



Raisonner l'utilisation des déjections porcines de la valorisation agronomique aux traitements



J'usqu'au début du XX^{ème} siècle, l'agriculture et l'élevage étaient associés dans des fermes dites de polyculture-élevage. La valorisation des déjections animales, exclusivement recyclées sous forme de fumier, servait à améliorer la fertilité des sols. L'importance du tas de fumier était un bon indicateur de la prospérité du fermier. Puis le développement des engrais chimiques contribua à la réduction de l'utilisation des fertilisants d'origine organique. Le phénomène s'amplifia même avec la spécialisation des régions agricoles en régions de grandes cultures et régions à vocation élevage produisant trop de fumiers et lisiers.

En production porcine où le développement des bâtiments avec sols à claire-voie (caillebotis) concerne aujourd'hui plus de 85 % des porcs à l'engrais, on peut estimer que les 23 millions de porcs produits sur lisier conduisent à épandre plus de 20 millions de m³/an.

Face à de telles quantités de déjections auxquelles il convient d'ajouter celles des productions bovine et avicole, la sole maïs a souvent dû être fertilisée avec du fumier et/ou du lisier qui étaient apportés en plus des engrais minéraux. On ne peut pas parler alors de valorisation agronomique ni d'utilisation raisonnée des déjections animales.

La composition des déjections du porc

Le lisier est un engrais complet qui apporte N, P et K. Sa valeur fertilisante est équivalente à celle des engrais minéraux pour P et K. Pour l'azote par contre la fraction directement utilisable ne représente que 60 % du total auxquels il convient d'ajouter 20 % pour l'azote organique minéralisé dans l'année même de l'apport. Le fumier est plus riche en matières organiques que le lisier (20 à 25 % du produit brut au lieu de 6 %). A sa valeur fertilisante

s'ajoute une valeur d'amendement organique. Il préserve la fertilité des sols et réduit les risques de pollution dus au lessivage.

Le lisier de porc n'est ni un produit stable ni un produit standard. Les déjections recueillies, fèces et urines mélangés, sont l'objet de fermentations et de transformations diverses. C'est le cas pour l'azote uréique des urines qui passe de la forme organique à la forme minérale ammoniacale sous l'action d'uréases présentes dans les fèces. En quelques jours, la part de l'azote ammoniacal passe de 35 à

Résumé

Avec l'application des nouvelles réglementations européennes et nationales, les producteurs de porcs se trouvent dans l'obligation d'accroître les capacités de stockage des lisiers et des fumiers sur leurs exploitations. Mais cette plus grande autonomie améliore les pratiques d'épandage permettant une utilisation optimale des fertilisants organiques par les plantes.

Tous les éleveurs cependant ne peuvent pas recycler sur leurs propres cultures la totalité des lisiers produits par leurs élevages. Au delà d'une densité de cheptel correspondant à deux truies par hectare de surface cultivée (en système naisseur-engraisseur) le traitement du lisier devient nécessaire.

Claude TEXIER



70 % de l'azote total (minéral plus organique). La composition du lisier varie également avec le stade physiologique des animaux, le régime alimentaire ou le mode d'abreuvement. C'est chez un éleveur spécialisé dans l'engraissement que le lisier sera le plus riche alors qu'un naisseur disposera d'un produit trois fois moins concentré.

Un porc à l'engrais rejette dans ses déjections entre 60 et 70 % de l'azote et du phosphore qu'il reçoit dans son alimentation. Une partie de cet azote se volatilise dans la porcherie et dans la fosse de stockage (25 % et 5 % respectivement). Au total la production d'un porc charcutier se traduit par le rejet d'environ 4 kg d'azote dont la plante valorisera moins de 3 kg compte tenu des 30 % de pertes à l'épandage.

Pour réduire les rejets de N et P, on peut adapter les apports alimentaires aux besoins des animaux. Cette alimentation dite «biphase» permet de réduire les rejets azotés et phosphorés de 10 à 30 % selon les animaux (tableau 1).

Le lisier est également bien pourvu en certains métaux lourds tels que le fer, le zinc, le cuivre, dont les teneurs représentent respectivement de 1700, 1300 et 840 mg pour 1 kilo de matières sèches dans un lisier d'engraissement.

