, destiné à la fertilisation des prairies, il est basé sur le même raisonnement que celui énoncé ci-dessus dans le Livret de l'Agriculture n°15, mais propose la nouveauté intéressante des valeurs de fractionnement du complément minéral en fonction de l'utilisation de la prairie (fauche ou pâturage). Ces propositions sont le résultat d'une collaboration avec les spécialistes wallons en matière de gestion de la prairie.

Valor

Pour optimiser la valorisation des engrais de ferme (dont les lisiers) et les intégrer dans une gestion globale de la fertilisation, Agra-Ost et le CRA-W ont développé, avec l'aide de la

Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement du Service Public de Wallonie, le logiciel **Valor**.

Deux conditions sont essentielles pour mieux valoriser les engrais de ferme :

- bien quantifier et caractériser les productions réelles au niveau de l'exploitation agricole ; ceci fiabilisera ultérieurement l'utilisation des données relatives aux quantités réellement épandues,
- définir une répartition agronomiquement efficiente des différents engrais de ferme produits sur le parcellaire de la ferme. "Quel engrais de ferme sur quelle(s) prairie(s) ou culture(s), à quelle dose et à quel moment?".

Le logiciel montre dans un tableau de synthèse les gains en azote, phosphore et potassium réalisables par l'application des conseils d'épandage des engrais de ferme, ainsi que le **gain financier total réalisable pour l'exploitation**.

Le logiciel calcule les besoins de chacune des parcelles, pour l'année pour laquelle le conseil est émis, et permet de comparer la proposition de gestion des engrais de ferme aux pratiques antérieures. En prairie, Valor calcule aussi les éléments fertilisants restitués au pâturage par les pissats et bousas, qui peuvent couvrir une part importante des besoins P et K et moindre des besoins N. Le logiciel permet donc d'**optimiser au mieux les avantages financiers et environnementaux en matière de gestion et de valorisation des engrais de ferme produits sur l'exploitation**.

Pour en savoir plus : <http://valor.cra.wallonie.be/>

Apports de lisier autorisés en mesures agro-environnementales

L'apport de lisier est autorisé pour la MB2 Prairie naturelle en un seul apport entre le 16 juin et le 15 août, en considérant un apport d'une vingtaine de tonnes/ha. Ceci permettra de couvrir les besoins de la prairie naturelle.

Pour les MB5, MB6, et MC4, les apports d'engrais de ferme sont interdits.

Impacts des apports de lisier sur la flore prairiale

Les relevés de flore réalisés dans les différents essais d'Agra-Ost (GUMIKO, METHAN I et II, ...) mettent en évidence les effets d'apports réguliers sur la flore des prairies.

Par rapport aux parcelles témoins non fertilisées, il y a plus de bonnes graminées (ray-grass anglais et fléole), plus de graminées moyennes (dactyle, pâturin commun), plus de chiendent (graminée médiocre) et, pour les dicotylées, un développement plus important du pissenlit et du rumex à feuilles obtuses (et dans une mesure moindre de la renoncule âcre).

4 Les conséquences environnementales

Lisier ou fumier?

La question des conséquences environnementales des lisiers est complexe et ne saurait être développée sans aborder la question : lisiers ou fumiers?

Le choix des systèmes dépend d'abord de la disponibilité de la paille (ou autres litières), de la charge de travail, du type de bétail, ...

Ce sont des systèmes différents, avec des spécificités, des contraintes, des avantages et inconvénients.

Ceux-ci doivent être globalisés pour chacune des étapes (animaux, alimentation, bâtiments, stockage des engrais de ferme et leurs traitements éventuels et leurs épandages).

Dans une évaluation environnementale, il faut tenir compte non seulement des quantités mais aussi de la nocivité ; ainsi, 1 kg d'azote émis sous forme d'ammoniac n'a pas les mêmes conséquences qu'1 kg d'azote émis sous forme de protoxyde d'azote (N₂O).

L'ammoniac (NH₃) est un gaz responsable des pluies acides et, depuis peu, son rôle dans les processus de réchauffement climatique (les gaz à effet de serre) a été réévalué⁵¹, suite à son effet sur la formation de particules atmosphériques.

Les oxydes d'azote gazeux souvent appelés NO_x (N₂O, N₂O₃, N₂O₅) sont de puissants gaz à effet de serre qui vont notamment détruire la couche d'ozone. Le protoxyde d'azote (N₂O) principal NO_x a une valeur de 310⁵².

Le nitrate (NO₃) est un polluant potentiel des eaux (de surface ou souterraines).

A cela doit s'ajouter le rôle fertilisant de l'ammoniac, du nitrate et des formes organiques. La production d'engrais minéraux de synthèse nécessite de grandes quantités d'énergie. Les économies d'énergie par le recyclage des engrais de ferme sont à prendre en compte, en intégrant les aspects liés à l'épandage (coûts et émissions gazeuses).

Pour le carbone, les deux principaux gaz émis sont le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄), deux gaz à effet de serre avec des valeurs⁵³ de 1 et 22.

Le rôle des engrais de ferme dans le stockage à long terme du carbone dans la matière organique du sol (puits de carbone) est à prendre en compte.

Le phosphore est un élément polluant potentiel impliqué dans l'eutrophisation des eaux (comme peut l'illustrer le développement excessif d'algues au large de la Bretagne) qui doit être comptabilisé plus particulièrement pour les élevages porcins en raison de la richesse plus élevée de leurs déjections en phosphore.

Sur ce point, les résultats des analyses réalisées ces dernières années⁵⁴ montrent que la teneur en phosphore des lisiers de porcs est actuellement nettement plus faible qu'auparavant : 3,6 kg P₂O₅/m³ au lieu de 6.

⁵¹ Les flux d'azote liés aux élevages. Réduire les pertes, rétablir les équilibres. INRA Escos, 2012, 8 p.

⁵² Potentiel de réchauffement global (par référence au CO₂ dont la valeur est de 1).

⁵³ Potentiel de réchauffement global.

⁵⁴ Calculs à partir de résultats de Requasud Extraction de la base de données engrais de ferme réalisée sur les années 2006 à 2011, n° de licence A9/2012.

