



**HAL**  
open science

## Comment concilier production porcine et protection de l'environnement ?

J.B. Montalescot

► **To cite this version:**

J.B. Montalescot. Comment concilier production porcine et protection de l'environnement ?. Cemagref Editions, pp.165, 1999, 2-85362-513-3. hal-02577866

**HAL Id: hal-02577866**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02577866v1>**

Submitted on 13 Jun 2023

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

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

PUB 00005250

ACTES DE  
COLLOQUE

*Paris*  
3 mars 1999  
Cemagref

# Comment concilier production porcine et protection de l'environnement ?

EMA 44

*Cemagref*  
EDITIONS

# **Comment concilier production porcine et protection de l'environnement ?**

Actes du colloque – Paris

3 mars 1999

Actes du colloque **Comment concilier production porcine et protection de l'environnement ?** – Paris, 3 mars 1999. Coordinateur : J.B. Montalescot, Cemagref.  
Coordination de l'édition : Camille Cédra. Mise en page : Elsa Goisnard. Impression et façonnage : Imprimerie Cemagref. Vente par correspondance : Publi-Trans, BP 22, 91 167 Longjumeau Cedex 9, Tél. 01 69 10 85 85. Diffusion aux libraires : Tec & Doc Lavoisier, 14, rue de Provigny, 94 236 Cachan Cedex. © Cemagref 1999, ISBN 2-85362-513-3. Dépôt légal : 1<sup>er</sup> trimestre 1999 – Prix : 220 F

# **Comment concilier production porcine et protection de l'environnement ?**

Actes du colloque

Paris

3 mars 1999

## **Coordinateur**

Jean-Bernard Montalescot - *Cemagref*

## **Comité d'organisation**

---

A. Aumaître - INRA

J.M. Mérillot - ADEME

D. Michel-Combe - CORPEN / MAPA

P. Rousseau - ITP

J.L. Verrel - Cemagref

R. Pochat - Cemagref

G. Sachon - Cemagref

P. Duchène - Cemagref

G. Le Bozec - Cemagref



## Sommaire

---

Stratégies de traitement des effluents d'élevage - une collaboration européenne <b>Colin Burton</b> .....	9
Le programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole (PMPOA) et la maîtrise des pollutions en Zones d'excédents structurels <b>Christophe Chassande, Edwige Duclay, Jean-Claude Souty</b> .....	21
Connaissance et maîtrise des émissions gazeuses en système d'élevage développé <b>José Martinez</b> .....	27
Nuisances olfactives : de la porcherie à l'épandage <b>Nadine Guigand</b> .....	47
Épuration des effluents porcins par épandage : efficacité et prise en compte de l'évolution des effluents au cours du stockage <b>Jean-Claude Germon, Yves Couton, Laurent Senez</b> .....	57
Maîtrise des pollutions de l'eau : réduction à la source par une meilleure alimentation des porcs <b>Jean-Yves Dourmad</b> .....	75
Les litières biomaîtrisées en porcherie <b>Claude Texier</b> .....	85
Gestion et suivi des épandage de lisier <b>François Thirion, Philippe Zwaenepoel, Antoine Hammelrath, Vincent Desertaux</b> .....	95
La place du traitement dans la gestion des excédents structurels d'effluents d'élevage <b>Claude Gitton, Yvan Hurvois</b> .....	115
Avenir et perspectives de recherches sur les techniques de traitement des lisiers de porc <b>Jean Coillard</b> .....	131



# Stratégies de traitement des effluents d'élevage

## Une collaboration européenne

*Processing strategies for farm livestock slurries*  
*An E.U. collaboration*

**Colin BURTON**

Silsoe Research Institute – Wrest Park, Silsoe, MK 45 4 HS, Bedford  
United Kingdom.

E. mail : colin.burton@bbsrc.ac.uk

### **Résumé**

Le nombre de têtes de bétail dans l'Union Européenne (UE) représente presque 10 % du total mondial ; la plus grande partie des animaux d'élevage est concentrée dans des régions spécifiques. Les excès de déjections animales ont engendré localement des problèmes au niveau de l'environnement, particulièrement la pollution des eaux, les émissions d'ammoniac et les nuisances olfactives. Pour faire face à ces problèmes, beaucoup de gouvernements ont mis en place des réglementations, spécifiant des exigences minimales et des restrictions concernant le stockage et l'épandage des effluents. Sous-tendant cette législation, deux concepts sont à respecter, à savoir : (1) faire correspondre les quantités d'éléments nutritifs dans les épandages avec leur taux de récupération par les cultures, et (2) éviter les épandages dans des zones classées comme vulnérables. Le traitement des déchets, en particulier lorsqu'il débouche sur des sous-produits utiles, est une option intéressante de gestion et peut représenter dans certains cas la seule solution satisfaisante et efficace. On a porté un grand intérêt à tous ces procédés et des recherches sont en cours dans de nombreux pays. Cependant, il faut comparer leurs résultats et les évaluer en terme d'efficacité. Un groupe d'Action Concertée regroupant des représentants de quatorze des principaux organismes européens s'occupant de la gestion des déchets animaux, a été créé pour rassembler les efforts dans ce domaine.

### **Abstract**

*Livestock numbers in the European Union (EU) represent nearly 10% of the world total; much of this is concentrated in specific regions. The resulting local manure surpluses have led to a series of environmental problems, especially water pollution, ammonia emission and odour nuisance. In response to this, many governments have introduced regulations specifying minimum requirements and restrictions for the storage and spreading of wastes. A common theme underpinning these rules is the closer matching of manure nutrient applications to their uptake by crops and the avoidance of spreading in sensitive areas. Treatment of wastes, including processing to produce useful products, represents an important waste management option ; in some situations, treatment may indeed represent the only effective management option in satisfactorily dealing with the manure. Such processes have received considerable interest with much research now on-going in many countries. However, there is a need both to bring together many of the ideas being explored and to assess them in terms of effectiveness. An EU Concerted Action drawing on representatives from fourteen leading European institutions in the area of livestock waste management has been set up to focus effort in this task.*

## Introduction

Depuis la Seconde Guerre mondiale, on a assisté à des efforts importants de modernisation de l'agriculture, en vue d'arriver à une autosuffisance alimentaire. Cette évolution s'est reflétée dans les politiques de l'Union Européenne (UE) et a été accompagnée des tendances suivantes : l'agrandissement des exploitations d'élevage, des méthodes plus intensives et une production alimentaire totale plus élevée. En ce qui concerne l'élevage, cela a conduit à des concentrations plus importantes en animaux sur des petites surfaces, générant des problèmes croissants de gestion des déjections animales. Les problèmes causés par les déjections animales ne sont certainement pas spécifiques aux pays européens, mais on s'en est beaucoup préoccupé pour quatre raisons.

### 1.1 Le nombre d'animaux

Le nombre d'animaux appartenant aux principales catégories d'élevage, et vivant dans les pays européens, représentent presque 10 % du total mondial (tableau 1). La tendance est aux unités d'élevage plus grandes ; le pâturage des moutons et des bovins se pratique encore, mais l'élevage intensif en stabulation des porcs et des volailles, ainsi que des bovins durant l'hiver, implique une production de volumes importants de fumiers et de lisiers. Il est donc nécessaire qu'une stratégie claire de gestion des déjections soit mise en place, si l'on ne veut pas qu'ils deviennent une source majeure de pollution.

Pays	Surface x 1000 km <sup>2</sup>	Production animale (x 10 <sup>6</sup> )			
		Porcs	Autre bétail	Moutons	Poules pondeuses
Belgique	30	5,6	3,1	0,1	10,7
Danemark	40	9,2	2,5	0,1	4,2
France	540	11,8	22,3	10,6	69,6
Allemagne	360	24,6	15,4	1,3	49,7
Grèce	30	1,1	0,8	11,0	16,8
Irlande	70	1,0	6,6	2,9	3,2
Italie	300	8,5	9,0	11,6	47,8
Pays-Bas	40	14,4	5,1	1,0	40,4
Espagne	500	16,1	5,0	17,2	-
Grande-Bretagne	240	8,3	12,2	26,0	53,0
Monde	136000	1210,0	224,0	779,0	1599,0

**Tableau 1 : Nombre d'animaux d'élevage dans les pays européens sélectionnés (Eurostat, 1988)**

## **1.2 La densité en animaux d'élevage**

De plus en plus, les exploitations d'élevage (particulièrement les porcheries) ont un excédent d'animaux par rapport à la surface disponible pour recevoir les effluents produits. En outre, les activités d'élevage sont concentrées dans des régions spécifiques, par exemple la vallée du Pô en Italie, la Bretagne en France, etc. Un excès localisé d'éléments nutritifs est alors inévitable et pose des problèmes difficiles à résoudre par rapport à l'environnement.

## **1.3 La densité de la population**

La densité de la population dans certaines parties d'Europe est une des plus élevées du monde. Dans certaines régions, comme les Pays-Bas et le nord de l'Allemagne, les zones de fortes concentrations de population coïncident avec des zones de production animale intensive, ce qui accroît encore l'impact sur l'environnement. Dans d'autres parties de l'Europe, l'élevage dans des zones touristiques a engendré de nouvelles contraintes au niveau de la manutention et de la façon de gérer les déjections animales.

## **1.4 Prise de conscience de l'environnement**

Du fait d'une prise de conscience plus grande des problèmes de l'environnement dans la population, les gouvernements européens ont été poussés à prendre des mesures. L'impact sur la qualité de l'environnement est maintenant considéré comme l'un des facteurs qui prévaut pour le choix d'une pratique ou d'une autre en matière d'élevage.

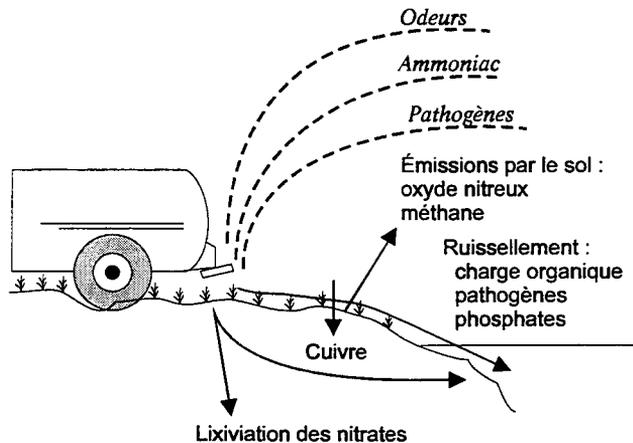
# **2. Gestion des effluents d'origine animale en Europe**

## **2.1 Préoccupations concernant la pollution agricole spécifique en Europe**

L'ensemble des problèmes associés aux déjections animales et à la façon de s'en débarrasser est illustré dans la figure 1.

La portée de chacun de ces problèmes varie d'une région à l'autre, selon les facteurs locaux ; la nuisance olfactive, par exemple, a tendance à être davantage perçue dans des endroits où un élevage intensif côtoie des zones densément peuplées ou des zones touristiques ; les problèmes de ruissellement sont un risque plus sérieux dans les régions accidentées, et les problèmes engendrés par les excès en éléments nutritifs sont plus cruciaux là où l'approvisionnement en eau est particulièrement vulnérable.

Plus généralement, les pays où la densité des animaux est élevée courent plus de risque au niveau de l'environnement. Il n'est pas surprenant que ces pays aient des lois plus strictes dans ce domaine. La Hollande et le Danemark sont des exemples particuliers mais la tendance, dans la plupart des pays européens, est au renforcement des réglementations sur la gestion des effluents d'élevage.



**Figure 1 :** Principaux problèmes rencontrés lors de la gestion des déjections animales.

Dans le passé, les nuisances olfactives ont été à l'origine de la plupart des recherches sur la gestion et le traitement des effluents d'élevage, ce qui a guidé les recommandations et la législation correspondante. La pollution des captages d'eau, particulièrement par les nitrates, est devenue une inquiétude dans tous les pays européens ; la directive européenne sur les nitrates (91/676), qui fixe une limite de 50 ppm de nitrates dans l'eau potable, a été adoptée en 1991 (MAFF, 1993).

Les inquiétudes au sujet des dégâts causés à l'environnement par de grandes quantités d'émissions d'ammoniac ont conduit à la mise en place d'une législation au Danemark et en Hollande, rendant obligatoire la couverture des fosses de stockage des lisiers. De façon plus générale, les excès de matières nutritives (azote, phosphore et matières organiques) ont été reconnus comme étant un facteur commun à de nombreuses pollutions. C'est particulièrement le cas en Europe du Nord, mais dans les pays du Sud, y compris la Grèce et le Portugal, les sols manquent souvent de matières organiques ; la redistribution des fumiers, particulièrement sous forme de compost, paraît, dans ce cas, intéressante.

## 2.2 Equilibres et déséquilibres en éléments nutritifs

Le point crucial de toutes les stratégies de gestion est l'équilibre en éléments nutritifs ; une unité de production animale va générer une quantité bien définie de déjections. Les effets significatifs au niveau de l'environnement de la plupart des déjections viennent :

- de leur capacité à diminuer l'oxygène des cours d'eau (ce sont les demandes biochimiques en oxygène et demande chimique en oxygène) ;
- de leur teneur en éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium); et d'autres composants tels que les métaux lourds, les odeurs et les germes pathogènes.

Se débarrasser des déjections sur une zone trop petite va conduire à une absorption de ces composants dans l'environnement jusqu'à un seuil au-delà duquel ils ne peuvent être que source de pollution sous une forme ou une autre.

Dans le cas d'éléments tels que l'azote, un équilibre précis peut être établi : l'azote contenu dans les effluents épandus sur les champs sera, soit utilisé par la plante en croissance et accumulé dans le sol (à court terme), soit perdu par des émissions dans l'air (par exemple, l'ammoniac, l'oxyde d'azote ou l'oxyde nitreux), ou vers les eaux de surface et/ou les eaux souterraines (par exemple, le lessivage des nitrates). La figure 2 illustre le cycle de l'azote. Un dépassement des besoins de la culture ou de l'environnement local devrait être évité. Cela implique que le risque soit évité en choisissant une ou plusieurs stratégies adaptées, c'est-à-dire un seuil d'épandage des effluents assez bas, un traitement pour éliminer un peu d'azote (par exemple, sous forme d'azote moléculaire,  $N_2$ ), ou indirectement sous forme d'engrais (par exemple, de compost ou de boues séchées).

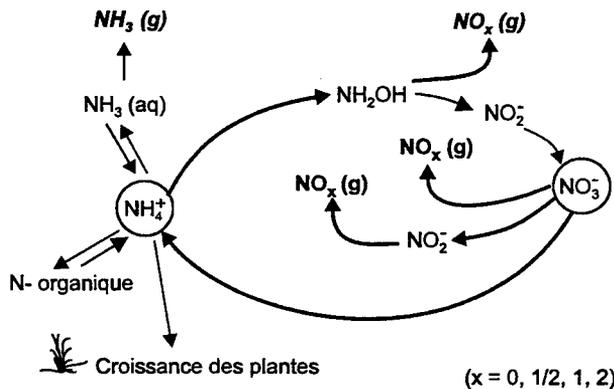


Figure 2 : Cycle interne adapté aux procédés de traitement

La capacité de l'environnement à absorber des métaux et des germes pathogènes est moins connue. Concernant les métaux, le mécanisme d'élimination dans le sol (autre que le lessivage) de métaux tels que le cuivre, n'est pas très clair, d'où le

risque d'accumulation dans le sol. Par ailleurs, la plupart des germes pathogènes vont mourir en l'espace de quelques jours après l'épandage : néanmoins, un traitement des déchets peut se justifier s'il existe un risque de propagation de maladie.

## **2.3 Législation et directives**

En raison des risques de pollution liés aux déjections animales, beaucoup de pays d'Europe ont mis en place des réglementations interdisant certaines pratiques et stipulant que d'autres devraient être suivies. Dans beaucoup de cas, celles-ci ont été accompagnées de la publication de directives, qui donnent davantage de détails sur la manière de gérer les déjections.

Les codes de bonnes pratiques agricoles en Grande-Bretagne sont adaptés à la situation britannique (MAFF, 1991 a,b). Bien que ces directives ne soient pas obligatoires, tout manque de respect à celles-ci peut être considéré comme une cause de poursuite judiciaire pour dégradation de l'environnement. Les obligations des éleveurs peuvent dépasser le cadre des directives et, en fait, accroître leur responsabilité en ce qui concerne les nuisances olfactives et les incidents de pollution des eaux locales.

En Hollande, en Grande-Bretagne et au Danemark, on peut même engager des poursuites judiciaires envers des exploitations bien gérées, s'il existe un problème olfactif important pour la population locale. En Grande-Bretagne, des procès ont été gagnés contre des exploitations responsables de contamination directe de rivières, par leurs effluents agricoles, et elles ont dû payer des amendes de plus de 100 000 FF dans certains cas (NRA, 1994).