En ce qui concerne le fumier, il ne semble pas y avoir de différences

Tableau 2 : Composition des lisiers et fumiers de porc à l'engrais (références ITP)

Type de déjections	MS %	N ‰	P ₂ O ₅ ‰	K ₂ O ‰
Lisier prélevé sous caillebotis	5,9	5,2	3,2	5,7
Litière accumulée (paille)	23,5	9,7	5,8	9,1
Litière avec sciure	28,2	6,8	6,9	10,5

entre des fumiers pailleux produits par des porcs à l'engrais ou des porcelets en post-sevrage. Mais un fumier de litière raclée serait plus riche en azote qu'un fumier de litière accumulée. Enfin le remplacement de la paille par de la sciure en porcherie d'engraissement donne un fumier moins riche en azote (9,7 et 6,8 kg/tonne respectivement).

Le tableau 2 donne des valeurs de composition fertilisante indicatives mais l'analyse réelle du lisier produit dans un élevage semble préférable pour optimiser la fertilisation des cultures.

Une analyse confiée à un laboratoire coûte environ 350 F.H.T. pour N, P et K. D'autres méthodes, utilisables à la ferme, permettent de connaître, au moment même de l'épandage, la teneur azotée d'un lisier. La densimétrie donne une bonne estimation de la matière sèche du lisier et de ses trois principaux éléments fertilisants. Pour une analyse rapide de l'azote, l'éleveur dispose également de deux appareils qui fournissent directement la concentration en azote ammoniacal (Quantofix et Agro-Lisier).

La valorisation agronomique des lisiers et fumiers

Valeur azotée des déjections

Bien que le lisier soit un engrais complet il est surtout considéré comme engrais azoté. La majeure partie de l'azote qui est sous forme ammoniacale a le même effet que l'azote d'un engrais minéral du commerce.

L'azote des déjections se présente sous deux formes : l'azote minéral qui représente 20 % dans un fumier, 60 % dans le lisier, et l'azote organique. Quel est le devenir de l'azote du lisier après l'épandage ? Une partie est volatilisée sous forme d'azote ammoniacal de 30 à 40 % en conditions normales, jusqu'à 80 % avec vent et température élevés en 48 heures.

Un enfouissement du lisier immédiatement après l'épandage réduira les pertes de moitié. Les pertes sur fumier s'étalent sur une dizaine de jours, ce qui laisse théoriquement un peu plus de temps pour travailler le sol.

La moitié de l'azote organique épandu (20 % de l'azote total d'un lisier) va se transformer en azote ammoniacal dans les quatre à cinq semaines suivant l'épandage. Cette minéralisation est suivie d'une nitrification qui transforme successivement l'ion ammonium NH₄⁺ en ions nitrites NO₂⁻ puis en nitrates NO₃⁻ qui sont la forme d'absorption d'azote par la plante. La fraction inutilisée constitue un

Tableau 1 : Les rejets d'azote et de phosphore par le porc (références CORPEN 1996)

Stade physiologique	N		P ₂ O ₅	
	Réf.standard	Réf.biphase	Réf.standard	Réf.biphase
Truie (kg/an)	17,5	14,5	15,0	11,8
Porcelet (kg/animal)	0,44	0,40	0,28	0,25
Porc (kg/animal)	3,25	2,70	2,10	1,45



reliquat susceptible d'être lessivé en période hivernale.

Pour calculer la dose d'azote apportée par un lisier ou un fumier, il faut connaître le coefficient d'équivalence engrais azoté pour la culture considérée (exemple 0,60 pour un lisier sur blé et 0,20 pour un fumier, mais 0,70 et 0,30 respectivement si la culture est un maïs). Ce coefficient d'équivalence permet de calculer la masse d'azote ammonitraté qui aurait le même effet fertilisant que la masse d'azote total du lisier.

L'évaluation de la quantité de lisier à épandre sur une culture, par exemple, s'effectue en deux temps. On calcule d'abord la dose totale d'azote engrais minéral nécessaire pour satisfaire les besoins en azote de la plante. On évalue ensuite la quantité de lisier ayant le même effet sur la culture que la dose d'azote engrais minéral calculée précédemment. L'exemple donné au tableau 3 précise cette démarche pour un maïs ensilage.