Globalement, les pertes de la chaîne d'utilisation de l'azote des déjections animales depuis l'émission par les animaux jusqu'à l'utilisation par les cultures varie de 25 à 80 %. Par rapport à ces valeurs, pour les porcs, on estime que ± 30 % des pertes ont lieu en bâtiment et au stockage, les 70 % restants à l'épandage.

Pour les porcs sur litière, les pertes sont aussi sous la forme N_2O , ce qui au final représentera une dizaine de pour cent des émissions azotées totales. C'est pourquoi, lorsque l'élevage sur litière biomaitrisée est apparu, la réduction des émissions d'ammoniac a été considérée comme un impact environnemental positif de cette technique. Aujourd'hui, les mesures de N_2O et de méthane, puissants gaz à effet de serre, techniquement beaucoup plus difficiles à doser, remettent en question l'image initiale très favorable à l'environnement⁵⁵ de cette méthode d'élevage.

Pour les bovins, les émissions sont moins clairement connues et moins aisées à chiffrer (alimentation plus variable en particulier au pâturage et émissions en prairie). Si certains⁵⁶ estiment qu'il n'y a pas de différences nettes entre les systèmes d'hébergement avec lisiers ou paillés (voir chapitre 2.1), d'autres⁵⁷ estiment que les systèmes d'élevage (bovins) paillés émettent nettement plus de gaz à effet de serre que les autres. En effet, les émissions provenant de la litière s'additionnent à celles des déjections.

Ces différences s'expliquent par la variation au sein des systèmes lisiers et des systèmes fumiers selon des mesures réalisées en Wallonie⁵⁸. Les émissions sont nettement plus importantes lorsque la température est élevée. Dès lors, il suffit que le fumier sorti d'étable en fin d'hiver au lieu d'être épandu en prairie ou pour les cultures de printemps comme le maïs, soit stocké jusqu'à l'automne pour être apporté au labour pour une betterave, pour que ce poste "émissions" bascule en défaveur ou en faveur d'un système.

En systèmes lisier, l'optimisation de l'épandage (les bonnes conditions d'épandage (voir encart)) est le facteur qui a le plus d'impact sur "l'impact environnemental global", même si d'autres facteurs peuvent également être optimisés.

Au niveau des taux de carbone et donc de l'effet des systèmes lisier ou fumier sur le stockage de carbone dans les sols, les données de l'essai longue durée mené depuis 54 ans en cultures au CRAW⁵⁹ montrent une baisse de ± 12 % pour le traitement témoin, une baisse négligeable de $\pm 0,5$ % pour le traitement lisier et un gain de $\pm 8,5$ % pour le fumier⁶⁰.

En prairie en Haute-Ardenne⁶¹, sur une période de 6 ans, par rapport au témoin sans apport, le lisier conduit à une légère augmentation du taux d'humus, moins que le fumier, et tous deux moins que le fumier composté.

⁵⁵ Nicks ... rapport RW + articles.

⁵⁶ Béline F., Delaby L., Vertès F., Rochette P., Morvan T., Parnaudeau V., P. Cellier, Peyraud J-M. (2012). Transformation, devenir et valorisation de l'azote : des effluents d'élevage aux systèmes de cultures.

⁵⁷ Edouard N., Charpiot A., Hassouna M., Faverdin P., Robin P., Dollé J.B. (2012). "Ammonia and greenhouse gases emissions from dairy cattle buildings : slurry vs. farm yard manure management systems" et "Emissions comparées d'ammoniac et de gaz à effet de serre en systèmes lisier et litière accumulée en bâtiment bovin lait" Journées 3R 2012.

⁵⁸ Mathot M., Decuyenaere V., Lambert R. et Stilmant D. (CRAW et UCL). (2012).

⁵⁹ Destain et Godden. 2013. La matière organique : source de la vie du sol, source d'éléments minéraux. Conférence Agora Clermont (Oise). 15/01/2013.

⁶⁰ Dans les 3 traitements considérés, il y a eu exportation des sous-produits récoltables comme les pailles.

⁶¹ Rapport essai GUMIKO d'Agra-Ost 2005.

Ceci peut s'expliquer par le fait que les apports des fertilisants, en plus du carbone qu'ils apportent, favorisent le développement des plantes, y compris de la masse plus importante de racines qui se décomposeront.

Les apports de lisier en prairies peuvent agir sur le stock de vieille matière organique par stimulation de l'activité microbienne ; ils permettraient d'utiliser une partie de l'azote de ce stock de vieil humus.

5 Conclusions

Les lisiers ont une mauvaise image dans le grand public, principalement à cause du mode d'épandage des tonneaux à lisier équipés de déflecteur vers le haut, source d'odeurs désagréables.

Chez les éleveurs, ces systèmes sans litière rencontrent un succès en raison de leurs avantages, principalement dans les régions à faible disponibilité en paille, dans les élevages laitiers et de porcs.

De nombreux progrès ont été faits ces dernières années au niveau :

- des bâtiments : la réalisation de couloirs en V avec rigole centrale pour une évacuation rapide des liquides, la meilleure conception des racleurs et des matériaux de sols de la préfosse pour bien évacuer les déjections solides et pour éviter que les fractions solides ne tombent en fond de préfosse (ce qui est à l'origine de dégagements importants d'ammoniac et d'odeurs) ;
- de l'alimentation : pour les porcs, la généralisation de l'alimentation multiphasés a permis de réduire les rejets azotés de $\pm 15\%$ et de phosphore de 20 à 40 % ;
- du stockage avec un large éventail d'infrastructures de stockage (citernes extérieures, sacs à lisiers,...) ;
- des traitements, à commencer par la dilution et l'aération, ou encore la biométhanisation ;
- du matériel d'épandage : les constructeurs proposent aujourd'hui de très nombreux matériels performants.

Vu l'importance du facteur épandage, une prise de conscience de la valeur fertilisante des lisiers est indispensable pour les utiliser dans de bonnes conditions météorologiques avec du matériel d'épandage performant. Des outils pour raisonner la fertilisation avec du lisier sont décrits p. (actuellement 51 et suivantes) ; ils sont aisés à utiliser par les agriculteurs et l'encadrement technique agricole.