L'attitude générale observée par la plupart des pays d'Europe est un contrôle des épandages de déjections, en vue d'optimiser la récupération des éléments nutritifs par les plantes sachant que tout élément nutritif utilisé n'est plus ainsi source de pollution. L'obligation pour les exploitations, dans la plupart des pays, d'avoir une capacité de stockage minimale de plusieurs mois, répond à cette exigence, du fait qu'elle permet une plus grande flexibilité dans le choix de la période d'épandage.

Dans beaucoup de pays, l'épandage en automne et en début d'hiver, quand la croissance des cultures est faible, est également découragé, voire interdit. Les réglementations concernant l'épandage semblent être un peu moins strictes pour les fumiers solides et là où l'on épand sur des cultures en pleine croissance. Au Danemark, par exemple, la période pour un tel épandage va jusqu'à la mi-automne (DOE danois, 1993). Des restrictions sont aussi possibles quant au type de terres sur lesquelles les déchets devraient être déversés. On se préoccupe aussi beaucoup des zones qui ont été identifiées comme « zones vulnérables à l'azote » (NVZ), selon la directive européenne sur les nitrates (91/676). Epandre près de captages d'eau, sur des terrains en pente ou sur des sols sableux, est également déconseillé.

Des réglementations sont maintenant en place en Hollande, au Danemark et dans des régions d'Allemagne et d'Italie, pour tenter d'arriver à un équilibre entre la

quantité de déjections épandue et les exigences nutritionnelles des cultures en pleine croissance. On a établi des limites d'épandage en termes d'azote ou de phosphore. Plus généralement, la directive européenne sur les nitrates vise progressivement la limite de 170 kg d'azote d'origine animale/hectare pour l'an 2003.

En plus d'être limitée par l'épandage des déjections, la densité d'animaux en stabulation est de plus en plus spécifiée : par exemple, la limite a été fixée à 2,5 têtes de bétail (UGB) par hectare dans les pays scandinaves. De plus, les terres disponibles sont un facteur primordial dans les réglementations sur les nouvelles installations et les agrandissements des unités existantes.

### **3. Utilisation des procédés de traitement dans la gestion des déchets animaux**

#### **3.1 Stratégies habituelles pour gérer les déjections**

Pour résoudre les problèmes de déjections, les agriculteurs et les fournisseurs d'équipements agricoles ont suivi trois voies, qui ont fait l'objet de recherches financées par les gouvernements locaux et nationaux, et l'union européenne.

##### **La conception des épandeurs :**

Pour réduire les émissions durant l'épandage, la conception des tonnes à lisier évolue vers des sprays à trajectoire basse et des épandeurs par rampes. Quand les conditions pédologiques le permettent, on pratique davantage l'injection superficielle ou en profondeur, c'est devenu une exigence légale dans certains pays. L'uniformité de l'épandage est un facteur de plus en plus important dans la conception des systèmes d'épandage des fumiers liquides et solides.

##### **Evaluation des éléments nutritifs et stockage :**

Un stockage à long terme est maintenant exigé dans la plupart des pays d'Europe. On peut ainsi gérer les éléments nutritifs et permettre de mieux orienter les déjections vers les zones ou les cultures, où ils peuvent être utilisés. On peut ainsi avantageusement diminuer la consommation d'engrais minéraux. On pense dans l'avenir utiliser des cartes « intelligentes » pour contrôler l'épandage à partir du tracteur en intégrant des informations sur les champs, les cultures et leurs besoins saisonniers, etc.

##### **Prétraitement des déjections :**

Dans certaines situations, une bonne gestion du fumier ne suffit pas en elle-même pour répondre aux exigences environnementales, et une forme de traitement est alors nécessaire. Beaucoup de recherches ont été faites dans ce domaine et un certain nombre de techniques sont maintenant disponibles.

### **3.2 Options de traitement**

Du fait que les problèmes de déjections animales sont multiples, il n'y a pas de solution unique. Le conseiller agricole dispose de toute une palette d'options de traitement quand il a affaire à une situation spécifique. Il y a en fait beaucoup d'options de traitement à l'étude (et encore davantage si l'on inclut les différentes conceptions d'équipements).

Les principales catégories sont mentionnées dans la figure 3. Ces dernières peuvent être utilisées séparément ou combinées selon les cas. Le coût relativement élevé et la complexité de tels systèmes de traitement ont limité leur mise en place en Europe ; les meilleures réussites semblent être l'apanage des grands projets, qui ont reçu l'aide de fonds publics. Les principales applications des technologies de prétraitement ont été la stabilisation des éléments nutritifs (y compris le compostage), l'élimination des excédents d'éléments nutritifs et la désodorisation.

Très peu de ces systèmes peuvent être éliminés comme étant totalement inefficaces, mais ceux qui ne servent pas à régler les problèmes principaux ont un intérêt limité, quels que soient les avantages qu'ils présentent par ailleurs. Cependant, une évaluation des options de traitement fait défaut, car on ne peut comparer directement une approche à une autre, les principaux objectifs à atteindre n'étant pas définis. C'est l'un des buts que s'est fixé le groupe d'Action Concertée : un projet idéal est un projet qui répond aux exigences principales, à un coût le plus bas possible pour l'agriculteur, et sans engendrer d'autres problèmes.

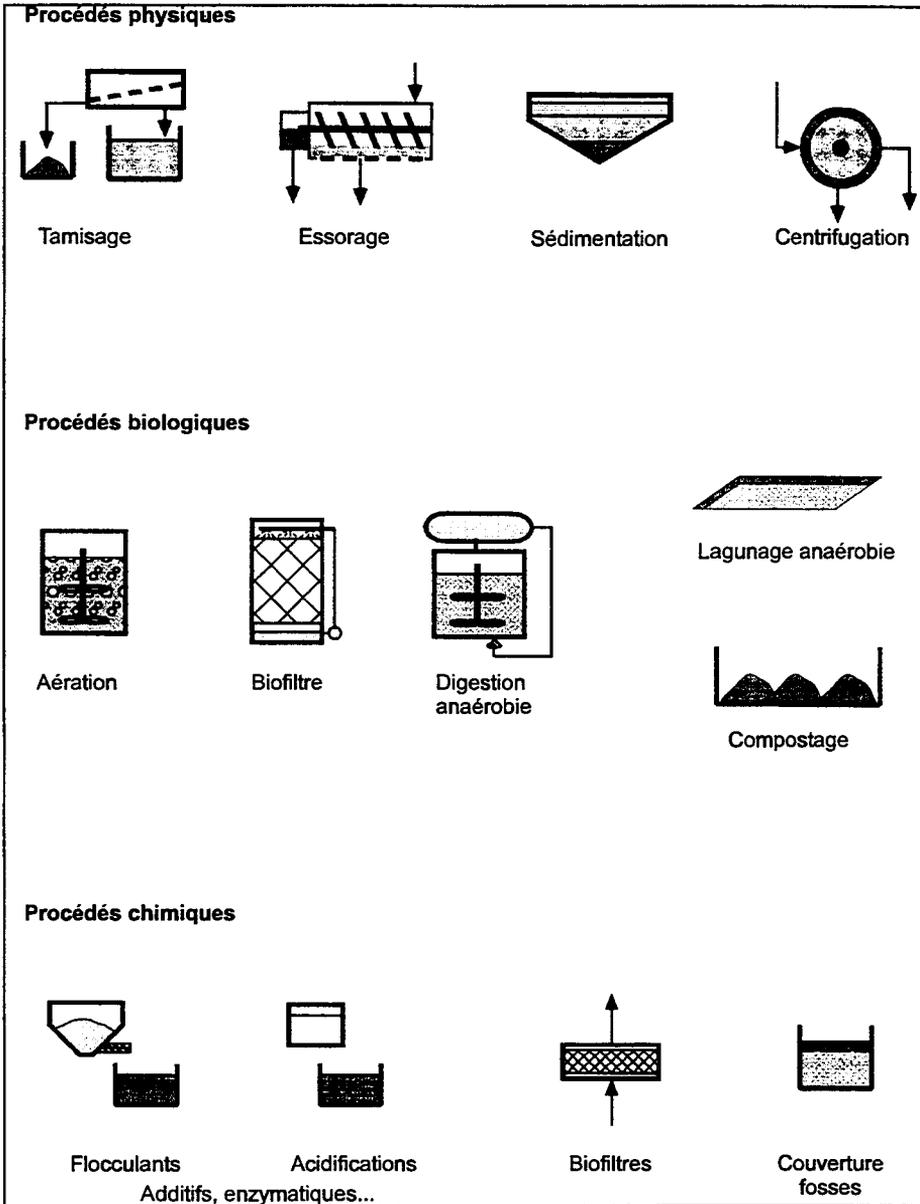
#### **Bénéfices potentiels d'une bonne gestion des déjections :**

Les efforts concentrés sur le problème des déchets agricoles mettent en évidence l'intérêt de leur bonne utilisation. Par exemple, on va réduire les doses d'engrais minéraux et engendrer la production de sous-produits (comme le compost), avec une bonne valeur marchande, et de biogaz en tant que source d'énergie.

### **4. Collaboration dans la recherche - Le Projet d'Action Concertée pour la gestion des déjections animales.**

Pour répondre au besoin croissant en nouvelles méthodes de traitement pour une bonne gestion des déjections animales, un grand nombre de programmes de recherche ont été financés à travers l'Europe. Beaucoup sont le reflet des besoins nationaux et locaux, mais une grande partie de ces recherches se justifie aussi pour d'autres parties de l'Europe.

C'est pour cette raison que la Commission Européenne (DG VI - Agriculture) a financé un groupe d'Action Concertée consistant en une série de rencontres. Ce groupe réunit les représentants de quatorze des plus importants organismes de recherche de toute l'Europe, qui sont fortement impliqués dans le traitement des déjections d'origine animale.



*Figure 3 : Les principaux procédés adaptés aux effluents d'élevages existants ou en développement*

Le but est de développer des stratégies claires, qui peuvent être directement applicables à la situation des exploitations des pays européens. Les ateliers de travail ont abouti aux recommandations suivantes :

- **évaluer de façon critique les options de traitement existantes et** proposées en termes : (a) d'utilisation des éléments nutritifs, (b) de réduction de la pollution, (c) de rapport coûts/bénéfices au niveau économique, (d) d'application à la situation de l'exploitation ;
- **concentrer la recherche** sur l'utilisation pratique des techniques de traitement dans la gestion des lisiers animaux ;
- **échanger des idées et des informations** sur ce domaine scientifique.

La liste des participants au projet se trouve dans le tableau 2. Les principales conclusions de ce groupe ont été publiées en 1997.

Participants	Organismes	Pays
Dr. Beck	Institut für Agrartechnik	Allemagne
Dr. Bicudo	Laboratorio Nacional de Engenharia Civil	Portugal
Mr. Burton- coordinateur	Silsoe Research Institute	Grande-Bretagne
Mr. Bloxham	Harper Adams Agricultural College	Grande-Bretagne
Dr. Carton	Teagasc	Irlande
Dr. Derikx	Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen	Pays-Bas
Prof. Georgacakis	Agricultural University of Athens	Grèce
Mr. Hahne	Institut für Technologie	Allemagne
Dr. Martinez	Cemagref - Rennes	France
Mr. Piccinini	Centro Ricerche Produzioni Animali	Italie
Dr. Oechsner	Universität Hohenheim	Allemagne
Dr. Skjelhaugen	Agricultural University of Norway	Norvège
Dr. Sommer	Forskningscenter Foulum	Danemark
Dr. Svoboda	SAC	Grande-Bretagne
Mr. Verdoes	Proefstation voor de Varkenshouderij	Pays-Bas

**Tableau 2 : Participants au groupe d'Action Concertée**

## Conclusion

Les répercussions sur l'environnement de la forte densité d'animaux d'élevage dans de nombreuses régions de l'Europe ont conduit à prendre des mesures pour améliorer la gestion des déjections animales. Dans certains cas, une réglementation a été mise en place pour rendre certaines pratiques obligatoires ; d'autres techniques figurent dans les codes de bonnes pratiques. Cependant, aucune technique ne constitue à elle seule une solution universelle au problème des effluents d'élevage.

De même, une bonne gestion des déjections animales ne va pas, à elle seule, faire complètement disparaître la pollution résultant des activités intensives d'élevage. Dans certains cas, un traitement va s'avérer nécessaire. Il pourra s'agir d'un des nombreux processus de traitement basés sur des principes biologiques, chimiques, ou physiques. L'adéquation de certaines techniques de traitement dépendra de l'exploitation elle-même (par exemple, certains traitements seront plus adaptés à de grandes exploitations ; la digestion en aérobie sera plus adaptée s'il y a un besoin local de production de gaz).

Un vaste sujet qui est commun à beaucoup de pays européens est celui de « l'équilibre des éléments nutritifs ». Il est toujours préférable d'utiliser les déjections localement, et la plupart des technologies à l'étude visent cet objectif. Cependant, là où il existe des surplus locaux qui risquent d'engendrer de la pollution, il est reconnu qu'il faut s'en débarrasser, sous forme d'un produit utile comme le compost par exemple. Mais quelquefois, comme dans le cas où l'on se débarrasse de l'azote sous forme de gaz ( $N_2$ ), on ne peut en tirer aucun bénéfice direct.

Pour répondre à ces problèmes, un groupe d'Action Concertée européen a été mis en place, regroupant des représentants de quatorze organismes de toute l'Europe, ayant un intérêt commun pour le traitement des déjections animales. Un des buts principaux de cette collaboration est d'étudier de façon critique tout l'éventail d'options de traitement disponible à l'heure actuelle et en cours d'étude. Un sujet clé pour ce groupe est d'identifier clairement les principaux problèmes que doivent résoudre les traitements, de façon à permettre des comparaisons objectives.

## Bibliographie

DANISH MINISTRY OF THE ENVIRONMENT. Statutory Order No.1121 on Professional Livestock, Livestock Manure, Silage etc. December 15th, 1992.

EUROSTAT. Agricultural Statistic Yearbook. Statistical Office of the European Communities, L-2920 Luxembourg, 1988.

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. - Welsh Office

Agriculture Department. Code of Good Agricultural Practice for the protection of water. London, July 1991.

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. - Welsh Office Agriculture Department. Code of Good Agricultural Practice for the protection of air. London, 1992.

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. Solving the Nitrate Problem. MAFF Publications. London, 1993.

NATIONAL RIVERS AUTHORITY Water pollution from farm waste 1994. Water Quality Series No. 25. HMSO London, July 1995.

Colin H. Burton est diplômé comme ingénieur en chimie de l'université de Bradford en 1980. A la suite d'une formation et d'étude post-doctorale de 15 mois (conduisant au diplôme de MSc en ingénierie chimique avancée), il a passé sept ans dans l'ingénierie alimentaire en commençant à travailler pour Tate et Lyle puis pour APV Baker. Au cours de cette période, il s'est d'abord spécialisé en développement des procédés puis en équipement. Il a obtenu le statut « expert en ingénierie » en 1988. Il réoriente ses activités vers l'ingénierie de l'environnement en acceptant la nomination de chef de projet au Silsoe Research institute. Pendant ces six dernières années, il s'est spécialisé dans la mise au point de procédés de traitement des déchets animaux.

Colin H. Burton effectue maintenant ses travaux de recherche sur les procédés d'aération pour le lisier de porc dans le but de réduire les odeurs, conserver les éléments nutritifs, réduire les risques de pollution de l'air et des eaux, lutter contre les maladies. Cela a impliqué la conception et la construction de plusieurs stations pilotes. Plus récemment, il supervise une installation à l'échelle de l'exploitation capable de traiter de différentes manières jusqu'à 5 000 litres par jour de lisier de porc. Il coordonne actuellement une action concertée financée par l'UE sur ce thème qui implique des partenaires de quatorze organismes de recherche à travers l'Europe.

Article paru dans la revue *Ingénieries Eau - Agriculture - Territoire* : « Déjections animales et environnement en Europe » « *Animal manures and environment in Europe* ». Numéro spécial 1996.

# **Le programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole (PMPOA) et la maîtrise des pollutions en Zones d'excédents structurels**

**Christophe Chassande\* – Edwige Duclay\*\* – Jean-Claude Souty\*\***

\*Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement - Direction de l'eau

\*\* Ministère de l'Agriculture et de la Pêche - Direction de l'espace rural et de la forêt

## **Résumé**

Le présent article a pour objet de présenter de façon synthétique les enjeux, les principes d'intervention des pouvoirs publics, les modalités de mise en œuvre, et l'état d'avancement en ce qui concerne le volet relatif à la réduction des pollutions des élevages du programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole (PMPOA).

Ce programme a été négocié entre les ministères de l'Agriculture et de l'Environnement et les organisations professionnelles agricoles de 1990 à 1993. L'accord est intervenu en octobre 1993 et a fait l'objet d'un relevé de conclusion daté du 8 octobre 1993, confirmant l'accord cadre conclu le 11 mars 1992 entre les ministères de l'Agriculture et de l'Environnement prévoyant des modalités spécifiques d'action pour la maîtrise des pollutions d'origine agricole.