Valeurs fertilisantes en P et K

Pour les cultures annuelles comme le maïs, les doses de phosphore engrais minéral ou de potassium engrais minéral correspondent à l'exportation de la culture, sous réserve que les apports soient réalisés chaque année.

Comme pour l'azote, l'évaluation de la quantité de lisier correspondante tient compte du coefficient d'équivalence engrais du lisier (0,85 pour P_2O_5 et 1 pour K_2O). Le calcul pour la fourniture du phosphore qui figure au tableau 4, indique une quantité de 29 m^3/ha .

Avec les mêmes hypothèses techniques de rendement et d'exportation mais une teneur en K_2O de

Tableau 3 : Quantité de lisier de porc à appliquer avant un maïs ensilage en fonction de ses besoins en azote

Hypothèses techniques retenues		
rendement visé	:	13 t de MS/ha
besoin du maïs	:	12,5 kg N/t de MS
rendement sans azote	:	8 t de MS/ha
CAU considéré ⁽¹⁾	:	0,6
teneur en N total du lisier	:	5,2 kg/m ³
coefficient d'équivalence engrais	:	0,7

(1) CAU = coefficient apparent d'utilisation

Calcul de la dose totale d'azote engrais minéral selon l'équation proposée par le COMIFER

dose d'azote x CAU = besoin x rendement de la culture - besoin x rendement sans azote

$$\text{soit dose d'azote} = \frac{12,5 \times 13 - 12,5 \times 8}{0,6} = 105 \text{ kg / ha}$$

Évaluation de la quantité de lisier équivalente

dose d'azote = quantité lisier x coefficient d'équivalence x teneur

$$\text{soit quantité de lisier} = \frac{105}{0,7 \times 5,2} = 29 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

5,7 kg/m³ et un coefficient d'équivalence engrais de 1, la quantité de lisier à apporter ne représente plus que 12 m³/ha.

met de satisfaire les besoins de la plante pour P et K.

Les contraintes réglementaires et techniques

En conclusion, le raisonnement de la fertilisation du maïs sur la base de la teneur azotée du lisier per-

Le calcul de la fertilisation pour couvrir des besoins des cultures

Tableau 4 : Quantité de lisier de porc à appliquer avant un maïs ensilage en fonction de ses besoins en phosphore

Hypothèses techniques retenues		
rendement visé	:	13 t de MS/ha
exportation	:	5,5 kg P ₂ O ₅ /t de MS
teneur en P ₂ O ₅	:	3,2 kg P ₂ O ₅ /m ³
coefficient d'équivalence engrais	:	0,85

Calcul de la dose totale de phosphore engrais minéral

dose de phosphore = exportation x rendement
soit dose de phosphore = 5,5 x 13 = 71 kg/ha

Évaluation de la quantité de lisier équivalente

dose d'azote = quantité lisier x coefficient d'équivalence x teneur

$$\text{soit quantité de lisier} = \frac{71}{0,85 \times 3,2} = 26 \text{ m}^3 / \text{ha}$$



Le traitement du lisier ne peut être décidé qu'en dernier recours lorsque toutes les autres possibilités ont été envisagées

peut aboutir à des quantités théoriques de lisier qui vont au delà des prescriptions réglementaires communautaires, nationales ou départementales. La directive nitrates limite à 170 kg N/ha/an les apports en azote organique. La réglementation sur les installations classées interdit l'emploi de doses supérieures à 350 kg N/ha/an sur prairies (200 kg sur cultures) toutes formes d'azote confondues, azote organique + azote minéral. La prise en compte simultanée de ces deux seuils réglementaires ne permet donc pas d'utiliser exclusivement le lisier pour fertiliser une prairie ou une céréale. L'éleveur devrait se limiter à l'épandage de 35 m³ de lisier et compléter par un apport de 180 unités d'engrais minéral dans le premier cas, ou 20 unités dans le second.