Il faut absolument éviter le tonneau à lisier avec déflecteur vers haut, qui est d'ailleurs interdit sur les tonneaux à partir d'une capacité de 10 m³.

Par les gains financiers réalisables par la réduction des pertes à l'épandage, le prix de l'azote justifie à lui seul le passage à des systèmes plus performants, rentabilisés pour certains dès la première année. Il est donc intéressant d'investir dans un système d'épandage spécifique du lisier en prairie.

Des épandages de lisier pratiquement sans émissions d'odeurs et sans pertes d'azote sont alors réalisables.

Ce qui se traduira pour les agriculteurs par des gains financiers sur les coûts de fertilisation, pour l'environnement par une réduction importante des

émissions d'ammoniac et pour les riverains et le grand public (la société) par une diminution importante des désagréments olfactifs qui donnent du lisier une image très négative dans l'opinion publique.

Dans ces conditions, les systèmes non paillés produisant du lisier peuvent répondre aux exigences d'une agriculture durable et responsable et pourront être acceptés sans réticence par la société.

Références

Agra-Ost (2007), P. Luxen et T. Vliegen.

Etude de la méthanisation du lisier METHAN I, Rapport de synthèse, 2000 – 2005, 38 p.

Amon B., Kryvoruchko V., Amon T. and Zechmeister-Boltenstern S. (2006).

Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment.

Agriculture, Ecosystems and Environment, 112 (2006), 153–162.

Bèche J.M. (1991).

L'élevage bovin et l'environnement - Guide pratique.

ITEB, 251 p.

Brunet L. (2004).

Gaz dangereux.

Fiche technique n° 99-002 du Ministère de l'Agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario, Canada, 8 p.

Destain J.P. (2012).

Matières fertilisantes, Syllabus ULg Agro-Bio-Tec.

Destain J.P. et Godden B. (2013).

La matière organique : source de la vie du sol, source d'éléments minéraux, Conférence Agora "Agroforum, L'agronomie aux sources de l'agriculture durable", Clermont (Oise), 15/1/2013, p. 22-47.

Destain J.P., Luxen P. and Godden B. (2007).

Nitrogen efficiency and recovery of cattle manure slurry and mineral fertilizers applied to grassland in the high region of Belgium.

Proceedings of the "16th International CIEC Symposium, 16-19 Sept. 2007, Ghent", Mineral versus organic fertilizers : conflict or synergism ? p. 155-1602.

Dinuccio E., Berg W., and Balsari P. (2011).

Effects of mechanical separation on GHG and ammonia emissions from cattle slurry under winter conditions,

Animal Feed Science and Technology, p.166 – 167 (2011), 532– 538.

Edouard N., Charpiot A., Hassouna M., Faverdin P., Robin P., Dollé J.B. (2012),

Ammonia and greenhouse gases emissions from dairy cattle buildings : slurry vs. farm yard manure management systems Colloque, EMILI, St Malo, 10-13 juin 2012, 11 p.

Garry, B.P., Fogarty, M., Curran, T.P., O'Doherty, J.V. (2007).

Effect of cereal type and exogenous enzyme supplementation in pig diets on odour and ammonia emissions. *Livestock Science* 109, 212-215 in B. Nicks, rapport 2011.

Hanhoun M. (2011).

Analyse et modélisation de la précipitation de struvite : vers le traitement d'effluents aqueux industriels.

Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 201 p.

Jacquet D. (2012), AWE, communication personnelle.

Kai P., Pedersen P., Jensen J.E., Hansen M.N. and S.G. Sommerd (2008).

A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions,

Europ. J. Agronomy, 28 (2008), p. 148–154.

Lambert R. (2011).

L'analyse des engrais de ferme - Comment faire un bon échantillon? 6 p.

Lucas M. (2012), CRAW, communication personnelle.

Mathot M., Decuyenaere V. , Lambert R. et Stilmant D.(2012).

Effect of cattle diet and manure storage conditions on carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions from tiestall barns and stored solid manure.

Agriculture, Ecosystems and Environment, 148 p.?, (2012), p.134-144.

Mahu J.L. (2011).

CRE : la ventilation centralisée et le laveur d'air sous la loupe.

L'essentiel du porc, n° 16, octobre 2011, FPW.

Mallard P., Gabrielle B., Vignoles M., Sablayrolles C., Le Corf V., Carrere M., Renou S., Vial E., Muller O., Pierre N., et Coppin Y. (2005).

Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets - Bilan des connaissances, ADEME, 331 p.

Martinez-Suller L., Azzellino A., Provolo G. (2008).

Analysis of livestock slurries from farms across Northern Italy : Relationship between indicators and nutrient content.

Biosystems engineering. 99 (2008), 540 – 552 p. ?

Nicks B. (2011).

Evaluation environnementale comparée de l'élevage de truies gestantes sur sols paillés et sur sols à caillebotis.

Rapport final de convention SPW DGARNE ULg CRAW, Juillet 2011, 69 p.

Örtenblad, H. 2000. The use of digested slurry within agriculture. In: Örtenblad, H. (ed)

Anaerobic Digestion : Making Energy and Solving Modern Waste Problems. pp. 53-65.

Piazzalunga G., Planchon V., R. Oger, Luxen P., Godden B. (2012).

Evaluation des flux d'éléments contaminants liés aux matières fertilisantes épandues sur les sols agricoles en Wallonie Rapport final, 201 p. + annexes 70 p.

Sahlström L. (2003).

A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants.
Bioresource Technology 87 (2003), p. 161–166.

Sorensen P et Eriksen J. (2009).
Effects of slurry acidification with sulphuric acid combined with aeration on the turnover and plant availability of nitrogen.
Agriculture, Ecosystems and Environment 131 (2009), p. 240–246.

Top Agrar 2012 8 R 34 Die einstreukostenhalbiert - seint einen jahr streut der betrieb van dijke separiete gülle in die liegeboxen -mit erfold.

PGDA (2002). Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la gestion durable de l'azote en agriculture. *Moniteur Belge*, 29.11. 2002.