## **Abstract**

*This paper summarises the main aims, the government intervention policies, the implementation methods and the state of progress of measures for reducing stock breeding pollution under the agricultural pollution control programme (PMPOA).*

*This programme was drawn up by the ministries of Agriculture and the Environment and the farming organisations between 1990 and 1993. Agreement was reached in October 1993 and a concluding statement was issued on 8 October 1993, confirming the outline agreement reached on 11 March 1992 by the Ministries of Agriculture and the Environment outlining particular actions to be taken to control agricultural pollution.*

# 1. Les enjeux

Jusqu'à la fin des années 80, le secteur agricole était resté à l'écart des programmes d'action lancés depuis 1964 par l'Etat et les Agences de l'Eau pour protéger la qualité des eaux, qui avaient d'abord concerné les activités industrielles et la pollution domestique.

Or, depuis les années 50, l'activité agricole a été marquée par une forte intensification qui s'est accompagnée d'une pollution croissante des eaux par les produits phytosanitaires, les fertilisants d'origine minérale et les déjections animales. L'utilisation croissante des fertilisants minéraux ainsi que l'augmentation des cheptels et leur concentration dans des unités de plus en plus importantes ont entraîné notamment un accroissement régulier de la teneur en nitrates des eaux souterraines et superficielles. Cet accroissement a conduit à rendre inutilisables de nombreux captages d'eau potable.

Cette pollution par les nitrates d'origine agricole est commune à l'ensemble des pays européens et a conduit la communauté européenne à adopter la directive n°91/676/CEE concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole.

# 2. Les principes d'action des pouvoirs publics

Ils consistent à adapter au secteur de l'élevage la combinaison de l'outil réglementaire, notamment celui de la législation des installations classées, et de l'outil économique des Agences de l'Eau (lui même combinaison de la taxation des comportements polluants et de l'attribution de subventions à la dépollution). Cette combinaison appliquée au secteur industriel a permis de réduire très largement depuis les années 1960 les pollutions d'origine industrielle.

La législation des Installations Classées, qui ne s'appliquait auparavant qu'aux élevages hors sol, a été étendue en 1992 aux élevages bovins laitiers et allaitants avec un délai d'application aux élevages existants de 7 ans. Près de 70.000 élevages sont concernés. En outre, dans les zones vulnérables, tous les élevages sont soumis au respect des programmes d'action de la directive nitrates qui définissent notamment des périodes d'interdiction d'épandage d'effluents organiques afin de limiter les risques de lessivage et de ruissellement des nitrates.

Parallèlement, dans le cadre du PMPOA, les élevages importants sont intégrés progressivement dans le système des Agences de l'Eau à partir de 1994 (arrêté du 2 novembre 1993). Cette intégration doit permettre aux éleveurs de bénéficier des aides des Agences pour financer à la fois les travaux d'amélioration des bâtiments nécessaires à l'élimination des fuites et au stockage des déjections ainsi que les améliorations des pratiques d'épandages (ces améliorations doivent notamment permettre à l'éleveur de respecter la directive nitrates et la loi sur les installations classées).

Simultanément les éleveurs sont soumis au paiement de la redevance en application du principe pollueur-payeur. Toutefois les modalités de calcul de la redevance tiennent compte des efforts engagés par les éleveurs pour maîtriser la filière des déjections : l'éleveur s'engageant par contrat à effectuer les travaux et les améliorations de ses pratiques agricoles jugés nécessaires par un diagnostic complet de son exploitation bénéficie d'une remise des redevances (prime pour épuration) pendant la durée du contrat et si, à l'issue du contrat, il fait la preuve d'une maîtrise complète de la filière d'élimination des déjections, il n'est pas soumis à redevance.

### **3. Les modalités de mise en œuvre**

Le programme a démarré le 1<sup>er</sup> janvier 1994, conformément au calendrier inclus dans l'arrêté du 2 novembre 1993 (article 8) relatif à l'intégration des élevages dans la nomenclature des activités soumises aux redevances des Agences de l'Eau. Ce calendrier était initialement échelonné sur les cinq années 1994 à 1998. Il était prévu d'intégrer ainsi la totalité des élevages soumis à autorisation au titre de la législation des Installations Classées ainsi qu'une grande partie des élevages bovins soumis à déclaration.

L'accès aux aides intervient selon un calendrier cohérent avec le calendrier d'intégration au système des Agences.

Toutefois des dérogations à ce calendrier peuvent être accordées :

- pour les opérations groupées volontaires sur un bassin versant de façon à obtenir d'emblée une efficacité globale vis-à-vis de la pollution ;
- pour les jeunes agriculteurs (35 ans au plus et moins de 5 ans d'installation) dans le cadre des mesures en faveur de l'installation des jeunes.

Les dotations financières correspondantes ont fait l'objet d'inscriptions :

- dans les contrats de plan pour les années 1994-1998 en ce qui concerne les financements du ministère de l'Agriculture et des collectivités locales ;
- dans les programmes des Agences de l'Eau (6<sup>ème</sup> programme pour les années 1994-1996, 7<sup>ème</sup> programme pour les années 1997-2001).

Les cantons où la capacité d'épandage des terres agricoles disponibles ne permet pas d'épandre la totalité des déjections des animaux présents font l'objet d'un traitement particulier. Dans ces cantons désignés par « zones d'excédent structurel » (Z.E.S.), les préfets doivent élaborer des programmes de résorption devant permettre de corriger ces déséquilibres. Ils comportent une réduction de la teneur en azote des déjections par une modification de l'alimentation des animaux, par des exportations de déjections dans des cantons qui ne sont pas en excédent, et des installations de traitement permettant d'éliminer une partie des matières organiques (par incinération, pour les fientes séchées de volailles ; par des traitements pour les lisiers de porcs). Les Agences de l'Eau aident au financement des unités de traitement.

## 4. Les évolutions du dispositif en 1997 et 1998

### A partir de 1996 il est apparu que le coût global avait été sous-estimé

Le coût total du programme est aujourd'hui évalué à plus de 14 milliards de francs (2 fois le coût prévu en 1993). Pour faire face à ce problème :

- le ministère de l'Agriculture a inscrit à son budget 1997 une dotation supérieure à la moyenne prévue aux contrats de plan (165 millions de francs), qui a été renouvelée en 1998 et a demandé par ailleurs au Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau (F.N.D.A.E.) d'apporter un complément de 150 millions par an pendant 3 ans.
- en accord avec les Organisations Professionnelles Agricoles (accord du 12 mars 1997), le calendrier d'intégration des élevages bovins a été prolongé de trois ans (les élevages bovins sont les plus nombreux et coûteux à améliorer).

Le nouveau calendrier d'intégration est donc le suivant :

Type d'élevage	Années d'activité							
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Porcins (places de porcs)	1 000	800	650	550	450	450	450	450
Bovins (U.G.B.)	200	150	100	100	100	90	80	70
Poules pondeuses (x 1 000)	60	50	40	30	20	20	20	20
Autres élevages de volailles (primés en U.G.B.N. selon l'équivalence données au paragraphe 3.1 du I de l'annexe II de l'arrêté du 28 octobre 1975)	200	150	100	90	70	70	70	70
Canards prêts à gaver et à rôtir					10 000	10 000	10 000	10 000
Oies prêtes à gaver et à rôtir					6 700	6 700	6 700	6 700
Palmipèdes en gavage (places)					4 000	4 000	2 000	1 000
<i>Elevages multi-espèces</i>								
Somme des effectifs de chaque espèce rapportés au seuil ci-dessus applicable à l'espèce concernée pour l'année considérée : supérieure ou égale à 1.								

## **La résorption des excédents dans les ZES n'est pas effective**

Les cantons en ZES ont été identifiés en 1995 : la plupart sont en Bretagne, les autres sont situés dans les départements de Mayenne, de Vendée et de la Drôme (volailles). En 1996, C. Lepage a demandé aux préfets de ne plus autoriser l'extension des élevages tant que ces programmes de résorption n'ont pas abouti, à l'exception des jeunes agriculteurs pour lesquels une marge de développement a dû être définie dans les programmes de résorption.

Toutefois, devant le constat de certains dysfonctionnements des programmes de résorption, avec notamment l'accaparement du foncier par les plus gros élevages pour la résorption, et devant les difficultés engendrées pour les petits élevages par l'interdiction d'extension, une instruction interministérielle spécifique aux ZES a été adressée le 21 janvier 1998 à tous les préfets concernés. Elle a été rédigée en vue de permettre une résorption effective tout en assurant un développement équilibré des jeunes agriculteurs et des exploitations à dimension économiquement insuffisante (EDEI), avec la volonté que les élevages en infraction vis-à-vis de la réglementation sur les installations classées mettent rapidement en œuvre les mesures nécessaires pour revenir à une situation régulière.

Dans cette optique, elle prévoit les dispositions suivantes :

- plafonnement des plans d'épandage de 50 à 130 ha selon les cantons :  
La définition des plafonds cantonaux doit être établie dans le cadre du groupe de travail local constitué pour l'élaboration des programmes d'action de la directive nitrates
- obligation de traitement ou de transfert des déjections en dehors des cantons en ZES ou cantons où la quantité d'azote issue des effluents d'élevages est supérieure à 140 Kg/ha/an ;
- pour les exploitations où la somme des productions annuelles d'effluents porcins et avicoles dépasse 20 000 kg N /an ou pour lesquels le plafond d'épandage est limitant. Selon la situation cantonale, sur décision du préfet, le seuil de traitement peut être abaissé pour permettre la résorption ;
- possibilité de développement des EDEI selon des critères à définir localement, dans la limite des marges fixées par les programmes de résorption ;
- en dehors des EDEI, retour aux effectifs du 01/01/94 pour les élevages dont les effectifs ont augmenté illégalement depuis cette date ;
- plafonnement des aides de l'Agence de l'eau pour le traitement sur la base des effectifs autorisés au 01/01/94.

L'instruction prévoit que les préfets concernés révisent les programmes de résorption en y intégrant l'ensemble de ces dispositions. Elle rappelle en outre la nécessité d'être vigilant sur le contenu des études d'impact qui doivent démontrer la bonne intégration agronomique de l'utilisation des effluents et des engrais minéraux dans le cadre de la fertilisation raisonnée.

Une instruction complémentaire a été adressée aux préfets de Bretagne le 31 juillet 1998, qui précise les conditions d'application pour cette région (en fixant notamment des dimensions maximales pour les EDEI, selon les productions et le nombre d'UTA – 3 au maximum – et en prévoyant des plafonds d'épandage après traitement compris entre 40 et 60 ha).

### **L'élargissement de l'accès au PMPOA est prévu après 2001**

Au cours de la conférence nationale de suivi du 12 Mars 97, un accord est intervenu entre la profession agricole et les ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement pour qu'un dispositif permettant de prendre en compte les élevages de taille inférieure aux seuils fixés soit mis en place en 2001.

La communication de madame Voynet en conseil des ministres de mai 1998 confirme cette décision des deux ministères et précise que les modalités de prise en compte de ces petits élevages seront fixées rapidement. En outre, un audit du PMPOA est en cours de réalisation.

# Connaissance et maîtrise des émissions gazeuses en système d'élevage développé

## *Gaseous pollutants from livestock wastes*

**José Martinez**

Cemagref - Unité de recherche et d'expertise « Gestion des Effluents d'Élevage et des Déchets Municipaux » - 17 avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes Cedex France.

Tel. : 02 99 28 15 29 - Fax : 02 99 33 29 59

E-mail : jose.martinez@cemagref.fr

### **Résumé**

Les effluents d'élevage sont des produits biologiques actifs, qui ne cessent de se transformer au cours des différentes étapes, allant de leur production (bâtiment) à leur gestion, lors du stockage, du traitement et consécutivement à leur l'épandage sur les terres agricoles. Au cours de ces différentes étapes, ces transformations, qu'elles soient anaérobies ou aérobies, s'accompagnent de rejets gazeux polluants et malodorants. Parmi ces gaz indésirables, on distingue notamment l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et le méthane ( $\text{CH}_4$ ). Cet article présente succinctement les processus d'émission de ces différents gaz, les principaux facteurs d'influence ainsi que les techniques et préconisations pour réduire ces émissions et en particulier les émissions d'ammoniac.

### **Abstract**

*Livestock farming is a biological transformation process. Important input factors besides animals are diet, water, and ventilation air and energy for climate control. The output factors are pork, ventilatilation air and farm waste. Ventilation air and farm waste affect the environment. Air pollution by odours and gases can be caused from the buildings and during land application of manures. The gases of greater concern include ammonia ( $\text{NH}_3$ ), nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ) and methane ( $\text{CH}_4$ ). This paper outlines the processes which result in the formation and release of gaseous pollutants, the contribution of livestock wastes, the main factors influencing emissions and techniques for abatement.*

## Introduction

Dans les régions où la production animale est intensive, la connaissance et la maîtrise des émissions gazeuses polluantes, issues de la gestion et du devenir des déjections animales, est un enjeu important pour l'avenir de ces élevages. Parmi ces émissions gazeuses, le dégagement d'ammoniac contribue à accroître la charge polluante de l'air. Une directive européenne « pollution atmosphérique » définissant des normes de rejet et des objectifs de réduction des émissions est actuellement en préparation.

Par ailleurs, l'accroissement régulier du taux d'un certain nombre de gaz d'origine anthropique dans l'atmosphère, en particulier du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), du méthane (CH<sub>4</sub>), de l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et des chlorofluorocarbones (CFC) est rendu responsable d'un réchauffement progressif de l'atmosphère et de conséquences importantes sur l'évolution du climat de la planète; ce sont les gaz à « effet de serre » (GES). Cet effet repose sur la propriété qu'ont ces composés d'absorber le rayonnement infrarouge.

En agriculture d'élevage, la majorité des gaz émis proviennent des déjections animales. La figure 1 présente les principaux gaz et leur origine.

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) provient principalement de l'air expiré par les animaux, et également de la décomposition des déjections stockées sous les animaux ou à l'extérieur.

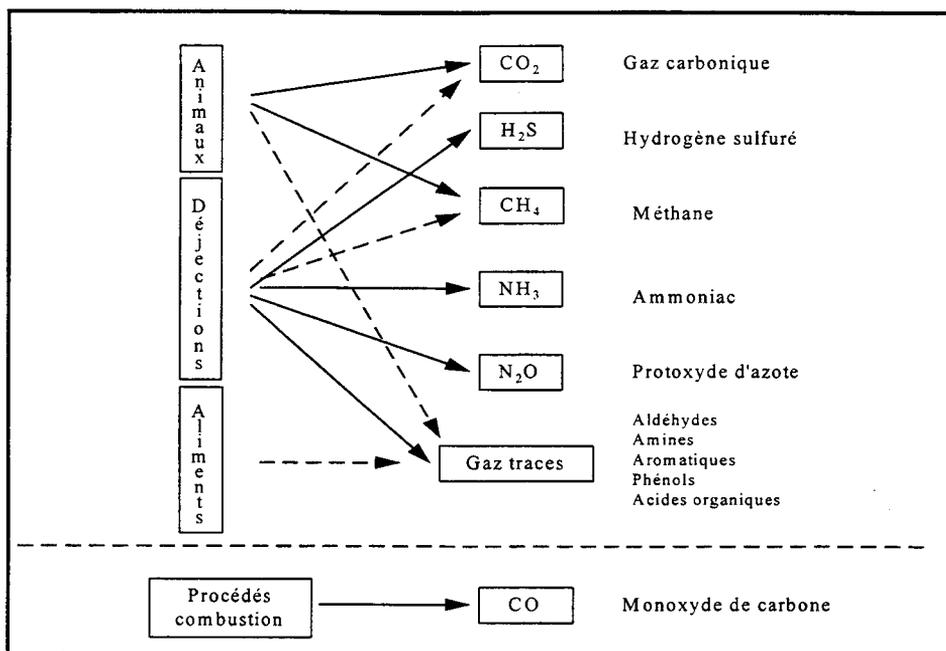
L'hydrogène sulfuré provient de la fermentation anaérobie par voie microbienne des composés soufrés présents dans les acides aminés des déjections animales.

Le méthane est également produit au cours de la fermentation anaérobie de la matière organique et notamment des composés cellulosiques. Toutefois, la majeure partie des émissions de méthane d'origine agricole provient des ruminants. L'ammoniac est produit dans les bâtiments par dégradation biologique et enzymatique de composés azotés, notamment l'urée présente dans l'urine.

Cet article présente, dans une première partie, les sources et facteurs influençant les émissions des principaux gaz polluants :

- ammoniac
- protoxyde d'azote
- méthane.

Une deuxième partie est consacrée aux techniques et stratégies de réduction des émissions d'ammoniac par une modification de l'alimentation, et des conduites d'élevage (bâtiment, stockage, épandage).