Mais le plus contraignant demeure le respect des périodes d'épandage définies dans le code des Bonnes Pratiques Agricoles : pas de lisier sur blé et prairies du 1^{er} novembre au 15 janvier ni sur maïs du 1^{er} juillet au 15 janvier par exemple. Pour l'épandage du fumier, seuls sont interdits les mois de juillet et août pour les grandes

cultures de printemps (maïs, betterave, tournesol...).

A ces contraintes s'ajoutent les limites techniques liées aux types de matériels d'épandage utilisés et à leur commodité de réglage. Pour les lisiers, tous les matériels sont capables d'épandre des doses allant de 20 à 60 m³/ha, qu'il s'agisse de la tonne à lisier équipée d'une rampe d'épandage avec pendillards ou avec multi-buses ou bien encore des enfouisseurs à socs ou à disques.

Pour les fumiers, les épandeurs à deux hérissons verticaux peuvent épandre entre 30 et 50 tonnes/ha.

Les possibilités de traitement

Le traitement du lisier ne peut être décidé qu'en dernier recours lorsque toutes les autres possibilités ont été envisagées : augmentation du plan d'épandage, réduction des apports d'azote et de phosphore alimentaires, remplacement du lisier par le fumier, délocalisation d'une partie de l'engraissement voire réduction du cheptel.

Le traitement permet de résoudre différents problèmes :

- des problèmes réglementaires (régularisation d'une situation délicate au niveau du cheptel autorisé, dépassement du seuil d'obligation de traitement dans les cantons classés en Z.E.S.),
- des problèmes économiques (augmentation de la production, récupération de porcs élevés à façon en dehors de l'exploitation)
- des problèmes de pollution ou de nuisance (réduction des apports de lisier sur les cultures et désodorisation des produits issus des traitements).

Dans tous les cas, il convient de faire un premier inventaire. L'utilisation des références CORPEN de rejets d'azote et de phosphore par le porc (tableau 1) indique la quantité d'azote théoriquement produite par le cheptel.

Les volumes produits retenus par le Ministère de l'Agriculture pour l'estimation des capacités de stockage (tableau 5) permettent de calculer les volumes théoriques de lisier à épandre dans l'année.

Tableau 5 : Volume de lisier produit par porc ⁽¹⁾

Type d'animal et mode d'alimentation	Volume en m ³ /place/mois
Porcelet	0,08
Porc à l'engrais	
• nourri au lactosérum	0,30
• nourri de concentrés	0,20
• nourri avec machine à soupe	0,12
• nourri avec auge équipée d'abreuvoir intégré	0,10
Truie gestante	0,40
Truie allaitante et porcelets	0,60
Truie présente ⁽²⁾	0,45

⁽¹⁾ Circulaire du Ministère de l'Agriculture du 12/11/1991

⁽²⁾ Lorsqu'il n'y a pas lieu de distinguer truie gestante et truie allaitante, on utilisera la moyenne pondérée de 0,45 m³/mois/truie en production

Un calcul rapide réalisé pour un élevage naisseur-engraisseur de 150 truies présentes indique une production totale de lisier de 3 049 m³ (environ 20 m³/truie/an). Ce même élevage produit également 12 733 kg d'azote (85 kg/truie/an) en alimentation standard et seulement 10 638 kg dans le cas d'une alimentation biphase (71 kg/truie/an). La comparaison des kilos d'azote et des m³ de lisier correspond à des teneurs azotées théoriques du lisier de 4,2 et 3,5 kg/m³ respectivement. La surface d'épandage nécessaire représente 75 ha, dans le cas d'une alimentation standard. L'éleveur ne dispose que de 30 ha



en surface propre et 10 ha de terres mises à disposition par des tiers. Le passage à une alimentation biphas ne résout pas son problème car il lui manque encore 22 0ha de surface d'épandage (62-40). Le surplus d'azote à traiter représente 3 838 kg/an soit 1 096 m³ de lisier à 3,5 kg N/m³.

Le choix du traitement le mieux adapté à cette situation reste délicat. Il est d'abord technique ce qui suppose de connaître les limites des différents procédés de traitement et d'avoir des références suffisantes permettant de les comparer. Mais le choix est surtout économique car le traitement a un coût non négligeable. Les filières de traitement offrent différentes possibilités techniques : la réduction des volumes (procédés mécaniques de séparation de phases), l'élimination de l'azote sous forme d'azote moléculaire (procédés biologiques aérobies par nitrification-dénitrification) ou l'extraction des éléments fertilisants par concentration (procédés physico-chimiques).