PGDA. 2007. 15 FEVRIER 2007. — Arrêté du Gouvernement wallon modifiant le Livre II du Code de l'Environnement constituant le Code de l'Eau en ce qui concerne la gestion durable de l'azote en agriculture. *Moniteur Belge* 7/3/2007, p. 11118-11132.

Uludag-Demirer S., Demirer G.N. and Chen S. (2005),
Ammonia removal from anaerobically digested dairy manure by struvite precipitation,
Process Biochemistry 40 (2005), p. ? 3667–3674.

Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage (2010),
RTM, élevage et environnement, 305 p.

Remerciements

Les auteurs remercient G. Piazzalunga du CRAW pour son aide à la réalisation des cartes et pour les données permettant de calculer les différentes productions d'engrais de ferme, ainsi que Mrs Lucas (CRAW) et D. Jacquet de l'AWE pour la mise à jour des systèmes d'hébergement des bovins pour corriger le fichier de données de la Convention Contasol.

Crédit photos :

les auteurs des photos
CRD
B. Godden
E. Monfort (FPW)
T. Vliegen
J. Wahlen
D. Wouez, Nitrawal
M. Wauthélet

Annexe 1. Informations techniques pour la construction de fosses en béton ou en géomembrane, pour le placement d'une fosse métallique et les mises en place de poche à lisier et de citerne préfabriquée.⁶²

Construction d'une fosse en béton

Choix de l'emplacement

Dans le cas de fosse hors sol, on privilégie un emplacement ne nécessitant pas d'apport de remblais (Figure A1).

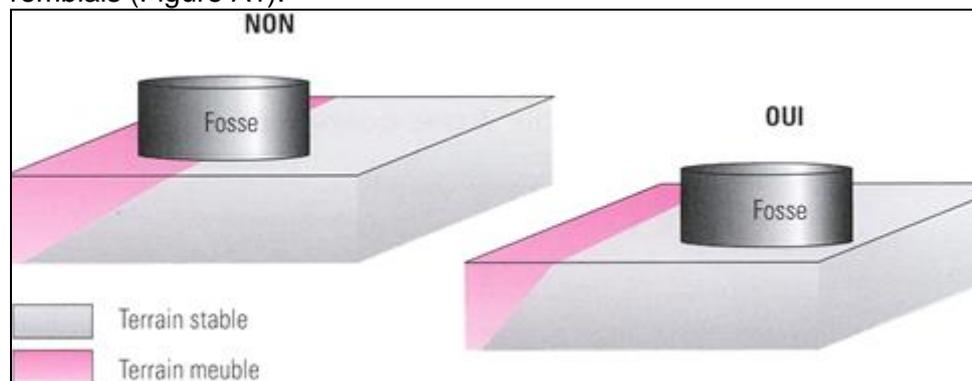


Figure A1 : choix d'emplacement d'une fosse hors sol

Terrassement

Si le terrassement se fait par remblai de terre, les couches successives de remblai sont mises en place par épaisseur n'excédant pas 15 cm. Chaque couche est compactée au moyen d'un rouleau vibreur ou, à défaut, d'un engin lourd (un tracteur de plusieurs tonnes équipé de pneumatiques étroits avec une pression de gonflage supérieure à 3 bars et sur lequel est attelé un outil porté lourd) avant la mise en place de la couche suivante.

Le compactage se fait jusqu'à obtention d'une portance suffisante (le passage de l'engin de compaction ne laisse plus de trace apparente).

Si malgré tout le sol reste meuble, une couche de 25 cm de terre est enlevée et remplacée par une couche (sous-fondation) de 25 cm d'empierrement (granulométrie 40/56) posée sur un géotextile (de type non tissé et de densité au moins égale à 130 gr/m²) et surmontée d'une géogrille.

Si le terrassement se fait par déblais de terre, dans la majorité des cas (à l'exception de nappe phréatique superficielle), la portance du sol est suffisante. Dans le doute, un essai de portance est commandé à une société d'essai de sol.

Afin d'éviter toute contamination de la fondation par des éléments terreux, un géotextile de type non-tissé et de densité au moins égale à 130 gr/m² est placé sur le fond de coffre. Le recouvrement minimum de 2 bandes de géotextile est d'au moins 20 cm.

Au cours des terrassements, aucune paroi verticale de terre ne peut être plus haute qu'un mètre. Si les terrassements dépassent la profondeur d'un mètre, un talutage à 45° est réalisé à partir d'un mètre (Figure A2).

⁶² Livret de l'agriculture, 11. Prescriptions techniques obligatoires pour le stockage des engrais de ferme.

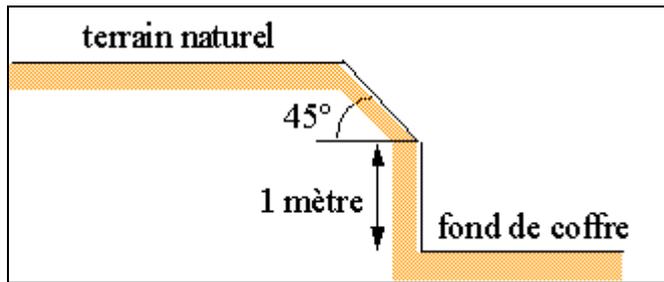


Figure A2 : talutage de la fouille

Drainage

Le drainage sous un ouvrage permet d'éviter toute saturation en eau (par remontée de nappe) de la fondation et de mettre éventuellement en évidence un défaut d'étanchéité.

Existe-t-il une nappe d'eau superficielle sous ma future fosse ?

Pour vérifier l'absence de nappe d'eau superficielle, il suffit d'effectuer, à côté de la future fosse, un trou à la grue ou plus simplement avec une tarière, jusqu'à une profondeur de 1 mètre sous le niveau de la dalle de la fosse à construire. Si ce trou se remplit d'eau, on est en présence d'une nappe d'eau superficielle.

Cette saturation pourrait, à l'occasion d'épisodes gel-dégel ou de remontée de nappe, causer des mouvements de sol importants avec, pour conséquence, une fissuration de l'ouvrage.

La mise en place des drains doit respecter les prescriptions suivantes (Figure A3) :

- ❖ Pente supérieure ou égale à 1%,
- ❖ Espacement entre drains de 3 mètres,
- ❖ Drain de type annelé en PVC,
- ❖ Diamètre des drains compris entre 50 et 80 mm.