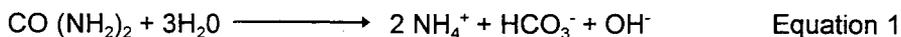
**Figure 1 :** Emission de gaz polluants en système d'élevage (d'après Hartung et Phillips, 1994)

## 1. Principaux gaz polluants

### 1.1 Ammoniac - NH<sub>3</sub>

#### 1.1.1. Formation d'ammoniac - bovins et porcs

L'ammoniac résulte principalement de la dégradation de l'urée, qui est excrétée par l'urine des bovins et des porcs. L'hydrolyse de l'urée est catalysée par l'enzyme uréase. Les micro-organismes qui produisent cette enzyme se situent dans les fèces.



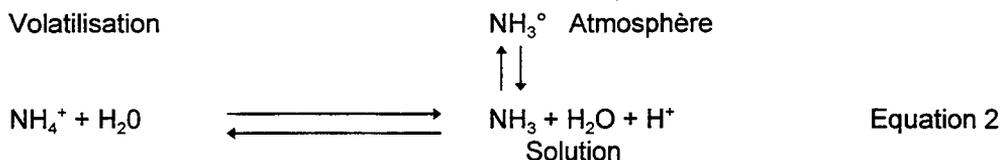
#### 1.1.2 Formation d'ammoniac - volailles

On ne trouve généralement pas d'azote ammoniacal dans les déjections avicoles. Sur l'azote total excrété, 30 à 60% est constitué de protéines non digérées et 40 à 70% d'acide urique. Après excrétion, des micro-organismes dégradent ces deux formes azotées principalement en urée et azote ammoniacal (NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

### 1.1.3 Emissions d'ammoniac

Les émissions d'ammoniac se produisent dès la formation d'azote ammoniacal sur les caillebotis ou dans les aires de stabulation.

Le processus de volatilisation de l'ammoniac peut être considéré comme un transfert de l'ammoniac gazeux ( $\text{NH}_3$ ) dans l'atmosphère immédiate à partir de l'ammoniac présent dans les phases liquides et gazeuses du lisier :



Le niveau d'émission dépend principalement des facteurs suivants :

- concentration en urée : le taux d'émission d'ammoniac est linéairement dépendant de la teneur en urée.
- température et vitesse d'air : des températures élevées et des vitesses d'air importantes favorisent les émissions d'ammoniac.
- pH : en phase aqueuse l'ammoniac en solution ( $\text{NH}_3$ ) et l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) sont en équilibre. Si le pH est élevé cet équilibre évolue vers la forme ammoniac. On peut donc en déduire que les émissions issues de l'urine sur caillebotis sont élevées lorsque le pH est élevé.
- taille de la surface d'émission : l'émission d'ammoniac peut être contrôlée en réduisant la taille de la surface d'émission.

La fonction émission d'ammoniac est représentée dans la formule suivante. Cette formule est utile notamment lorsque l'on veut définir des techniques de réduction des émissions. Cette formule s'applique pour des lisiers mais est moins applicable pour les fumiers notamment mélangés à des substrats pailleux.

$$E = \frac{K_{\text{diff}} \cdot A \cdot [C] \cdot f}{H}
 \quad \text{Equation 3}$$

avec :

E = émission (moles/s)

[C] = azote total ammoniacal ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ) (mole/l)

A = surface d'émission ( $\text{dm}^2$ )

$K_{\text{diff}}$  = constante de vitesse dépendante de la vitesse d'air (dm/s)

f = fraction de l'azote ammoniacal total présent sous forme d'ammoniac, qui dépend donc de la température et du pH.

H = Constante de Henry, représente à l'équilibre la proportion entre l'ammoniac dissous et l'ammoniac sous forme gazeuse au dessus d'une solution. H dépend de la température.

Néanmoins, bien que ce processus de volatilisation de l'ammoniac soit bien compris du point de vue théorique et chimique, en conditions réelles c'est un processus complexe influencé par de nombreux facteurs liés à la fois aux propriétés du produit (hétérogénéité de composition), aux conditions de gestion ainsi qu'aux conditions climatiques. Le tableau 1 décrit les principaux facteurs d'influence notamment pour ce qui concerne la volatilisation de l'ammoniac à l'épandage.

<p style="text-align: center;"><u>Caractéristiques déjections</u></p> <p>Teneur en matière sèche Teneur en azote ammoniacal pH</p>	<p style="text-align: center;"><u>Paramètres climatiques</u></p> <p>Rayonnement solaire Température Précipitations Vitesse d'air</p>
<p style="text-align: center;"><u>Sol</u></p> <p>Porosité CEC Couvert végétal pH</p>	<p style="text-align: center;"><u>Gestion</u></p> <p>Dose d'apport Méthode d'épandage Système de traitement</p>

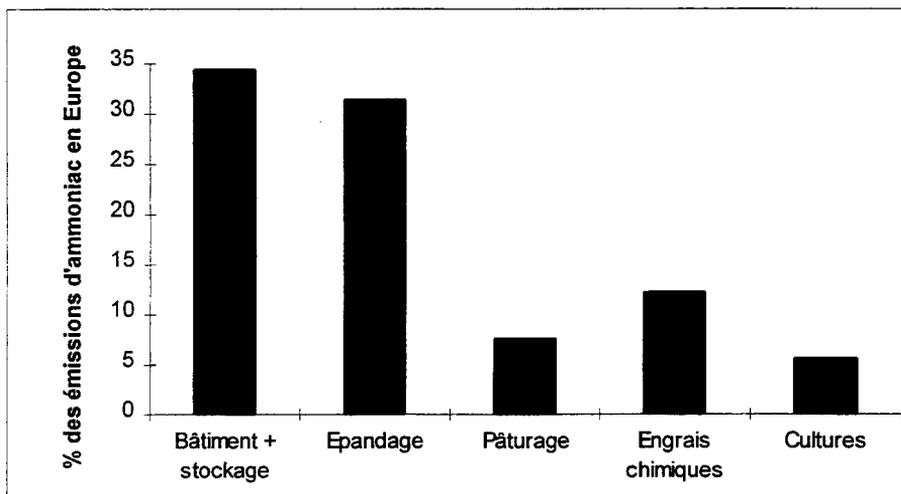
**Tableau 1 : Facteurs influençant les émissions d'ammoniac**

En Europe, 80% des émissions d'ammoniac sont issues des activités d'élevage. Ces émissions se produisent en effet à la fois, dans le bâtiment, lors du stockage et lors de l'épandage. L'importance relative des différentes sources d'émission a été établie (figure 2).

En France, ce n'est que très récemment que ce processus a été pris en compte dans les préoccupations environnementales liées aux activités d'élevage (Moal, 1995; Générumont, 1996) notamment pour la mesure des émissions consécutives à l'épandage des lisiers.

Ainsi les travaux menés par Moal et al. (1995) ont montré l'importance et la grande variabilité de ce processus avec des pertes allant de 5 à 75% de l'azote ammoniacal apporté. Sur une série de 20 essais au champ, la moitié des essais

conduit à des pertes azotées supérieures à 30% de l'apport. Ces résultats soulignent également la rapidité du processus de volatilisation : 75% des pertes totales mesurées ( $\text{NH}_3$ ) ont eu lieu, en moyenne, durant les 15 premières heures qui ont suivi l'apport de lisier.



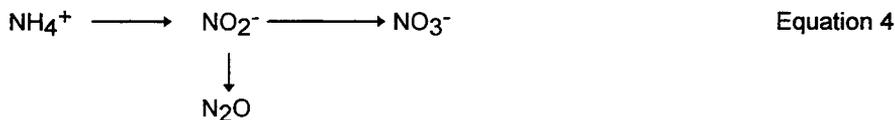
**Figure 2 :** Sources d'émissions d'ammoniac d'origine agricole en Europe (d'après ECETOC, 1994)

D'autres travaux sont en cours afin de quantifier les émissions se produisant dans les bâtiments d'élevage (Guingand et al., 1997).

## 1.2 Protoxyde d'azote - $\text{N}_2\text{O}$

Le protoxyde d'azote est produit par la combustion d'énergie fossile mais également par les déjections animales et les processus microbiologiques du sol. Le protoxyde d'azote est émis lors de la nitrification de l'ammonium et plus particulièrement lors de la dénitrification incomplète des nitrates (Equations 4 et 5).

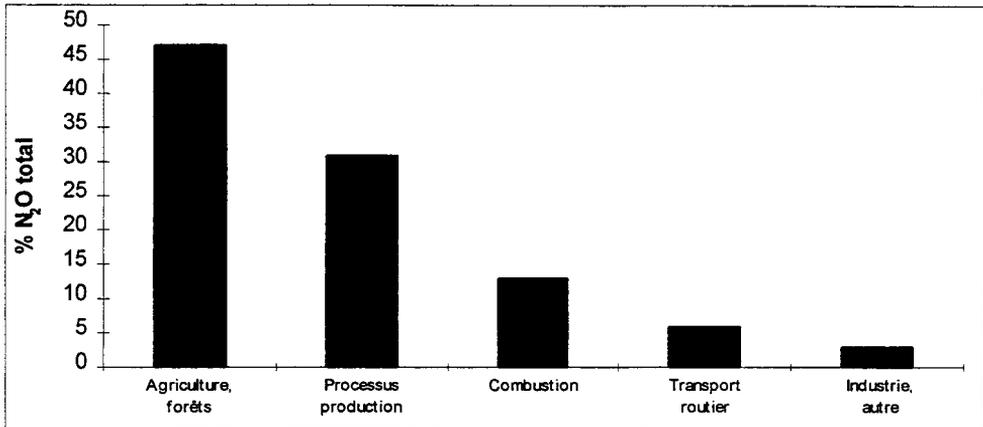
### Nitrification



### Dénitrification



L'agriculture contribue donc significativement aux émissions de protoxyde d'azote, notamment lorsque des quantités importantes de fertilisants inorganiques ou organiques sont en jeu (figure 3).



**Figure 3 : Sources d'émission de protoxyde d'azote en Europe (d'après Pain, 1998).**

**Facteurs influençant les émissions de protoxyde d'azote :**

Les déjections animales représentent une source d'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) intéressante pour les cultures suite à la nitrification dans le sol. Mais compte-tenu des conditions anaérobies liées à la nature de ces produits, celles-ci peuvent parfois inhiber ces réactions de nitrification qui, elles, sont strictement aérobies. Par ailleurs, la présence d'une source de carbone disponible et l'humidité liée à ces produits organiques favorisent la dénitrification. Il existe peu de données sur les émissions de protoxyde d'azote consécutivement à des épandages agricoles ; parmi les facteurs d'influence, on note également les caractéristiques propres à chaque type de déjections animales (tableau 2)

	g N <sub>2</sub> O / t
Lisier porc	34,8
Lisier bovin	12,6
Fumier bovin	21,7
Fumier volailles	29,0

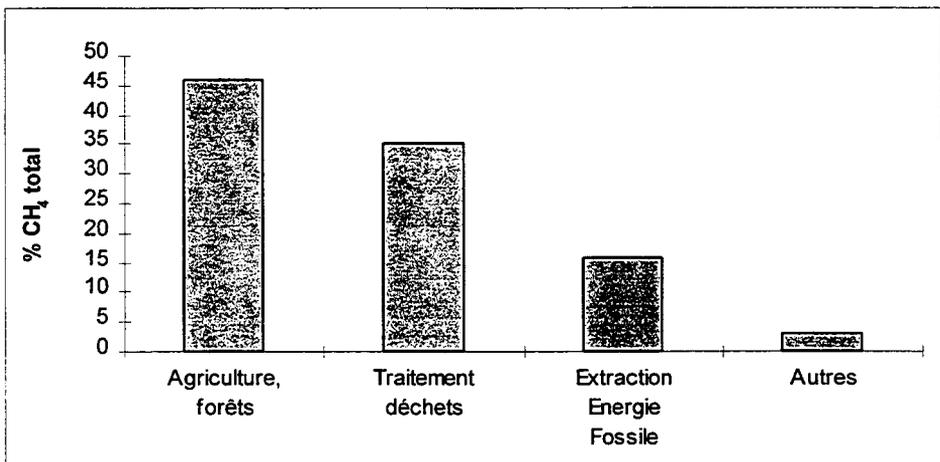
**Tableau 2 : Emissions de N<sub>2</sub>O suite à l'épandage de déjections animales (d'après Pain, 1998)**

Afin de lutter contre la pollution azotée des eaux par les nitrates, le traitement aérobie des effluents d'élevage est l'une des techniques disponibles actuellement. Ce procédé met en oeuvre les processus décrits précédemment pour le sol (nitrification/dénitrification) de façon intensive; il permet ainsi une réduction de 60 à 70% de la charge azotée des déjections. Comme pour les sols, ce type de gestion est une source potentielle de protoxyde d'azote. En effet, un travail récent (Béline, 1998) a permis de mettre en évidence ces transferts de pollution possible. Dans certaines conditions de fonctionnement des réacteurs de traitement, des fuites sous forme de  $N_2O$  allant jusqu'à 30% de l'azote total du lisier de départ ont été mesurées. Il apparaît ainsi nécessaire d'identifier des stratégies de gestion des effluents d'élevage qui permettent d'éviter ces fuites indésirables.

### 1.3. Méthane - $CH_4$

Les émissions de méthane liées aux activités d'élevage ont deux origines. On distingue d'une part, le méthane d'origine entérique (produit par la digestion de la cellulose par les ruminants) dont la production se situerait à 110 Mt de méthane par an (Sauvant, 1992) et, d'autre part, le méthane produit par la fermentation anaérobie des déjections animales. Safley et al. (1992) ont estimé à 28 Mt/an la production de méthane liée aux déjections animales, soit entre 6 et 10% des émissions totales d'origine anthropique.

Une estimation des différentes sources de méthane en Europe est présentée dans la figure 4. L'agriculture apparaît donc comme un contributeur important, notamment l'élevage bovin (ruminants).



**Figure 4 :** Principales sources d'émission de méthane en Europe (d'après Pain, 1998)

## **Facteurs influençant les émissions de méthane :**

Les quantités de méthane produites par les déjections animales sont liées aux modes de gestion des déjections. Si les déjections sont gérées en conditions aérobies au contact d'oxygène (épandages sur terres), alors la production de méthane est minime. Si les déjections sont gérées en conditions anaérobies (lagunes, stockage liquide en fosses) alors la production de méthane peut être importante.

Les conditions anaérobies se rencontrent le plus souvent dans les régions d'élevage développé. Les quantités importantes de déjections sont stockées sous les animaux avant de rejoindre des dispositifs de stockage qui engendrent des conditions anaérobies qui conduisent à la production de méthane.

Des auteurs américains (Verma et al., 1988) ont estimé que si la totalité de la production mondiale de déjections animales était décomposée en conditions anaérobies, alors plus de 150 millions de tonnes de méthane seraient ainsi produites. Cependant ces mêmes auteurs concluaient que moins de 10% de ces déjections sont réellement dégradés de façon anaérobie.

Au cours de ces dernières années, les recherches menées en France, notamment dans le cadre du programme « Agriculture et gaz à effet de serre » (AGRIGES) lancé par le Ministère de l'Environnement, ont permis de quantifier les différents flux de méthane dans l'espace rural et en fonction des pratiques agricoles.

Dans ce contexte, les travaux réalisés au Cemagref de Rennes (Martinez et al., 1995a, 1995b) ont permis de quantifier ces émissions lors du stockage des déjections animales, d'étudier les facteurs d'influence et de mettre en évidence les techniques qui permettent de réduire ces émissions. On a ainsi pu déterminer des pourcentages de carbone émis par rapport au carbone total de départ dans le lisier, qui varient entre 3% et 19% selon le type de lisier et les conditions de stockage. Les taux journaliers de méthane émis s'établissent selon les essais entre 12 et 35 g C-CH<sub>4</sub> par mètre cube de lisier et par jour. Un essai conduit pour comparer les émissions de méthane issues d'un lisier brut, d'un lisier tamisé et d'un lisier aéré, a abouti à des émissions respectives de 18,9%, 18,5% et 3,4%.

Pour des déjections gérées sous forme solide (déjections avicoles sur copeaux ou sur paille), les émissions de méthane sont très faibles (moins de 10% des émissions carbonées totales).

## **2. Techniques de réduction des émissions d'ammoniac**

Il est important de considérer les conséquences des mesures de réduction des émissions d'ammoniac dans une partie de la filière sur les autres étapes du processus de production. Ces mesures peuvent en effet entraîner des pollutions

dans d'autres compartiments de l'environnement. Ainsi les techniques de réduction lors de l'épandage sont essentielles à mettre en œuvre dans une stratégie de réduction des émissions, car sans cette approche tout l'azote ammoniacal conservé dans le bâtiment et au cours du stockage sera émis lors de l'épandage ultérieur. Les techniques d'abattement des émissions d'ammoniac ne doivent pas non plus s'accompagner de pertes plus importantes par lixiviation des nitrates vers les aquifères ou les eaux de surface, ou favoriser l'émission d'autres composés gazeux polluants tels que le protoxyde d'azote ou des gaz toxiques et/ou des mélanges de gaz dangereux.