La séparation de phases

Ce type de traitement consiste à séparer le lisier en deux fractions, l'une plutôt solide, l'autre liquide. L'objectif est d'éliminer une partie de la fraction solide du lisier et de retenir les éléments liés à cette fraction comme le phosphore ou le cuivre.

Le produit solide obtenu se composte de façon naturelle et devient facilement exportable. La phase liquide correspond à un lisier allégé, débarrassé d'une bonne partie de ses matières organiques fermentescibles. Plus aisé à stocker car moins sujet à la décantation dans la fosse, il est aussi moins visqueux ce qui le rend plus facile à reprendre et à épandre. La sépa-

ration de phases peut s'effectuer de plusieurs façons : par décantation gravitaire, par centrifugation (décanteur centrifuge), par pressage (vis compacteuse), par filtration (tamis statiques, rotatifs ou vibrants) ou par coagulation-floculation.

La plupart des tamis retiennent au moins 30 % de la matière sèche initiale du lisier, 15 à 30 % du phosphore, mais pratiquement pas d'azote. L'utilisation de produits polymères avec les décanteurs centrifuges permet d'obtenir des taux de capture plus élevés (65 à 70 % pour la matière sèche, 30 à 35 % pour l'azote, 75 à 85 % pour le phosphore).

Le traitement biologique aérobie par nitrification-dénitrification

L'objectif du traitement biologique aérobie est l'élimination de l'azote du lisier sous sa forme moléculaire N₂, gaz non polluant. Il s'agit d'un traitement séquentiel alternant des cycles d'aération et d'anoxie. Pendant l'aération du lisier, les bactéries responsables de la nitrification transforment l'azote ammoniacal en nitrites puis en nitrates. Elles utilisent le gaz carbonique fabriqué par d'autres bactéries responsables de l'oxydation de la matière organique. En absence d'oxygène, les bactéries responsables de la dénitrification récupèrent l'oxygène des nitrates pour oxyder la matière organique. Les nitrates (NO₃) se transforment successivement en nitrites (NO₂) en oxyde nitrique (NO), en protoxyde d'azote (N₂O) et enfin en azote moléculaire (N₂).

Ce procédé de traitement permet d'éliminer jusqu'à 75 % de l'azote initial. La conception d'une station biologique, de type simplifié, comprend au moins trois ouvrages : une préfosse pour la collecte et



l'homogénéisation du lisier brut, un réacteur pour le traitement et une cuve de stockage pour le stockage du lisier traité.

Pour un traitement complet de l'azote et du phosphore, on ajoute une première séparation de phase avant le réacteur et une seconde entre le réacteur et le stockage. On obtient alors trois co-produits, deux produits solides exportables et un effluent liquide utilisable en irrigation. Les volumes et les compositions sont donnés à titre indicatif au tableau 6.

Tableau 6 : Volumes et compositions N et P des co-produits d'un lisier traité par nitrification dénitrification (en kg/tonne)

Produit	Lisier brut	Boues liquides	Effluent liquide	Refus solide
volume	100 %	30 %	65 %	5 %
MS	55,8	80,6	8,5	347,2
N	4,4	2,7	0,1	8,1
P ₂ O ₅	3,2	7,6	0,6	9,9
K ₂ O	3,5	3,4	3,0	3,4

La première station de traitement biologique date de 1990 (procédé AGROCLAR développé par la société BIO-ARMOR ENVIRONNEMENT).

En dix ans il y a eu une cinquantaine de réalisations en élevages dont deux pilotes unitaires (PORKFILISE et TERNOIS-EPURATION). En réalité, 4 sociétés commercialisent le traitement biologique (BIO-ARMOR, DENITRAL, VAL'EPURE et TECHNOLYSE).



Les traitements physico-chimiques

Selon le procédé retenu, les traitements physico-chimiques ont tous des objectifs différents.

Il peut s'agir de favoriser le dégagement de l'azote ammoniacal du lisier soit pour le récupérer sous forme d'engrais (procédé BALCO-PURE), soit pour le détruire (procédé SMELOX).