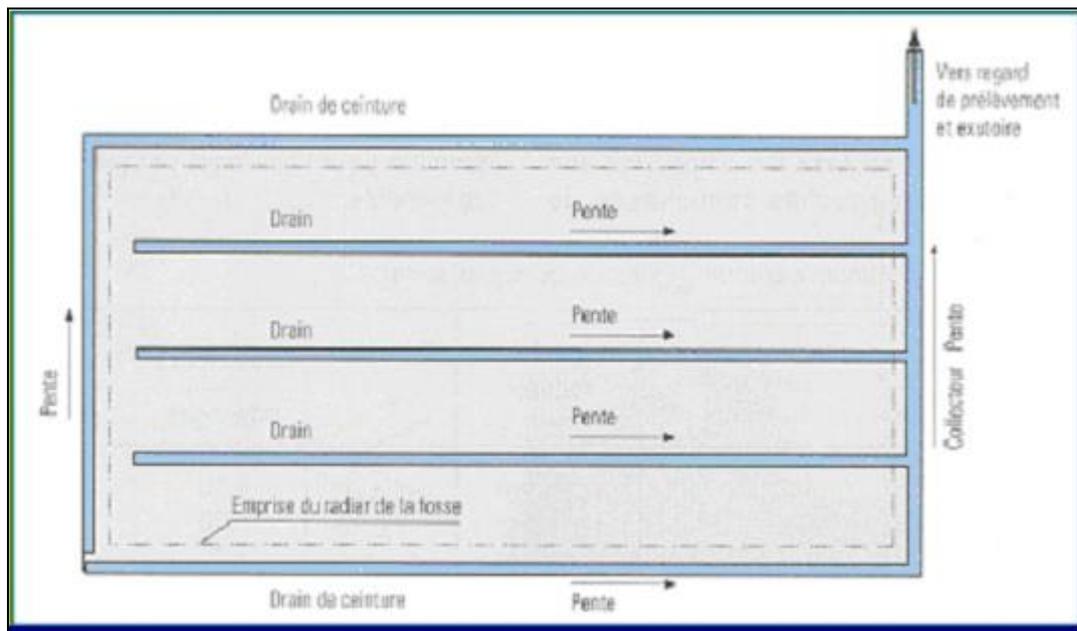


Figure A3 : plan du drainage sous un radier

En cas de présence de nappe phréatique superficielle, les drains doivent impérativement être posés à une profondeur de 60 cm sous le niveau du sol. Les drains sont placés dans une tranchée d'environ 30 cm de large et enrobés de gravier de granulométrie supérieure à 20 mm et inférieure à 56 mm (Figure A4). La disposition des drains par rapport à l'ouvrage de stockage peut être longitudinale (Figure A3) ou transversale.

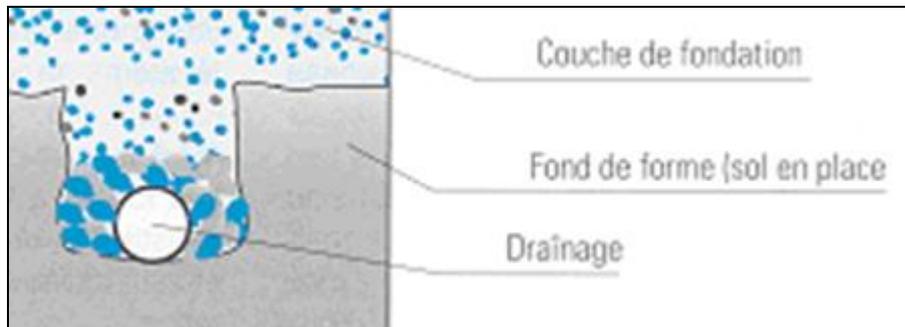


Figure A4 : coupe de la tranchée drainante

Un drainage périphérique (ou drain de ceinture) est positionné en pied de paroi (côté extérieur). Le réseau de drains aboutit, via un collecteur des eaux de drainage, dans un regard de visite (Figure A5) étanche.

Le regard de visite est conçu de manière à conserver une hauteur d'eau d'au moins 10 cm.

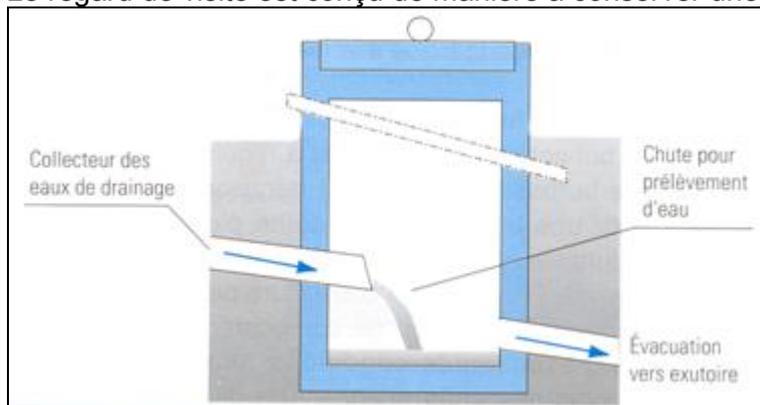


Figure A5 : regard de visite

Dans la mesure du possible, tout trafic de véhicule est à éviter sur ce regard. Dans le cas contraire, l'épaisseur des murs est d'au moins 20 cm et le trapillon supporte une charge de 10 T.

L'arrivée du collecteur dans ce regard doit se situer à 10 cm au-dessus du niveau d'eau.

L'évacuation se fait soit de façon gravitaire soit par pompage.

Les canalisations d'évacuation des eaux sont positionnées à une profondeur suffisante, en particulier sous les zones de circulation (risques d'écrasement).

Fondation

Les prescriptions relatives à la fondation pour fosse sont semblables à celles prévues pour fumière.

La fondation est aménagée de manière à pouvoir façonner une « sur-profondeur » nécessaire pour une vidange complète du stockage (Figure A6). La pente de la fondation est orientée vers cette « sur-profondeur ».