Par ailleurs, la mise en œuvre de techniques de réduction des émissions d'ammoniac aura des effets secondaires positifs, comme par exemple la réduction des besoins en engrais chimiques. Les techniques de réduction des émissions d'ammoniac s'accompagnent également d'une diminution des odeurs émises. Ces effets secondaires doivent être pris en compte dans le calcul du coût des techniques de réduction.

## **2.1. Alimentation**

Les adaptations de la composition de l'aliment, pour une bonne adéquation aux besoins et apports de l'azote ingéré et pour réduire ainsi les quantités excrétées, peuvent s'avérer parmi les méthodes les plus pertinentes et durables. Ces méthodes permettent de réduire non seulement les émissions d'ammoniac mais également les autres formes de pollution azotée.

### **Concentration en azote dans l'urine :**

En améliorant l'efficacité de l'utilisation des protéines, on obtient une réduction de l'azote excrété par voie urinaire. Si le volume d'urine reste inchangé, une telle mesure conduit à une réduction de la concentration en urée dans l'urine. Ce qui conduit également à une diminution des émissions d'ammoniac.

Pour les porcs et les volailles l'excrétion azotée peut être envisagée par les mesures suivantes :

- amélioration de la gestion de l'exploitation en minimisant les surconsommations,
- diminution des marges de sécurité pour l'azote dans l'aliment,
- alimentation multi-phase,
- utilisation d'acides aminés de synthèse,
- amélioration de la digestibilité des aliments,
- amélioration du taux de conversion de l'aliment en produits.

## **Diminuer la formation et l'émission d'ammoniac :**

pH du lisier : le pH du lisier est influencé par sa teneur en acides gras volatils et la teneur en azote ammoniacal. Les fermentations anaérobies, qui aboutissent à la formation d'acides gras volatils, sont influencées par la nature et le niveau de fibres dans l'aliment. En diminuant le pH du lisier on réduit consécutivement les émissions d'ammoniac.

Teneur en Matière sèche des fumiers : en séchant les fumiers de volailles, l'activité microbienne est ralentie. Les stratégies d'alimentation qui permettent d'augmenter la teneur en matière sèche des déjections s'accompagnent donc d'une réduction des émissions d'ammoniac.

Les stratégies d'alimentation peuvent permettre de réduire l'azote ingéré de 10 à 25%, et ainsi de réduire les émissions d'ammoniac de 10 à 35% dans les bâtiments.

## **2.2. Bâtiment**

### **3.2.1. Bâtiments avicoles**

Les moyens de réduire les émissions d'ammoniac peuvent être distingués en fonction du stade concerné par le processus d'émission, et ainsi par :

- un ralentissement du processus de décomposition :
  - séchage, de façon générale un fumier sec émet moins d'ammoniac,
  - diminution de la température, en contrôlant les augmentations de température au delà de 20°C,
  - éviter les fermentations : cela peut être obtenu en séchant les déjections le plus rapidement possible et par un contrôle de l'ambiance,
- un ralentissement du processus d'émission à l'intérieur du bâtiment par une évacuation fréquente des déjections hors des bâtiments vers une fosse couverte : si possible quotidiennement ou bi-quotidiennement dans le cas de volailles de ponte ou de volaille de chair sur litière.

La production de chaleur au cours du stockage se produit lorsque les déjections ont des taux de matière sèche inférieurs à 50%. Pour éviter cette production de chaleur le séchage des déjections jusqu'à un taux de matières sèches de 70% est nécessaire.

Des mesures peuvent être prises pour influencer le taux de MS des déjections en fosse profonde :

- éviter les gaspillages d'eau par des systèmes d'abreuvement adaptés (pipettes et récupérateurs d'eau),
- éviter la condensation des planchers par une bonne isolation des murs,
- stimuler le brassage d'air au dessus des déjections.

Habituellement les volailles de chair (poulets, dindes etc.) sont produites dans des bâtiments en litière intégrale. Pour éviter les émissions d'ammoniac, il est important de maintenir la litière au sec.

L'émission d'ammoniac issu des déjections avicoles peut également être limitée par séchage forcé. Différents dispositifs de séchage ont été développés (Guiziou et al., 1998).

### 2.2.2. Bâtiments porcins

Les émissions d'ammoniac issu des bâtiments sont produites dans les préfosse et à partir de l'urine et du « piétinement » des déjections sur les caillebotis. Les mesures montrent que dans un bâtiment traditionnel sur caillebotis partiel deux tiers des émissions proviennent des préfosse. Le pourcentage est lié à la proportion de caillebotis par rapport à la surface en béton. Les émissions issues des préfosse peuvent être diminuées en évacuant le lisier vers un stockage extérieur ou en traitant le lisier.

Jusqu'à présent, des techniques telles que le « flushing » du lisier et les systèmes de raclage ont été étudiées. A cause de leur coût important, ces systèmes ne se sont pas généralisés. Les travaux récents se sont portés sur des techniques moins coûteuses telles que la réduction des surfaces en caillebotis, le refroidissement du lisier, l'influence des zones de défécation des animaux ou la couverture du lisier avec des fluides huileux. Il est attendu que la combinaison de ces facteurs permettra une réduction de 50% des émissions d'ammoniac.

Pour les différentes catégories d'animaux, les préconisations, soit de bien-être, soit liées à la santé des animaux aboutissent à la recommandation de caillebotis partiel et non de caillebotis intégral. Des taux de réduction compris entre 40 et 60% sont possibles pour les truies et les porcelets.

#### **Systemes de « flushing » du lisier :**

Ce système fonctionne par renouvellement fréquent du lisier (plusieurs fois par jour) avec un système de flushage liquide. Des taux de réduction, comparativement à des bâtiments en caillebotis intégral et stockage du lisier sous les caillebotis (soit environ 3 kg NH<sub>3</sub> émis par place animale et par an), de l'ordre de 55 à 70% sont observés.

Systeme HepaQ : ce système est une combinaison de flushing sous les caillebotis avec un fluide et d'épaississement de la fraction liquide du lisier. Le liquide flushé est préparé par séparation du lisier en deux phases, une phase solide-boue (13% de MS) et une phase liquide (1,5 à 6,5% de MS). La fraction liquide est acidifiée (pH 6) par ajout d'un acide organique ou inorganique tel que HNO<sub>3</sub>, HCl. Ce système permet une réduction de 70% des émissions d'ammoniac.

Flushing avec du lisier aéré (Hoeksma et al. 1992) : après séparation du lisier en une fraction liquide et une fraction solide, la fraction liquide est aérée. L'aération du lisier conduit à un liquide à faible teneur en azote ammoniacal. Le lisier aéré est acheminé vers les préfosse sous le caillebotis. Quand ce liquide et le lisier brut sont mélangés, il en résulte une diminution de la teneur en azote ammoniacal. Le lisier est régulièrement vidangé du bâtiment et l'opération se répète.

### **Systèmes en litière :**

Les porcs sont placés sur une litière (40 à 80 cm). Les surfaces piétinées sont travaillées hebdomadairement. La litière commence à composter. Bien que ce système ait suscité beaucoup d'intérêt initialement, les résultats pratiques ont été plutôt décevants à cause :

- du temps de travail nécessaire,
- de l'humidification de la litière à cause de l'absence de volatilisation,
- de problèmes d'infection,
- du coût,
- de l'augmentation des émissions de N<sub>2</sub>O (Groenestein, 1996).

### **Systèmes de purification d'air :**

Les émissions d'ammoniac peuvent être réduites de 80 à 90% en traitant l'air de ventilation. Un piégeage biologique transforme l'azote ammoniacal en nitrates. La matière organique (tourbe, substrats) est également utilisée pour purifier l'air de ventilation. Celle-ci absorbe sous forme biologique l'azote ammoniacal. Ces systèmes présentent toutefois plusieurs inconvénients :

- l'eau de recirculation devient saturée en azote et doit être gérée comme le lisier, ce qui augmente le volume de lisier à gérer de l'ordre de 40%,
- le colmatage des filtres par les poussières et le compactage de la matière organique augmentent la résistance à la ventilation. Le circuit de ventilation est perturbé et le besoin en énergie nécessaire pour vaincre la résistance est ainsi augmenté,
- le coût total s'établit à 150 à 200 F par place d'animal et par an pour un biolaveur et 200 à 250 F pour un biofiltre.

### **2.2.3. Bâtiments bovins**

Les techniques qui contrôlent la formation et les émissions d'ammoniac ou l'environnement dans lequel ces processus se déroulent sont :

- diminution de la surface piétinée par les animaux,
- adsorption de l'urine (exemple sur paille),
- élimination rapide de l'urine, séparation rapide des fèces et de l'urine,
- diminution de la vitesse d'air au dessus des déjections,
- réduction de la température couverte par les déjections.

Les différentes mesures montrent que 60% environ des émissions sont issues des surfaces en dur et des surfaces piétinées par les animaux et 40% sont issues des surfaces en caillebotis.

Les techniques suivantes ont été développées pour réduire les émissions issues des bovins :

- amélioration de la conception et de la construction des surfaces,
- flushing des aires d'exercice,
- acidification des déjections,
- bâtiments alternatifs.

En lavant le revêtement, la volatilisation de l'ammoniac est réduite à cause de la dilution de l'urine qui est ainsi évacuée. Plusieurs études ont montré que l'utilisation d'eau, de formaline et de filtrat acidifié (pH 5) permettent une réduction des émissions plus importante dans le cas de l'acide (Ogink et Kroodsma, 1996). L'eau issue de la salle de traite est utilisable pour le lavage des aires d'exercice. La quantité d'eau utilisée varie de 15 à 60 litres par vache et par jour.

L'application de ces techniques est plus grande dans les nouveaux bâtiments construits en système lisier.

Par ailleurs, certaines des mesures préconisées sont contradictoires avec les nouvelles règles de bien-être des animaux (exemple la réduction de la surface foulée par animal est bénéfique par rapport aux émissions d'ammoniac mais ne correspond pas à une amélioration du bien-être de l'animal).

### **2.3. Stockage**

Le stockage des déjections animales influence les émissions d'ammoniac. Si le lisier est stocké sous les animaux, les émissions issues de ce stockage s'ajoutent à celles issues des animaux.

Le niveau d'émission dépend des paramètres suivants :

- le type et la composition des déjections (liquides, solides),
- le temps de stockage,
- la température et la vitesse d'air,
- la dimension du stockage.

Il a été déduit de plusieurs essais que pour les pays du nord de l'Europe, environ 10% de l'azote est perdu pour 6 mois de stockage du lisier à la température de 7°C. Dans les pays du sud de l'Europe (Italie, Grèce, Portugal, Espagne), la température moyenne est supérieure. Les pertes pendant le stockage sont également supérieures et s'établissent à 20% en moyenne pour une durée de stockage de 150 jours. En France, on se situe dans un taux d'émission intermédiaire, proche de 15%.

## **Stockage sous forme de lisier :**

Au delà des bâtiments, le lisier peut être stocké dans :

- des fosses en dur (béton, métalliques, bois),
- des fosses non rigides,
- des poches à lisier,
- des lagunes.

Des émissions importantes se produisent dans les fosses ouvertes en lagunes, notamment lors des périodes d'évaporation d'eau. En passant de systèmes très ouverts en lagunes à des fosses en béton dans lesquelles la surface d'émission est réduite, les émissions d'ammoniac sont moindres.

## **Couverture :**

Les émissions de fosses extérieures peuvent être réduites en utilisant les couvertures de fosses, de type rigide : couvertures en dur, ou non rigide ; croûte naturelle, paille, etc... (Sommer et al., 1993).

On doit éviter l'accumulation de composés gazeux sous les couverts afin de prévenir les explosions ayant pour origine le mélange hydrogène sulfuré ou méthane et air. La couverture des fosses de stockage permet également de limiter les dilutions de lisier avec les eaux de pluie. Un climat chaud favorise les fermentations anaérobies et la production de biogaz (méthane) dans les stockages fermés.

Dans le but de limiter les pertes lors du remplissage des fosses, celui-ci doit intervenir par la base, ce qui permet de conserver la croûte naturelle formée en surface ainsi que d'éviter l'agitation du lisier.

L'acidification du lisier permet de réduire les émissions d'ammoniac au cours du stockage.

En fonction du type de couverture et des méthodes utilisées l'efficacité est importante (70-90%), moyenne (50-80%) ou faible (0-50%).

L'efficacité est influencée par les conditions suivantes :

- surface d'émission (diamètre des fosses),
- température (climat, saison été/hiver, cycles jour/nuit),
- vitesse d'air (cycle jour/nuit),
- niveau de remplissage,
- concentration en urée et dégradation (type de déjection et composition).

Les croûtes sont relativement efficaces dans la réduction des émissions d'ammoniac. L'agitation lors de la reprise favorise la volatilisation.

## 2.4. Epandage

Les émissions d'ammoniac émises lors de l'épandage des déjections animales peuvent être diminuées en minimisant le temps de contact entre le produit et l'air au minimum. Cela peut être mis en œuvre en utilisant des techniques à faible taux d'émission ou par l'incorporation rapide dans le sol (Sommer et Hutchings, 1995; Malgeryd, 1998). Les méthodes permettant de réduire les émissions d'ammoniac à l'épandage peuvent être classées en trois catégories :

- techniques qui modifient la composition des déjections (exemple dilution, ajout d'acides),
- les techniques qui utilisent les conditions environnementales (retournement, enfouissement),
- les techniques qui limitent la surface de contact avec l'air (exemple épandage localisé en bandes).

### **Dilution et irrigation :**

Epandage direct de lisier dilué : la teneur en azote ammoniacal est diminuée par la dilution en plus d'une réduction des émissions par une meilleure pénétration du lisier dans le sol. Si l'épandage est réalisé par aéroaspersion, le lisier est dilué juste avant l'épandage. Les résultats témoignent d'un taux de réduction allant de 0 à 82%. Cette variabilité est due au niveau de dilution et aux conditions climatiques.

L'irrigation après ou en cours d'épandage : après épandage de déjections animales, l'arrosage permet un lavage des parties aériennes en entraînant le lisier vers le sol. La pluie naturelle permet également d'avoir un effet positif sur la réduction des émissions d'ammoniac. On peut ainsi envisager d'utiliser les prévisions météorologiques, ce qui sera une mesure de moindre coût. Les résultats montrent un taux de réduction allant de 25 à 67%.

### **Additifs :**

Acidification du lisier : le pH des lisiers peut être diminué par l'ajout d'acides. L'acide ainsi ajouté doit être un acide fort et ne doit évidemment pas présenter en lui-même de risque supplémentaire pour l'environnement. L'acide nitrique est l'un des possibles mais il faut tenir compte de l'azote apporté en sus dans le calcul de la dose d'azote apportée. Les effets secondaires indésirables sont la stimulation de la dénitrification et l'augmentation de l'émission de  $N_2O$ . A cause du risque (santé) lié à l'utilisation de tels acides à l'échelle de la ferme, la manutention de ces produits doit faire l'objet d'une attention particulière.

L'acidification peut être pratiquée au cours du stockage ou avant épandage à l'aide d'une installation spécifique d'acidification. Les résultats témoignent d'un taux de réduction de l'ordre de 16 à 94% (Stevens et al., 1989; Martinez et al., 1997). Des pourcentages de réduction supérieurs à 80% peuvent être obtenus avec des  $pH < 5$ . Sous certaines conditions climatiques (température faible, pluie) ce même taux de réduction peut être atteint pour des  $pH < 5,8$ . Les données concourent à une fourchette de  $pH$  de 5-6 en fonction des conditions extérieures.

Autres additifs : l'ajout de 12% de formaldéhyde réduit les émissions d'ammoniac au cours de l'épandage. Le formaldéhyde réagit avec l'azote ammoniacal  $N-NH_4$  et fixe ainsi l'azote ammoniacal. Des taux de réduction des émissions d'ammoniac compris entre 26 et 45% sont possibles. Cependant l'utilisation de formaldéhyde peut provoquer des risques pour la santé, la sécurité et l'environnement.

### **Techniques basées sur la localisation :**

Un épandeur à rampe consiste en des tubes flexibles (5-10 cm) au-dessus du sol ou à ras du sol apportant le lisier en bandes. La distance de travail en largeur est de 12 mètres et la distance entre les bandes est de 30 cm. La largeur des bandes de lisier est de 5-10 cm. En considérant que l'épandage traditionnel couvre 100% de la surface, la surface de lisier est réduite de 67-87%. Les mesures obtenues indiquent des taux de réduction des émissions allant de 25 à 58%.

Pendillards ras du sol : l'herbe est soulevée par un pendillard et ainsi le lisier est placé entre les rangs de plantes et le sol. L'herbe recouvre ensuite les bandes de lisier localisé. Les niveaux d'émissions d'ammoniac dépendent de la hauteur des plantes et de la dose d'apport du lisier. Les résultats obtenus témoignent de possibilités de réduction de 35 à 88%. Pour une faible dose de lisier apportée et un bon enherbement la réduction des émissions est maximale. A cause de la traction requise ce type de technique n'est toutefois pas applicable en sols légers (sols de tourbe).