Il peut s'agir de fixer l'azote et le phosphore dans un précipité chimique (procédé AVDA) ou bien encore d'évaporer la totalité de l'eau du lisier pour concentrer la totalité des éléments fertilisants, N, P et K, dans une poudre de lisier (procédé SIRVEN).

Ces quatre procédés ne sont pas arrivés aujourd'hui au même stade de développement technique que le traitement biologique. Le nombre restreint de réalisations en élevages est un handicap pour obtenir des informations techniques et surtout économiques fiables permettant de choisir le traitement physico-chimique le mieux adapté à la situation particulière d'un éleveur. Deux de ces procédés permettent donc d'éliminer la totalité du phosphore en facilitant son exportation (AVDA et SIRVEN).

Mais le traitement secondaire du phosphore, après celui de l'azote, a obligé à améliorer le traitement des boues produites dans les systèmes biologiques qui utilisent des techniques de séparation performantes (pressage, filtration ou centrifugation) pour exporter le phosphore.

Les méthodes de compostage

La technique dite « compostage du lisier » consiste à mélanger un produit liquide riche en azote, le lisier, avec un substrat solide riche en carbone, comme la paille.

Après épandage du lisier sur un lit de paille, que l'on réalise en 3 applications successives, le substrat est mélangé avec un rotovator pour homogénéiser le produit et apporter l'oxygène nécessaire au développement d'une fermentation aérobie.

Cette technique est développée par la société APV-Compost (méthode ISATER) qui préconise le mélange de 15 m³ de lisier avec 1 tonne de paille pour obtenir 5 m³ de compost en deux mois (3 tonnes environ). Après plusieurs mois de maturation le produit contient environ 8 kg de N, 15 kg de P₂O₅ et 10 kg de K₂O par tonne brute. Cette technique permet d'éliminer la moitié de l'azote du lisier.

Autre technique qui peut être considérée comme un compostage direct : l'utilisation de sciure fraîche en porcherie pour remplacer la paille. Un essai réalisé à l'ITP avec 77 kg de sciure de chêne fraîche (à 55 % de matière sèche) a permis de récupérer l'ensemble des déjections produites en trois mois et demi par un porc à l'engrais, dans 119 kg d'un fumier à 42 % de MS et comprenant 12 kg de N, 13 kg de P₂O₅ et 18 kg de K₂O par tonne brute ce qui correspondrait à un rejet de l'ordre de 1,5 kg d'azote total par animal produit.

Les coûts de traitement

A la demande de l'OFIVAL, l'ITP a conduit une enquête technique et économique sur les procédés de traitement existants. 13 procédés différents ont été analysés par l'ITP avec l'accord des sociétés commerciales ayant réalisé ces stations de traitement.

Les coûts de traitement observés ne sont significatifs que dans le cas des six procédés biologiques. Ceux-ci fonctionnaient déjà depuis plus de deux ans, alors que les autres systèmes n'avaient pas encore atteint leur régime de croisière. Sur la base des informations communiquées par les éleveurs-exploitants, un coût standardisé a été établi. Ce coût correspond à la création d'une station neuve intégrale (sans récupération de génie civil existant) c'est-à-dire avec calcul des amortissements sur tous les investissements estimés valeur à neuf, en appliquant les mêmes frais financiers et sans aucune subvention.

Le coût total standardisé du traitement se situe, pour les 6 élevages, entre 49 et 82 F/m³ de lisier traité. Les charges de structure amortissements et frais financiers varient de 34 à 57 F/m³ et les charges dites opérationnelles (main d'oeuvre, énergie électrique, additifs, entretien, surveillance, transports et autres) entre 10 et 36 F/m³.

Ces résultats montrent qu'une grande variabilité des coûts existe entre des systèmes utilisant pourtant un même procédé : le traitement biologique par nitrification-dénitrification. ■

L'ITP a conduit une enquête technique et économique sur les procédés de traitement existants. 13 procédés différents ont été analysés. Voir rapport d'étude « Coût du traitement du lisier » disponible en mai 2001, ITP édition.

Contact :
claude.texier@itp.asso.fr