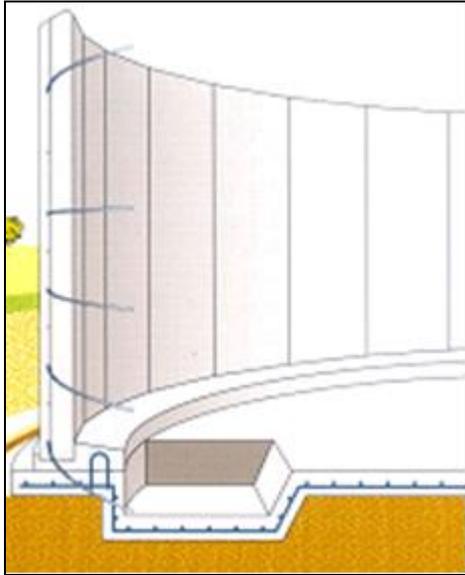


Figure A6 : coupe dans une fosse à lisier

Radier

Armature

Le ferrailage, situé dans la partie basse du radier, est constitué d'un treillis soudé d'armatures de 8 mm de diamètre, à nervures crénelées, avec une maille de 150 mm x 150 mm en acier BE500S ou DE500BS. Il est placé de manière à toujours être enrobé d'une couche de béton d'au moins 4 cm d'épaisseur.

Le ferrailage est propre, sans peinture ni graisse ni tache de ciment ni plaque de rouille.

Au niveau des bords soumis au passage du charroi, un second treillis soudé (identique au premier) est placé sur la partie haute du radier avec un enrobage d'au moins 4 cm de béton. Le recouvrement de 2 treillis est d'au moins 35 cm. En cas de placement de parois, un ferrailage sera également prévu pour solidariser le radier à ces parois (Figure A7).

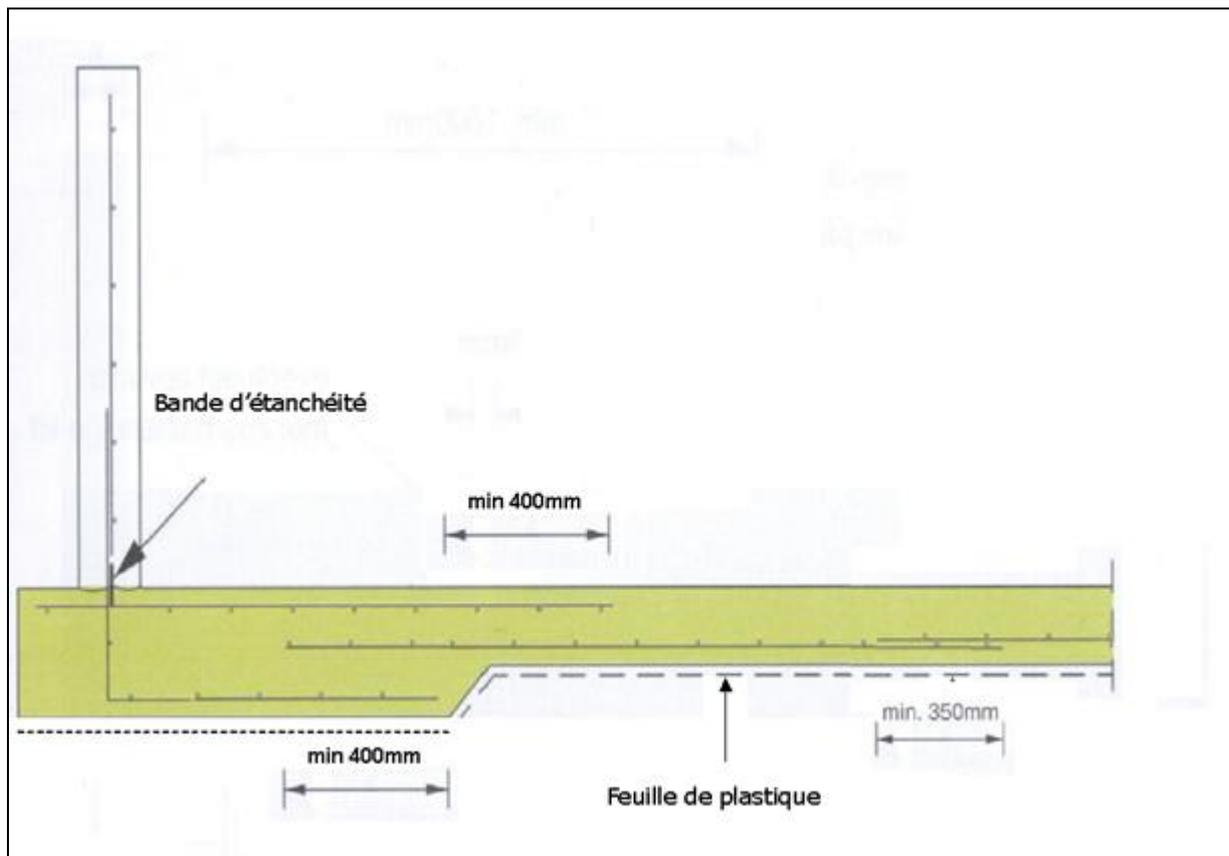


Figure A7 : liaison radier - parois

Parois en béton coulé

L'épaisseur de la paroi est d'au moins 30 cm pour les parois extérieures et d'au moins 20 cm pour les parois intérieures.

Une bande d'étanchéité est placée entre le radier et la paroi extérieure (Figure 8).

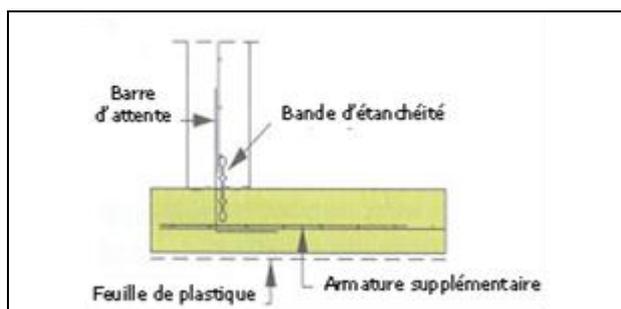


Figure 8 : bande d'étanchéité entre radier et paroi

La longueur d'un mur en béton armé coulé en une seule fois est idéalement limitée à 15 mètres. Un joint de construction est placé à la reprise du bétonnage (Figure 9).