Enfouissement en profondeur : l'enfouissement en profondeur apporte le lisier à une profondeur de 15-20 cm dans le sol en utilisant des socles équipés de tuyaux d'arrivée du lisier. Le lisier est entièrement recouvert après injection par des roues presses ou des disques. Le risque de détérioration du sol est assez important. Les résultats montrent des taux de réduction importants des émissions d'ammoniac de l'ordre de 95 à 100%.

Des inconvénients sont liés à cette méthode, tels que :

- dans certaines conditions, les pertes par dénitrification sont plus importantes par rapport à un lisier épandu en surface, conduisant ainsi à des pertes sous forme de protoxyde d'azote ( $N_2O$ ),
- si l'épandage a lieu tard dans la saison (août), le risque de lixiviation de nitrates est élevé,
- utilisé sur certains types de sol (sols lourds argileux) l'herbe peut subir des dommages,
- tous les lisiers ne se prêtent pas à un épandage par cette technique à cause de leur viscosité et de leur taux de matières sèches.

Enfouissement superficiel : le sol est tranché moins profondément comparativement à l'enfouissement profond. Cette pénétration moindre dans le sol (5-10 cm) réduit le risque de sécheresse. Les roues referment les rainures ce qui permet au lisier d'être recouvert par le sol. Les mesures obtenues montrent des taux de réduction également de l'ordre de 95 à 100%.

## Conclusion

L'agriculture d'élevage en général et plus particulièrement les effluents d'élevage sont des sources importantes de polluants gazeux, qu'ils soient carbonés ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) ou azotés ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ).

Des recherches se sont développées pour tenter de mieux quantifier ces flux et surtout pour mieux comprendre les facteurs d'influence, sur lesquels il sera possible d'agir.

Ces travaux, notamment pour l'ammoniac permettent d'envisager des techniques de réduction qu'il sera possible de mettre en œuvre pour lutter contre ces pollutions atmosphériques.

## Bibliographie

BELINE F (1998), Etude des transferts d'azote par nitrification/dénitrification ( $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ) au cours du traitement aérobie et du stockage du lisier de porc. Essais avec  $^{15}\text{N}$ . Doc. Univ. Perpignan. Spécialité Agro-Chimie », 153 p.

ECETOC (1994), Ammonia emissions to air in Western Europe. Technical Report N° 62. Brussels, 199 p.

GENERMONT S. (1996), Modélisation de la volatilisation d'ammoniac après un épandage de lisier sur parcelle agricole. Doct. Univ. Toulouse, 331 p.

GROENESTEIN C.M., van FAASSEN H.G. (1996), Volatilization of ammonia, nitrous oxide and nitric oxide in deep-litter systems for fattening pigs. Journal of Agricultural Engineering Research, 65, p.269-274.

GUINGAND N., GRANIER R., MASSABIE P. (1997), Influence of hygrometry, temperature and air flow rate on the evolution of ammonia levels. In : « International symposium ammonia and odours emissions from animal production facilities », Vinkeloord, NLD, 6-10 october 1997. Voermans Jan A.M. and Monteny G. (eds), p.111-119.

GUIZIOU F., PEU P., GUILCHER C. (1998), Bilan de performances d'un séchoir de fientes de volaille de ponte. Rapport de fin de contrat Euromatic système, 24 p.

HARTUNG J., PHILLIPS V.R. (1994), Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. Journal of Agricultural Engineering Research 57, p.173-189.

HOEKSMAN P., VERDOES N., OOSTHOEJ J., VOERMANS J.A.M. (1992), Reduction of ammonia volatilization from pig houses using aerated slurry as recirculation liquid. *Livestock Production Sciences*. 31, p.121-132.

MALGERYD J. 1998. Technical measures to reduce ammonia losses after spreading of animal manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, p.51-57.

MARTINEZ J., GUIZIOU F., GUEUTIER V. (1995a), Emissions de méthane au cours du stockage des déjections animales. In « Agriculture et gaz à effet de serre ». A. Perrier (ed). Dossier de l'Environnement de l'INRA n°10. Paris : INRA, p.17-22.

MARTINEZ J., GUIZIOU F., GUEUTIER V. (1995b), Emissions de méthane au cours du stockage des déjections animales. rapport de fin de contrat, Programme ECLAT, Subvention Ministère de l'Environnement n° 93028 et contrat INRA-Cemagref n° 2710A, 50 p.

MOAL J.F., MARTINEZ J., GUIZIOU F., COSTE C.M. (1995), Ammonia volatilization following surface-applied pig and cattle slurry in France. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 125, p.245-252.

MARTINEZ J., JOLIVET J., GUIZIOU F., LANGELOIRE G. (1997), Ammonia emissions from pig slurries : evaluation of acidification and the use of additives in reducing losses. In : « International symposium ammonia and odours emissions from animal production facilities », Vinkeloord, NLD, 6-10 october 1997. Voermans Jan A.M. and Monteny G. (eds), p.485-492.

OGINK N.W.M., KROODSMA W. (1996), Reduction of ammonia emission from a cow cubicle house by flushing with water or a formalin solution. *Journal of Agricultural Engineering Research* 63, p.197-204.

PAIN B.F. (1998), Gaseous pollutants from organic waste use in agriculture. In « Proceedings of the 8th International Conference on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture », RAMIRAN'98, Rennes, France, p.26-29 May 1998, Martinez J. (ed), Cemagref Editions. (sous presse).

SAFLEY L.M., CASADA M.E., WOODBURY J.W., ROOS K.F. (1992), Global methane emissions from livestock and poultry manure. United States Environmental Protection Agency. Report n° 400/1-91/048.

SOMMER S.G., CHRISTENSEN B.T., NIELSEN N.E., SCHJORRING J.K. (1993), Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry: effect of surface cover. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 121, p.63-71.

SOMMER S.G., HUTCHINGS N. (1995), Techniques and strategies for the reduction of ammonia emission from agriculture. *Water, Air and Soil Pollution* 85, p.237-248.

STEVENS R.J., LAUGHLIN R.J. & FROST J.P. (1989), Effect of acidification with sulphuric acid on the volatilization of ammonia from cow and pig slurries. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 113, p.389-395.

VERMA S.B., BRITTON R.A., JANSON et coll. (1988), Center for bio-atmospheric studies of trace gas dynamics. University of Nebraska, Lincoln, NE 68583. Proposal submitted to the National Science Foundation.

# Nuisances olfactives : de la porcherie à l'épandage

*Odour emissions : from the pig unit to slurry spreading*

**Nadine Guingand**

Institut Technique du Porc

Domaine de la Motte au Vicomte - BP 3 - 35651 LE RHEU

Tel. : 02 99 60 98 20 - Fax : 02 99 60 93 55

E-mail : nadine.guingand@itp.asso.fr

## **Résumé**

Depuis quelques années, le problème des nuisances olfactives potentiellement émises par les élevages porcins sont à l'origine d'un nombre croissant de conflits entre proche voisinage et éleveurs de porcs. Des caractéristiques liées à la production mais aussi à des migrations de populations sont à la base de l'émergence récente de ce phénomène ancien. Si, au départ, les plaintes portaient essentiellement sur les odeurs émises au moment de l'épandage, on assiste maintenant à de nouvelles inquiétudes concernant les émissions liées au bâtiment d'élevage et au stockage. L'objectif de cet article est de faire le point d'une manière synthétique sur les données actuellement disponibles en terme de valeurs d'émission mais aussi d'aborder rapidement les solutions de réduction envisageables.

## **Abstract**

*The odour problem could limit the future expansion and maintenance of pig units in some areas in France. In the past, the main objections were based on the smells produced during and after slurry spreading. Nowadays, conflict between pig farmers and people living in the surrounding area has increased considerably as a result of odours emitted by piggeries and pit storage. The aim of this paper is to describe sources and locations of odour emissions in order to have a general survey of the problem and the technical issues to solve it.*

**Mots-clés** : porcs - odeurs - bâtiment - stockage - épandage

**Keywords** : pigs - odours - building - storage - spreading

# Introduction

Le problème des nuisances olfactives associées à la production porcine revêt depuis quelques années une importance croissante. Dans certaines zones, particulièrement où la densité d'élevages est faible, de nombreux projets d'installations et/ou d'extension d'élevages déjà existants soulèvent des inquiétudes, des protestations voire des oppositions radicales de la part du proche voisinage.

Quels sont les phénomènes qui peuvent expliquer cette évolution du comportement ; quelles sont les sources du problème et, surtout, comment le résoudre ?

## 1. Evolution récente d'un phénomène ancien

Le porc ne sent pas plus mauvais que jadis mais le contexte de la production porcine a changé. Ces modifications portent bien évidemment sur les élevages et les techniques employées, mais aussi sur l'environnement géographique et sociologique de ces unités de production.

L'augmentation de la taille des élevages, l'apparition des lisiers au dépens du fumier ainsi que l'évolution de la législation des installations classées ont conduit les éleveurs de porcs à rechercher de plus en plus de terres pour l'épandage mécanisé des déjections. Dans le même temps, l'attrait de la vie « à la campagne » motive une fraction croissante de la population non agricole à s'éloigner des grandes agglomérations pour s'installer dans des zones originellement rurales où l'activité agricole est prédominante. La combinaison de ces deux phénomènes aboutit à un rapprochement physique des zones d'activité agricole des zones habitées par une population d'origine non agricole. Cette occupation commune de l'espace se passe très bien dans la majorité des cas. Malheureusement, dans certaines situations, la cohabitation aboutit à une situation de blocage voire de conflit, principalement liés à des problèmes d'odeurs. Les contestations émises par le proche voisinage ont, elles aussi, évolué. Il ne s'agit plus exclusivement d'émissions odorantes liées à l'épandage des déjections mais plus particulièrement des odeurs émises par les bâtiments d'élevage et les installations de stockage des lisiers.

## 2. Sources et localisations des odeurs émises par un élevage porcin

En élevage porcin, deux sources d'odeurs peuvent être identifiées : l'animal et les déjections. Les odeurs liées à l'animal sont nommées « odeurs corporelles » et se subdivisent en quatre sous-groupes : l'odeur spécifique du porc, les odeurs sexuelles, les odeurs dues au régime alimentaire et les phéromones. Ces deux sources potentielles d'odeurs, animal et déjections, génèrent trois localisations spécifiques : le bâtiment qui abrite à la fois les animaux et leurs déjections quelque soit le type de sol (caillebotis ou litière), les unités de stockage du lisier à l'extérieur des bâtiments et les parcelles d'épandage.

Le mélange des odeurs liées aux porcs et celles des déjections nous conduisent donc à parler des odeurs de porcherie et non pas d'une odeur unique qu'il serait alors aisée de caractériser.

D'une manière générale, une odeur est définie comme un mélange d'un grand nombre de molécules organiques ou minérales volatiles ayant des propriétés physico-chimiques très différentes (Le Cloirec et al., 1991). Une odeur peut se caractériser par sa nature spécifique (qualité de l'odeur), par la sensation agréable ou désagréable qu'elle provoque (acceptabilité de l'odeur) et par son intensité.

Dans le cas très particulier de la production porcine, il est donc indispensable d'analyser étape par étape chacune des localisations des émissions d'odeurs pour tenter de les caractériser. Si on se tient au cadre très général de la définition d'une odeur - mélange d'un grand nombre de molécules - il semble logique d'aborder la caractérisation des odeurs par la voie des analyses physico-chimiques. Les paragraphes suivants nous montreront que la situation très particulière de la production porcine nous oblige à modifier cette approche. L'émission d'odeurs, quelque soit la localisation, est le résultat de la volatilisation dans l'atmosphère de composants chimiques liée à un contact plus ou moins long entre l'air et la ou les sources productrices d'odeurs.

## **2.1 Les odeurs émises par les bâtiments d'élevage**

De nombreuses équipes de chercheurs se sont attachées à identifier les différents composants responsables des odeurs de porcheries ; on compte actuellement plus de 130 composés chimiques différents identifiés dont 30 avec un seuil de détection inférieur ou égal à  $0.001 \text{ mg/m}^3$  (O'Neil et Phillips, 1992), c'est-à-dire un niveau de concentration très faible pour une odeur détectable. Les niveaux de concentration des composants odorants dans l'air extrait des porcheries sont très faibles et parfois inférieurs aux seuils de détection permis par les techniques d'analyse. L'étude menée par l'ITP (Guingand et Granier, 1996) sur la caractérisation de l'air extrait d'une porcherie d'engraissement le confirme (tableau 1).

A l'exception de l'ammoniac, les composants identifiés ont des concentrations de l'ordre du  $\mu\text{g/m}^3$ , soit 1000 fois moins que l'ammoniac. Cette multitude de composants rend complexe la caractérisation des odeurs par la seule voie chimique. Pour mesurer une gêne olfactive et donc mesurer une ou des odeurs, on utilise plus communément l'olfactométrie. Cette technique permet de déterminer le facteur de dilution au seuil de perception, c'est-à-dire plus simplement le niveau de dilution à opérer sur de l'air odorant pour que 50 % du jury ne détecte plus d'odeur(s). Les différentes dilutions air odorant/air de dilution sont présentées à un jury sélectionné qui dans des conditions de prélèvement et d'analyses régies par des normes (AFNOR NF X 43-101 et 43-104, 1986) permettront de déterminer le facteur de dilution au seuil de perception. A partir de cette valeur et du débit de ventilation mesurée à l'extraction des porcheries, on détermine un débit d'odeur exprimé en unités odeurs par mètre cube.

Composés identifiés	Concentrations mesurées (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>Composés soufrés réduits</i> ( $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{CH}_3\text{SH}$ , Autres)	non détectés
<i>Composés azotés</i>	
Ammoniac	13200
Indol	<35
Scatol	<35
<i>Aldéhydes et cétones</i>	
Acétaldéhyde	36
Propionaldéhyde	<2
Valéraldéhyde	22
Hexanal	14
Heptanal	41
Acétone	11
<i>Acides gras volatils</i>	<15
<i>Phénols et crésols</i>	<1.3

**Tableau 1** : Caractérisation physico-chimique de l'air extrait d'une porcherie d'engraissement (lisier stocké en préfosse - 85 jours - débit :  $37.5 \text{ m}^3/\text{h/p}$ )

La synthèse de plusieurs études basées sur la mesure d'odeurs par olfactométrie nous permet de donner des intervalles de valeurs par stade physiologique (tableau 2). Ces variations sont liées à des techniques d'élevage différentes : conception des bâtiments, alimentation et caractéristiques des déjections, différentes selon les stades mais aussi intra-stade avec des facteurs prédominants comme la saison et donc, directement, le débit de ventilation.

Stade	Emission d'odeurs (u.o./s/p) <sup>1</sup>
Gestantes	10 à 15
Maternité	30 à 40
Post-sevrage	3 à 10
Engraissement	5 à 30

<sup>1</sup> unité odeur par seconde et par porc

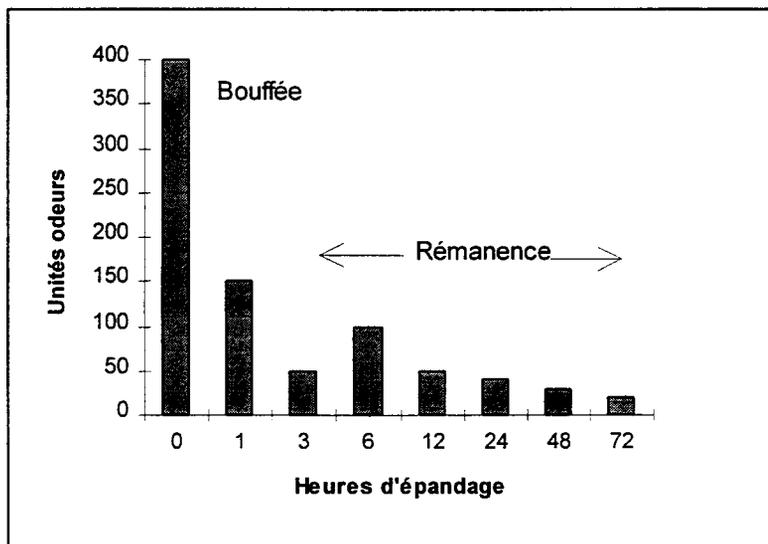
**Tableau 2** : Intervalles moyens représentant les émissions d'odeurs en fonction du stade physiologique - Synthèse de résultats (Klarenbeek et al., 1982 - Verdoes et Ogink, 1997, Guingand et Granier, 1996)

## 2.2 Les odeurs émises pendant le stockage

Peu d'études ont à ce jour porté sur les émissions d'odeurs pendant le stockage du lisier en fosses extérieures. Les résultats actuellement disponibles donnent des émissions comprises entre 200 et 1500 unités odeurs. Comme pour les bâtiments, l'amplitude de variations des valeurs annoncées s'explique de par différents paramètres techniques liées à la fosse (volume de stockage et relation hauteur/surface, mode de remplissage...) mais aussi par des paramètres climatiques (température, vitesse et orientation des vents).