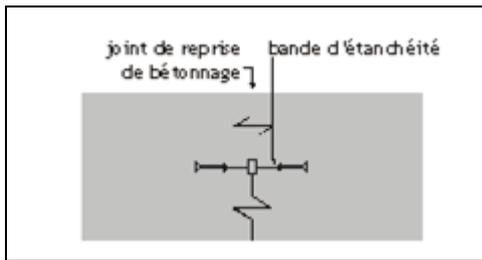


Figure 9 : joint de construction

Si la longueur d'un mur en béton armé coulé en une seule fois est supérieure à 15 mètres, un joint de retrait est réalisé tous les 5 mètres (Figure A10).

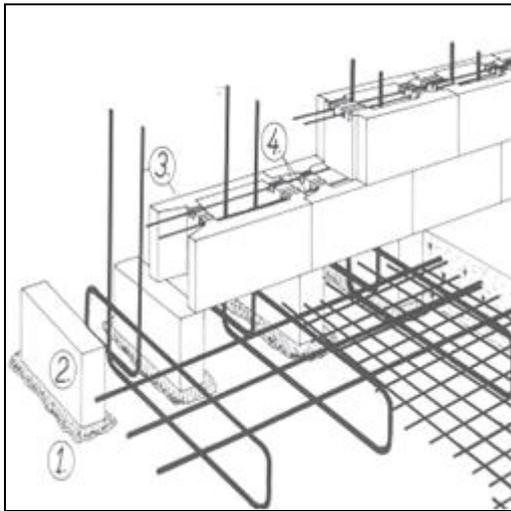


Figure A10 : joint de retrait

Le joint consiste à affaiblir la section de béton de manière à localiser la fissure de retrait. L'affaiblissement de la section de béton peut se faire en plaçant au préalable à l'intérieur du coffrage une languette de bois, et ce sur une profondeur d'au moins 1/3 de l'épaisseur du mur.

Les joints sont ensuite garnis d'une masse de scellement pour les rendre étanches. Afin de ne pas devoir sceller des joints, une autre technique consiste à insérer au niveau du joint de retrait une bande d'étanchéité identique à celle décrite sur la Figure 9.

Un joint de dilatation est inséré si la longueur de la paroi est supérieure à 60 mètres.

Parois en blocs de coffrage

Une simple construction en parpaings n'offre pas la résistance suffisante à la pression du fumier.

Par contre, les murs en blocs de coffrages qui résistent aux pressions latérales sont adaptés. Les blocs de coffrage (Figure A11) sont des blocs creux, en béton, permettant le passage d'armatures verticales et horizontales, profilés pour s'emboîter à sec (sans mortier) et former le coffrage d'un squelette en béton armé coulé in situ.

Cette solution, réalisable en auto-construction, est la moins coûteuse.

La mise en œuvre de ces éléments est très simple. La pose doit se faire de niveau et sans mortier. En effet, de manière à permettre la pose sans mortier, les blocs sont recalibrés après fabrication.

Le premier lit de blocs est posé sur un bloc de fondation et en même temps que les étriers d'attente pour les armatures verticales et pour celles de la dalle de fond. Les armatures horizontales sont placées dans les encoches prévues à cet effet au fur et à mesure de la mise en place des blocs. Les blocs de deux lits consécutifs sont disposés en quinconce. Une fois atteinte la hauteur désirée, les armatures verticales du mur sont placées.

Finalement, le pied du mur ou la dalle de fond (radier) est bétonnée et, après prise de ce béton, du béton est coulé dans les murs.
Le recours à un béton auto-plaçant et/ou l'utilisation d'une aiguille vibrante sont vivement conseillés afin d'obtenir un meilleur remplissage des blocs de coffrage.

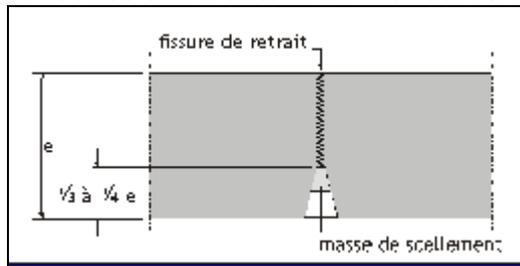


Figure A11 : paroi en bloc de coffrage

L'épaisseur des blocs de coffrage est adaptée de manière à tenir compte des contraintes horizontales (poussée du liquide des terres) et verticales (couverture éventuelle).

Parois en éléments préfabriqués

Les murs de soutènement sont placés sur une dalle de béton et sont assemblés entre eux par des câbles de postcontrainte placés à l'extérieur des éléments (Figure A12). Ces câbles doivent être mis en œuvre par une firme spécialisée dans le domaine de la précontrainte. Les armatures constituant ces câbles et les ancrages doivent faire l'objet de mesures de protection contre la corrosion. L'état de ces câbles doit pouvoir être inspecté régulièrement ; une garantie de 20 ans doit être fournie par l'entreprise mettant en œuvre l'ouvrage.



Figure A12 : parois en éléments préfabriqués pour fosse

Construction d'une fosse en géomembrane

Choix de l'emplacement

Dans le cas d'un système de stockage en bassin dont l'imperméabilisation est assurée par une géomembrane, le terrain où sera installé le bassin doit absolument être :

- bien drainé ; le fond du bassin doit être situé en toute circonstance au-dessus du niveau de la nappe d'eau ;
- exempt de matière organique enfouie, car cela risquerait de provoquer la remontée de gaz déformant la géomembrane.

En cas de présence de matières organiques enfouies, un système spécifique de cheminées est mis en place pour l'évacuation des gaz de fermentation (Figure A13). Les sorties des drains de gaz sont équipées de protections pour empêcher les obstructions, les pénétrations d'eau, l'entrée des petits rongeurs, etc.