## 2.3 Les odeurs émises à l'épandage

La cinétique des odeurs à l'épandage est caractérisée par deux phases distinctes : une émission importante d'odeurs au moment de l'épandage mais qui ne dure que pendant cette période : on parle alors de « bouffée d'odeurs à l'épandage ». L'émission d'odeurs décroît alors très rapidement dans les heures qui suivent puis une deuxième phase se met en place avec une reprise de l'émission ; on parle de « rémanence des odeurs après épandage » (figure 1).



**Figure 1 :** Emission d'odeurs pendant l'épandage et dans les heures qui suivent (Pain et Klarenbeek, 1988)

Différents facteurs interviennent sur l'émission d'odeurs à l'épandage : le type de déjections, les conditions climatiques (température, vitesse et orientation du vent), le matériel d'épandage, la quantité de lisier épandu, la surface réceptrice. Ces éléments sont déterminants dans le choix des techniques de réduction des émissions d'odeurs à l'épandage qui seront abordées dans le chapitre suivant.

### **3. Aperçu de quelques voies de réduction des nuisances olfactives**

#### **3.1 Au niveau du bâtiment**

Deux approches sont envisageables :

- agir à l'intérieur du bâtiment pour limiter l'émission d'odeurs avant l'extraction de l'air,
- traiter l'air extrait des bâtiments.

A l'intérieur des bâtiments, la réduction de la production d'odeurs peut s'envisager d'une part en modifiant la gestion du lisier dans le bâtiment. Il s'agit principalement de limiter la durée de séjour du lisier dans le préfosse sous les animaux. Une étude menée par l'ITP a montré que l'évacuation ponctuelle du lisier d'une salle d'engraissement permettait une réduction de plus de 50 % du débit d'odeur par rapport à une salle témoin où le lisier était stocké (Guinand et Granier, 1996). Une nouvelle étude menée par l'ITP est actuellement en cours pour déterminer l'influence du rythme de vidange sur l'émission d'odeurs par un bâtiment d'engraissement.

Le type de sol peut apparaître comme une autre voie de réduction des odeurs émises par les bâtiments. Certaines études néerlandaises montrent que la mise en place de caillebotis partiel permettrait de réduire de 25 à 50 % l'émission d'odeurs par rapport à du caillebotis total (Klarenbeek et al., 1985) en raison de la réduction de la surface de contact lisier/air ambiant.

L'élevage de porcs sur litière permettrait de même de réduire de 50 % les émissions d'odeurs par rapport à du caillebotis partiel (Healy, 1996). Cependant, l'auteur précise qu'une mauvaise gestion de la litière, particulièrement des quantités de paille insuffisante par animal, aboutissent à des valeurs équivalentes à celles obtenues sur caillebotis intégral.

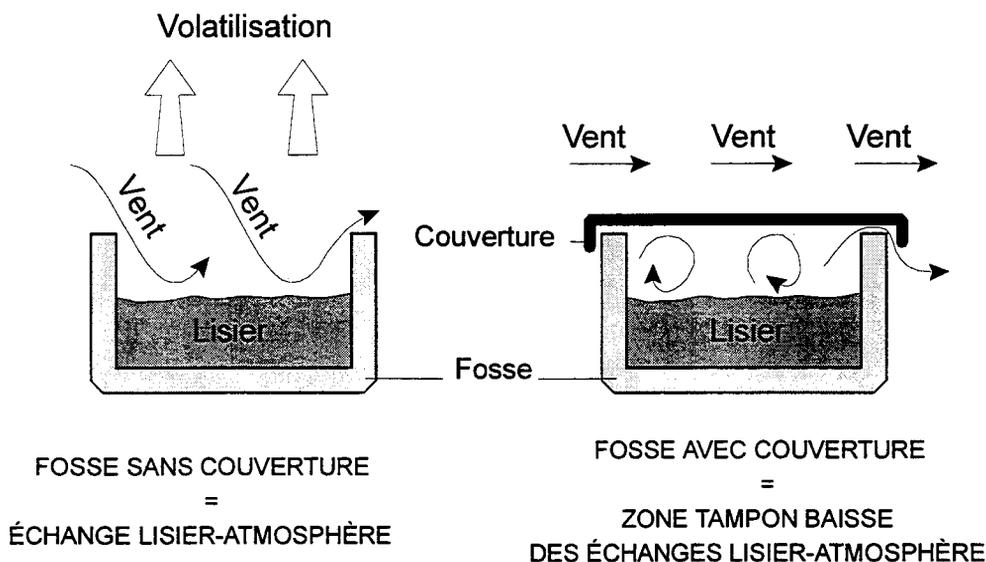
Malgré l'absence d'études sur ce sujet, on peut s'interroger sur l'influence d'autres paramètres de conduite d'élevages sur l'émission d'odeurs : positionnement des systèmes d'entrée et de sortie d'air, configuration des préfosses, conduite alimentaire....

Une deuxième approche dans la réduction des odeurs est le traitement de l'air extrait des bâtiments d'élevage. Cette approche ne peut s'appliquer que dans le cadre d'une extraction centralisée de l'air de toutes les salles. Biofiltres, lavage d'air par voie humide, charbon actif permettent de réduire les odeurs dans des proportions variant entre 40 et 90 %. Si l'efficacité de ces techniques apparaît prometteuse, elles présentent malheureusement deux inconvénients majeurs : d'une part leurs coûts trop élevés (entre 50 et 100 F par porc) et, d'autre part, elles nécessitent une maintenance importante.

### 3.2 Pendant le stockage

La voie principale de réduction des odeurs émises pendant le stockage des déjections consiste à couvrir les fosses extérieures. Le principe même de la couverture est de limiter le contact entre le lisier et l'atmosphère (figure 2).

Dans le cas d'une fosse extérieure non couverte, la surface du lisier est en contact permanent avec l'air. Le lisier est alors soumis aux variations des conditions climatiques (température, précipitation, vent). Contrairement aux lisiers de bovins généralement plus pailleux, la formation d'une croûte à la surface du lisier est un processus lent : les échanges gazeux à l'interface lisier-air sont donc favorisés. Avec une couverture de fosses, la volatilisation des composants odorants est en partie maîtrisée. La réduction des odeurs émises par une fosse de stockage couverte varie selon les cas de 60 à 90 % (Mannebeck, 1985).



**Figure 2 :** Influence de la couverture d'une fosse sur les échanges lisier-air (ITP, 1998)

La majorité des couvertures de fosses actuellement proposées aux éleveurs sont en PVC avec un traitement anti-UV. Dans certaines régions proches des bords de mer, il est recommandé d'opter pour un traitement anti-brouillard salin. La structure de soutien peut être soit un poteau central soit des poteaux de support extérieurs à la fosse.

La mise en place de couverture sur les fosses de stockage extérieures présente d'autres avantages comme la réduction de la dilution du lisier par les eaux de pluie ainsi que la quasi-absence de volatilisation de l'ammoniac dans l'atmosphère, d'où une valeur fertilisante supérieure.

### 3.3 Lors de l'épandage

Le choix du matériel d'épandage représente une voie efficace de réduction des odeurs à l'épandage. D'une manière simplifiée, on peut dire que les odeurs émises à l'épandage proviennent du contact plus ou moins important du lisier avec l'air.

Trois paramètres peuvent être alors considérés : l'éclatement du lisier en gouttelette, la quantité de lisier qui reste à la surface du sol après épandage, et le temps de contact entre le lisier et l'air. Ainsi, selon le type de matériel utilisé, on agira plus ou moins nettement sur chacun de ces trois paramètres et par voie de conséquence sur l'émission d'odeurs - bouffée et rémanence (figure 1).

L'utilisation de rampe à pendillards représente un premier pas vers la réduction des odeurs à l'épandage. Même si actuellement aucune donnée issue d'étude comparative sur ce sujet n'existe, on peut supposer de par son principe (dépôt au niveau du sol - faible pression de sortie) que l'utilisation d'une rampe à pendillard permet de limiter l'éclatement du lisier en fines gouttelettes et donc de réduire la surface de contact entre le lisier et l'air à la sortie de la tonne. Ainsi, le niveau de la bouffée d'odeurs à l'épandage doit être réduit.

De plus, ce système présente d'autres avantages : égalité des débits pour chacune des sorties avec ainsi maîtrise de la largeur d'épandage par rapport à un système buse-palette, faible poids relatif de l'équipement qui permet un passage sur prairies et sur cultures sans altération des parcelles.

L'injection du lisier dans le sol par l'utilisation d'enfouisseurs - sur prairies et sur cultures - permet de réduire considérablement l'émission d'odeurs au moment de l'épandage (bouffée). Le temps et la surface de contact entre le lisier et l'air étant réduits au maximum, le phénomène de rémanence d'odeurs après épandage disparaît presque totalement.

## Conclusion

Dans les élevages porcins, les odeurs peuvent être potentiellement émises par l'animal et les déjections au niveau du bâtiment, de la fosse de stockage extérieure et pendant l'épandage. Ces émissions odorantes peuvent générer des nuisances vis-à-vis du proche voisinage. Différentes voies sont envisageables pour réduire les odeurs au niveau du bâtiment, de la fosse et de l'épandage. Alors que la couverture des fosses et le choix d'un matériel d'épandage adapté devraient permettre de réduire de façon considérable les émissions d'odeurs, le cas du bâtiment reste complexe et peu de solutions, particulièrement au niveau des filières de traitement, apparaissent comme applicables en pratique.

Ainsi, l'étude de l'influence de certaines techniques d'élevages sur la production d'odeurs apparaît comme une voie d'avenir à explorer en terme de réduction des nuisances olfactives émises par les bâtiments et c'est pourquoi l'ITP poursuit ses investigations dans ce domaine.

## Bibliographie

- AFNOR NF X 43-101 (1986), Méthode de mesurage de l'odeur d'un effluent gazeux, détermination du facteur de dilution au seuil de perception, *Qualité de l'air* tome 2 Environnement, p.253-271
- AFNOR NF X 43-104 (1990), Atmosphères odorante, méthodes de prélèvement, *Qualité de l'air*. tome 2 Environnement, p.272-282
- GUINGAND N., GRANIER R. (1996), Etudes de filières de désodorisation de l'air extrait de porcherie d'engraissement, p.217-224
- HEALY A. (1996), Contribution à l'étude comparative des nuisances olfactives émanant des élevages de porcs sur lisier ou sur litière biomaitrisée, *Thèse pour le Doctorat Vétérinaire*, ENVA, 90 p.
- ITP (1998), Odeurs et environnement - cas de la production porcine, *Edition ITP*, 120 p.
- KLARENBECK J.V., JONGREBREUR A.A., BEUMER S.C.C. (1982), Odour emission in pig fattening sheds, *IMAG Report 48*, Wageningen
- LE CLOIREC P., FANLO J.L., DEGORCE-DUMAS J.R. (1991), *Traitement des odeurs et désodorisation industrielle*, Innovation 128, 267 p.
- MANNEBECK H. (1985), Covering manure storing tanks to control odours, *Odour prevention and control of organic sludge and livestock farming*, Elsevier Applied Science Publishers, p.188-193
- O'NEIL D.H., PHILLIPS V.R. (1992), A review of the control of odour nuisance from livestock buildings, Part 3, Properties of the odorous substances which has been identified in livestock wastes or in the air around them, *J.Agric.Engng.Res.*,53, p.23-50.
- PAIN B.F., KLARENBECK J.V. (1988), Anglo-dutch experiments on odour and ammonia emissions from landspreading livestock wastes, *IMAG-DLO, Research Report 88.2*, 36 p.
- VERDOES N., OGINK N.W.M. (1997), Odour emission from pig houses with low emission, *Ammoniac and odour control from production facilities*, Vinkeloord, The Netherlands, october 6-10, p.317-325.



# Épuration des effluents porcins par épandage : efficacité et prise en compte de l'évolution des effluents au cours du stockage

*Purification of liquid pig manure by landspreading : efficiency and effect of wastes evolution during storage*

**Jean Claude GERMON, Yves COUTON, Laurent SENEZ**

INRA, CMSE, Laboratoire de Microbiologie des Sols

17 rue Sully, 21034 Dijon Cedex

Tel. : 03 80 69 30 91 - Fax : 03 80 69 32 24

E-mail : germon@dijon.inra.fr

## Résumé

Le sol présente des capacités épuratrices intéressantes mais limitées pour la gestion des effluents d'élevage ; les épandages visent à ce que ces capacités ne soient pas dépassées. L'intensification de l'élevage conduit à repenser le traitement des effluents et à ne considérer l'épandage que comme une étape des filières de traitement qui peuvent être mises en place. La présentation met l'accent sur les différents mécanismes épuratoires qui peuvent se développer au cours du stockage des lisiers : séparation des matières particulaires, production de méthane par fermentations anaérobies, décantation en bassins permettant de récupérer séparément la majorité du phosphore, du cuivre et du zinc. La prise en compte de cette évolution avant épandage, tout comme la mise en place de toute autre méthode de traitement, est indispensable à la bonne gestion de l'épandage de l'effluent liquide.

## Abstract

*Soil has interesting but limited purifying properties concerning the animal wastes management and landspreading has to be limited in order to avoid that these capacities are not oversaturated. Animal farming intensification induces a reexamining of waste treatment ; landspreading has to be considered only as a step of the different channels of treatment that can be developed. The presentation underlines the different purifying mechanisms which can occur during liquid manure storage ; separation of particulate materials, methane production by anaerobic fermentations, decantation in lagoons allowing a separated recovering of the major part of phosphorus, copper and zinc. Taking this evolution into account before landspreading, as all other method of treatment, is a necessity for a satisfying management of the liquid effluent landspreading.*

**Mots clés** : sol , épandage, effluents d'élevage, pouvoir épurateur, stockage, décantation, azote, phosphore, cuivre, zinc, méthane

**Key words** : soil, landspreading, animal wastes, purifying capacity, storage, decantation, nitrogen, phosphorus, copper, zinc, methane

## Introduction

Les déjections animales sont une source importante d'amendements organiques et d'éléments fertilisants disponibles pour l'agriculture. Au niveau du territoire français, les bovins sont les premiers « producteurs » avec 156 Mt<sup>1</sup> de fumier et 64 Mt de lisier ; ils sont suivis par les porcins avec 21 Mt de lisier, les ovins avec 15 Mt de fumier et les volailles avec 2 Mt de fumier et 5 Mt de lisier (Théobald, communication personnelle). D'après les estimations de l'ADEME (Théobald, 1997) les quantités d'éléments fertilisants contenus dans ces effluents sont respectivement de 1 473 000 t d'azote, 845 000 t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et de 1 752 000 t de K<sub>2</sub>O (tableau 1). Les lisiers de porcherie ne constituent qu'une faible part de ces déchets ; les problèmes posés par leur gestion résultent de la très forte concentration des élevages.

Types de déjection	Quantités d'éléments fertilisants mobilisables (t/an)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fumiers de bovins	860 000	407 000	1 125 000
" " ovins	100 000	63 000	168 000
" " caprins	10 000	8 000	9 000
" " chevaux	35 000	14 000	39 000
" " volailles	60 000	60 000	41 000
Lisiers de bovins	258 000	129 000	322 000
" " porcins	116 000	116 000	51 000
" " volailles	32 000	45 000	26 000
" " lapins	2 000	3 000	1 500
Total disponible	1 473 000	845 000	1 752 500

**Tableau 1** : Quantités d'éléments fertilisants contenus dans les déjections animales au niveau du territoire français (Théobald, 1997 ; d'après Leroy, 1994).

La production porcine en France, comme dans d'autres pays de l'Union Européenne a fortement cru au cours des deux dernières décennies ; la production de viande porcine est passée de 1,5 Mtec<sup>2</sup> en 1980 à 2,2 Mtec en 1997 ce qui correspond à 25,8 Millions de porcs produits au cours de cette année : cette production a atteint près de 27 Millions d'animaux en 1998 (SCEES, Ministère de

<sup>1</sup> Mt : Millions de tonnes

<sup>2</sup> Mtec : Millions de tonnes équivalents carcasses

l'Agriculture). Elle est fortement concentrée dans l'Ouest de la France ; la Bretagne regroupe à elle seule 56% du cheptel recensé en 1997 (46% en 1985) entraînant une production de près de 12 Mt de lisier. Dans le même temps le nombre des élevages s'est réduit et leur taille moyenne s'est fortement accrue : ce nombre est passé de 319 000 en 1979 à 90 000 en 1995, tandis que dans le même temps les élevages de plus de 1000 porcs passaient de 1000 à 4300 ; ceux ci assurent maintenant 55% de la production française.