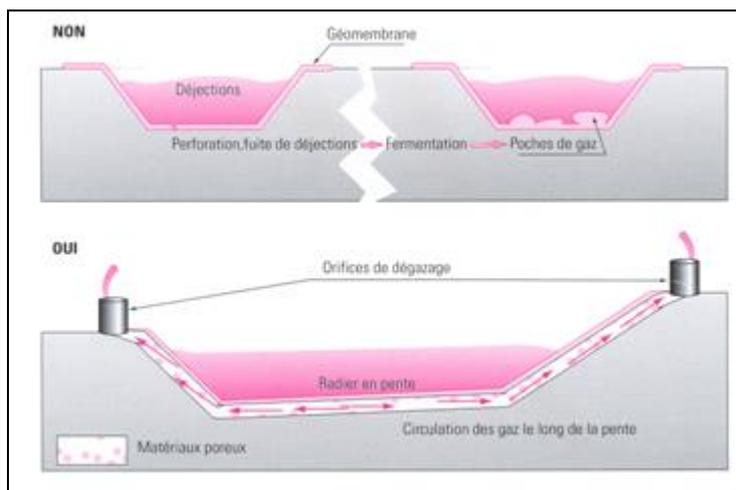


Figure A13 : prévention des poches de gaz

Terrassement

Au cours des terrassements, le talutage des parois latérales sera réalisé à 45° (Figure A14).

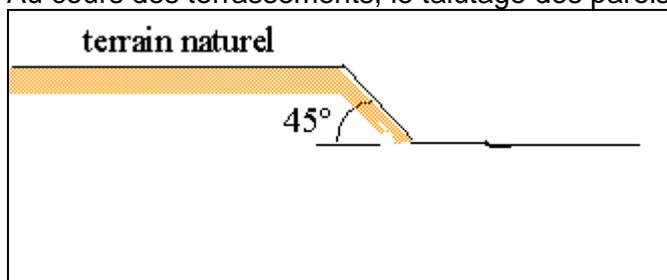


Figure A14 : talutage

Drainage

Les prescriptions relatives au drainage pour la mise en place d'un système de stockage en bassin dont l'imperméabilisation est assurée par une géomembrane sont semblables à celles prévues pour fosse en béton.

Fondation

Le sol en place constitue la fondation. Avant placement de la géomembrane, un géotextile antipoinçonnement est installé afin d'éviter tout endommagement par des objets coupants (pierres, ...).

Choix de la géomembrane

Afin de pouvoir résister aux intempéries, aux rayons ultra-violet (UV) et aux agressions par les différents composants du lisier (acides gras volatiles, mercaptan, phénols, ...), la géomembrane est en PVC (chlorure de polyvinyle), en PEHD (polyéthylène haute densité) ou en EPDM (éthylène propylène diène monomère) et d'épaisseur au minimum égale à 0,8 mm. Une discussion avec des spécialistes permet d'optimiser le choix (type de matériaux, épaisseur, ...).

Placement de la géomembrane

Pour obtenir une garantie de 10 ans, la pose et la fixation de la géomembrane doivent généralement être effectuées par une équipe spécialisée agissant pour le compte d'un fournisseur. La géomembrane sera d'une pièce ou soudée sur place.

Système de remplissage et de vidange

Si un système de remplissage et de vidange est placé dans le fond de l'infrastructure de stockage, il doit être installé par un spécialiste qui assurera l'étanchéité des raccords.

Protections particulières

Une clôture de protection empêche l'accès au bassin de stockage.

Des échelles en nylon sont placées le long des parois pour permettre la sortie des mammifères (rongeurs) du bassin, sans dommage aux parois.

Dimensionnement

En cas de recours à cette technique de stockage, le volume calculé pour un stockage de 6 mois (cf. annexes) est majoré d'au minimum 10% pour empêcher les débordements dus aux effets du vent et aux précipitations.

Placement d'une fosse métallique

Choix de l'emplacement

Dans le cas de fosse hors-sol, on privilégie un emplacement ne nécessitant pas d'apport de remblai (Figure A1).

Terrassement

Les prescriptions relatives au terrassement pour fosse sont semblables à celles prévues pour les fosses en béton.

Drainage

Les prescriptions relatives au drainage pour fosse sont semblables à celles prévues pour une fosse en béton.

Fondation

Dans le cas d'une fosse métallique enterrée, celle-ci sera posée sur un lit de sable d'une épaisseur minimale de 10 cm.

Dans le cas d'une fosse métallique hors-sol, celle-ci sera posée sur une fondation surmontée d'une dalle en béton armé de type C20-25 – classe d'exposition 2a de 15 cm d'épaisseur.

Les prescriptions relatives à la fondation pour fosse sont semblables à celles prévues pour fumière.

La fondation est aménagée de manière à pouvoir façonner une « sur-profondeur » nécessaire pour une vidange complète du stockage (Figure A6). La pente de la fondation est orientée vers cette « sur-profondeur ».

Mise en place d'une poche à lisier

Choix de l'emplacement

La poche est placée sur un terrain plat dépourvu d'éléments saillants susceptibles d'endommager la géomembrane.

Choix de la géomembrane

Afin de pouvoir résister aux intempéries et aux agressions par les différents composants du lisier (acides gras volatiles, mercaptan, phénols, ...), la géomembrane est en PVC (chlorure de polyvinyle), en PEHD (polyéthylène haute densité) ou en EPDM (éthylène propylène diène monomère) et d'épaisseur au minimum égale à 0,8 mm. Une discussion avec des spécialistes permet d'optimiser le choix (type de matériaux, épaisseur, ...).

Mise en place

Afin de pouvoir vérifier l'étanchéité, la poche à lisier est placée sur une bâche étanche.

Mise en place de citerne préfabriquée

Terrassement

Les prescriptions relatives au terrassement pour fosse sont semblables à celles prévues pour une fosse en béton.

Drainage

Les prescriptions relatives au drainage pour fosse sont semblables à celles prévues pour fosse en béton.

Fondation

La fondation est constituée d'une couche de sable stabilisé (100 kg ciment/m³) d'une épaisseur de 20 cm.

Mise en série de plusieurs citernes préfabriquées

La connexion entre citernes est réalisée par des tuyaux en PVC. L'étanchéité entre le tuyau et la citerne est assurée au moyen d'un joint souple adapté à l'agressivité du lisier.