Pour tenter d'enrayer les pollutions et les nuisances consécutives aux épandages en excès la législation a dû être vigoureusement renforcée. De façon globale, cette législation vise à ce que « la capacité d'épuration des sols ne soit pas dépassée compte tenu de tous les apports sur les terres concernées et des exportations par les cultures »<sup>3</sup>. Ainsi l'arrêté du 29 mars 1995 du ministère de l'Environnement (J.O. du 30 avril 1995), relatif aux élevages relevant de la loi de 1976 sur les installations classées, se propose<sup>4</sup> de limiter la quantité d'azote apportée à 170 kg/ha/an pour les nouvelles installations dans les zones d'excédent structurel. Le décret du 4 mars 1996 (Directive Nitrates ; J.O. du 5 mars 1996) relatif aux programmes d'action à mettre en oeuvre pour la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole sur l'ensemble du territoire national, fixe à 210 kg/ha/an la limite des quantités d'azote susceptibles d'être épandues dans les zones vulnérables, y compris par les animaux eux-mêmes, au terme du premier programme quadriennal<sup>5</sup>, et à 170 kg/ha/an la limite à atteindre à l'issue du programme quadriennal suivant. Par ailleurs l'arrêté du 23 décembre 1996 (J.O. du 11 janvier 1997) qui fixe les modalités de calcul des redevances et des primes pour les usages non domestiques de l'eau, fait référence aux exploitations d'élevage et mentionne les éléments qui doivent être pris en compte : principalement les matières oxydables<sup>6</sup> (DCO et DBO5) et l'azote réduit. Ce texte fait apparaître une exigence « d'équilibre agronomique effectif sur chacune des parcelles utilisées pour l'épandage et cela simultanément pour chacun des paramètres agronomiques significatifs (N, P, K...) ». Autrement dit l'épandage doit être géré en fonction du premier élément qui peut être apporté en excès.

Face à la nécessité de rétablir et de préserver la qualité de l'environnement et à la réglementation de plus en plus restrictive, les éleveurs n'ont d'autre issue que la pratique d'épandages parfaitement maîtrisés ou la mise en place d'installations de traitement adaptées, l'épandage pouvant alors servir de traitement de finition. Dans cette perspective, il importe donc de rappeler les connaissances sur les capacités

---

<sup>3</sup> Comme le mentionne notamment le décret du 12 juin 1996 (J.O. du 19 juin 1996) concernant les épandages des exploitations agricoles ne relevant pas de la législation sur les installations classées.

<sup>4</sup> Cet arrêté a été abrogé en Conseil d'Etat ; son contenu devrait être modifié. Sa philosophie générale ne semble pas devoir être remise en cause.

<sup>5</sup> Qui se termine en octobre 2000.

<sup>6</sup> DCO : Demande Chimique en Oxygène ; DBO<sub>5</sub> : Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.

épuratrices du sol vis à vis de ces effluents, dans une logique de définition de leurs limites, de façon à préciser d'une part les quantités qui peuvent être supportées et d'autre part les risques encourus en terme de qualités des sols et des eaux (Germon, 1997). Cependant, l'épandage peut n'être que l'une des étapes du processus de traitement ; les effluents d'élevage sont généralement soumis à un stockage préalable plus ou moins long au cours duquel ils peuvent évoluer et être l'objet de transformations qui contribuent aux processus épuratoires. La caractérisation de cette évolution apparaît indispensable à la bonne gestion de l'épandage.

## 1. L'évolution des effluents avant épandage

Le stockage des lisiers avant épandage peut durer plusieurs mois ; l'évolution de leur composition est illustrée par les résultats tirés de l'analyse du fonctionnement d'une installation existante en Bourgogne (tableaux 2 et 3), dans un élevage dont la production est équivalente à près de 11 000 porcs charcutiers par an.

Dans cette installation le lisier produit subit un tamisage avant d'être stocké pendant 4 à 6 mois dans deux lagunes en série, non aérées, de 3000 m<sup>2</sup> chacune et 2 m de profondeur (Senez et al., 1997 et 1998). Le liquide surnageant des lagunes est épandu sur les cultures au printemps et au besoin sur les chaumes à l'automne à l'aide d'une rampe d'aspersion à pandillards, ce qui évite la production d'aérosols. Le sédiment recueilli en fond de lagune est repris en partie chaque année et épandu à l'aide d'une tonne à lisier. On a ainsi une ébauche de filière de traitement à la ferme dont les effets sur les différents constituants du lisier peuvent être pris en compte dans une perspective d'optimisation de l'épuration et de rationalisation de l'épandage.

	DCO	N	P	K	Cu	Zn
Rejet par les animaux (1)		45,5 t				
Perte sous les animaux (2)		4,9 t				
Rejet en sortie de la porcherie (3)	643 t	40,6 t	14,2 t	15,5 t	328,4 kg	821 kg
Rétention par tamisage (4)	181 t	2,2 t	1,3 t		25,4 kg	85 kg
Décantation dans la lagune (5)	205 t	6,3 t	11,6 t		271 kg	670 kg
Elimination dans la lagune (6)	181 t	7,6 t				
Rejet en sortie de lagune vers l'épandage (7)	76 t	24,5 t	1,3 t		32 kg	66 kg
Ratio (7) / (1) ou (7) / (3)	11,8 %	53,8 %	9,1 %		9,7 %	8 %

**Tableau 2 :** Exemple d'évolution de la charge polluante du lisier de porc avant épandage dans une exploitation utilisant un tamisage centrifuge et un stockage en lagune non aérée (d'après Senez et al, 1997).

	Matières sèches	DCO	Cendres	N Total	P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Zn
	g/l			g/kg matière sèche							
Février 1996	256,2	117,5	167,3	27,9	42,4	29,0	21,7	4,1	1,3	2,0	3,8
Juillet 1996	231,1	117,2	145,2	37,9	69,7	50,4	25,2	5,7	1,5	1,8	5,3
Valeurs moyennes	243,6	117,3	156,2	32,9	56,0	39,7	23,4	4,9	1,4	1,9	4,5

**Tableau 3** : Composition des sédiments dans une lagune de stockage de lisier à 2 dates d'échantillonnage et valeurs moyennes (d'après Senez et al, 1997).

### 1.1. La matière organique

La mise en place d'un système de séparation des produits particuliers avant la mise en lagune est un moyen de diminuer la charge organique en suspension, ce qui permet de réduire fortement la production d'odeurs nauséabondes au cours du stockage et de faciliter ensuite l'épandage par aspersion. Dans le cas présent, 28% de la matière organique est ainsi retenue par un tamis centrifuge équipé d'une grille à mailles de 100  $\mu\text{m}$  (matériel Demoisy, 21 100, Beaune) : 1014 t de refus de tamis sont ainsi récupérées chaque année, correspondant à 249 t de matière sèche, et sont compostées sur place, sans production marquée d'odeur ; elles sont reprises aisément et épandues à l'épandeur à fumier.

Au cours de l'évolution en lagune, une fraction importante de la matière organique décante et constitue un sédiment à l'aspect noirâtre, au caractère réduit fortement marqué, qui doit être évacué par aspiration ou au godet mécanique. Ce produit qui contient 32 % de la matière organique rejetée par les animaux peut être disposé sur un lit de séchage pour être repris ensuite sous une forme de produit séché ; son évolution en anaérobiose conduit à un produit stabilisé dont le séchage apparaît relativement aisé (Senez et al, 1999).

Au cours du stockage une partie de la matière organique est dégradée et conduit à la formation d'un mélange de gaz carbonique et de méthane. La formation de méthane est la conséquence des fermentations anaérobies dans les systèmes non aérés. Dans le cas étudié, le bilan carboné permet d'estimer la fraction éliminée sous forme gazeuse à 28 % de la charge organique rejetée. Les mesures de gaz dégagés et les bilans carbonés permettent d'estimer l'émission de méthane à 40 à 60 t/an à partir de la première lagune, soit de l'ordre de 3,6 à 5,5 Kg de CH<sub>4</sub> par porc produit. Ces observations nous conduisent à penser que les installations de stockage des lisiers, qui sont en général non aérées, sont de ce fait des installations productrices de méthane qui contribuent à l'accentuation de l'effet de serre (Germon, 1998). Si ces données étaient extrapolables, une production de 4kg

de méthane par porc produit correspondrait à une émission annuelle au cours du stockage de l'ordre de 100 000 t de méthane par l'élevage porcin français. Dans l'installation étudiée, la mise en place de deux sous-lagunes de 400 m<sup>2</sup> chacune en tête de la première lagune, destinées à favoriser la décantation des matières organiques, montre que l'essentiel de cette production de méthane s'effectue au cours des deux à trois premières semaines de stockage et doit pouvoir être récupéré dans un but de valorisation énergétique, afin de permettre d'éliminer cette pollution atmosphérique (Senez et al, 1999).

La fraction de la matière organique restant dans la phase liquide envoyée à l'épandage par aspersion peut donc ne représenter finalement qu'une faible fraction de la charge organique initiale ; dans le cas étudié, elle n'est que de 12%. Cette fraction contient les composés les moins facilement biodégradables pour lesquels l'épandage peut être assimilé à un traitement de finition.

## **1.2. Les transformations de l'azote**

Au cours du stockage les produits azotés excrétés par les animaux peuvent subir diverses transformations qui conduisent à n'envoyer à l'épandage qu'une partie du rejet initial. Ainsi notre bilan (tableau 2) fait ressortir que seulement un peu plus de la moitié (54%) de l'azote excrété par les animaux est épandu avec le surnageant liquide issu de la lagune de stockage. Le suivi au cours des différentes phases permet de localiser et d'évaluer les principales pertes.

Un peu plus de 10% est perdu dans la fosse de collecte sous les animaux, vraisemblablement par volatilisation d'ammoniac ; 5% sont retenus avec le refus de tamisage, principalement dans la phase liquide résiduelle. Près de 14% sont retenus dans les produits de décantation du bassin et sont épandus avec eux ; cette fraction doit donc être comptabilisée dans les plans d'épandage.

Le bilan fait ressortir une disparition de près de 17% au cours du stockage en lagune, sans que le mécanisme d'élimination ait été clairement identifié : il peut s'agir du couplage de la nitrification et de la dénitrification dans la phase liquide, mais le caractère très anoxique de la lagune limite vraisemblablement la mise en place de la nitrification et donc la possibilité d'une élimination par la dénitrification qui pourrait suivre ; le principal mécanisme de perte serait alors la volatilisation d'ammoniac.

Afin de limiter la charge azotée à épandre, des installations de traitement se développent actuellement, dont le fonctionnement repose sur la mise en place de phases de nitrification et de dénitrification par des aérations intermittentes dans les installations de stockage. Il importe actuellement de faire un bilan précis des transformations de l'azote dans ces installations pour s'assurer d'une part de l'absence de volatilisation d'ammoniac, et d'autre part de la non production de N<sub>2</sub>O au cours des transformations de l'azote. Ce gaz est un polluant atmosphérique encore plus nocif que la méthane et les risques de production en cas de transformations de l'azote mal maîtrisées sont importants (Béline, 1998).

### 1.3. Les éléments minéraux

Le potassium, comme le sodium, est très soluble; il n'est pas retenu par le tamisage, ne décante pas et se retrouve principalement dans la phase liquide épandue.

Le bilan réalisé sur le fonctionnement de nos lagunes montre que dans le cas présent le phosphore, le cuivre et le zinc suivent une évolution remarquablement semblable : environ 9% sont retenus avec les produits de tamisage et 82% décantent dans la lagune, la fraction épandue avec la phase liquide ne représentant que 9% des produits rejetés.

Le caractère fortement décantable de ces éléments conduit à deux remarques :

- la décantation devrait permettre de récupérer sélectivement ces trois éléments dans un produit concentré qui pourrait être transporté et géré séparément de la phase liquide ; la possibilité mentionnée précédemment de sécher ce produit sur lit, peut permettre une telle gestion. On devrait pouvoir ainsi réduire les nuisances liées aux doses excessives de ces éléments sur les terres voisines des élevages.

	Valeurs limites pour les boues (mg/kg)	Valeurs limites pour les sols (mg/kg)
Cadmium	20	2
Chrome	1000	150
Cuivre	1000	100
Mercure	10	1
Nickel	200	50
Plomb	800	100
Zinc	3000	300
Chrome + Cuivre + Nickel + Zinc	4000	

**Tableau 4 :** Valeurs limites des concentrations des boues de traitement des eaux usées (en mg/kg de matière sèche) et valeurs limites des concentrations des sols utilisés pour l'épandage (en mg/kg de sol) en éléments traces pris en compte (arrêté du MATE du 8 janvier 1998). La réglementation française interdit l'épandage des boues dont la teneur en l'un des éléments excède la valeur limite, et l'utilisation, pour l'épandage, de sol dont la teneur en un élément serait supérieure au seuil indiqué.

- cependant le caractère co-décantable des trois éléments est un obstacle à la valorisation de ces produits de décantation : la récupération d'un produit riche en matière organique et en éléments fertilisants pourrait conduire à la production d'un amendement fertilisant intéressant pour l'agriculture contenant 35% de matière organique, 3,3% d'azote, 5,6% de P, 0,5% de K et 2,4% de Mg (tableau 3). Cependant, en respectant les règles en vigueur pour l'épandage des boues résiduelles urbaines, on constate que les concentrations en cuivre et zinc dépassent largement les valeurs limites acceptables pour l'épandage (tableau 4), et que ces sédiments sont au delà des limites de ce qui est toléré en épandage sur les terres agricoles. On retrouve ici une préoccupation très forte rappelée depuis plus de 20 ans par Coppenet et al. (1993), à savoir qu'il est impératif de trouver des moyens de réduire très fortement les apports de cuivre et de zinc dans les rations alimentaires.

## **2. L'évolution dans le sol des produits épandus**

Les produits apportés sur le sol par les lisiers vont être soumis aux transformations qui constituent le pouvoir épurateur du sol (Germon, 1985, 1997) ; une partie est détruite par les mécanismes d'oxydation biologiques et conduit à la formation de produits minéraux, une autre va être entraînée par les eaux qui lessivent le sol, une dernière fraction va s'accumuler sous forme de produits plus ou moins transformés qui peuvent éventuellement altérer les propriétés du sol. On peut globalement distinguer à nouveau les mêmes composés que précédemment.

### **2.1. L'épuration des matières organiques**

L'efficacité de l'épuration des produits organiques par le sol est rarement limitée par les caractéristiques intrinsèques de la microflore du sol et dépend plutôt de deux types de paramètres : les caractéristiques physiques et physico-chimiques du sol d'une part et la composition des matières organiques d'autre part.

En effet, la microflore du sol est en général suffisamment abondante et active pour assurer la décomposition des matières organiques issues de produits végétaux qui sont épandues couramment. Lorsque l'on apporte au sol des produits qu'il n'est pas accoutumé à recevoir, la microflore finit par s'adapter plus ou moins rapidement et une activité de dégradation apparaît. Les situations où les produits organiques apportés au sol ne se dégradent pas sont plutôt rares et constituent alors des situations qui posent problème pour la gestion de l'environnement.

La capacité de la microflore à oxyder la matière organique dépend largement des caractéristiques de renouvellement de l'atmosphère du sol et principalement de sa porosité libre à l'air. La capacité d'échange du complexe argilo-humique et la capacité de rétention d'eau conditionnent les vitesses de transfert et donc le temps de contact entre les éléments apportés et la microflore du sol principalement localisée dans les horizons de surface. On trouve dans la littérature des vitesses de

minéralisation indiquant que sous nos climats la microflore du sol peut biodégrader sans difficulté plusieurs centaines de kg/ha/jour de matières organiques communes (Germon, 1985, Boyle et Paul, 1989, Atallah et al, 1995) sans que les limites de ces capacités de biodégradation soient clairement définies.

L'une des raisons de la difficulté à donner des limites de capacités épuratrices du sol découle de ce que la composition des matières organiques a aussi un rôle déterminant sur leur plus ou moins grande biodégradabilité. On souligne très souvent le rôle déterminant de la disponibilité en azote, ou du rapport C/N, sur la dégradation des produits carbonés : dans le cas présent il importe de souligner les faibles rapports C/N des lisiers (entre 5 et 10) indiquant que l'azote n'est pas un facteur limitant. Par contre la biodégradabilité des produits carbonés peut varier avec la durée de stockage des lisiers, au cours duquel les matières les plus facilement biodégradables sont transformées en premier. Ainsi lors du passage en lagune (tableau 5) nous observons un fort abattement de la DCO ; cet abaissement se poursuit lors du passage du lisier laguné sur un filtre bactérien, sans descendre en dessous d'une valeur de l'ordre de 1g/l dans la situation étudiée, correspondant aux composés organiques peu biodégradable, que les traiteurs d'eau appellent le résidu de carbone dur.

	DCO (mg/l)
- Sortie de la Porcherie	
- effluent brut	38 120
- fraction soluble	8 160
- Entrée de la lagune (après tamisage)	
- effluent brut	28 020
- fraction soluble	8 160
- Sortie de la lagune (Effluent brut) <sup>(1)</sup>	3 875
- Sortie du filtre bactérien <sup>(2)</sup> (Effluent brut) <sup>(1)</sup>	1 285

**Tableau 5 :** Evolution de la charge organique du lisier au cours de différentes étapes de traitement avant épandage (d'après Senez et al., 1997) ; <sup>(1)</sup> la DCO de l'effluent brut en sortie de lagune et du filtre bactérien est constituée essentiellement de produits solubles ; <sup>(2)</sup> : le filtre bactérien est un type de lit bactérien aéré.

Cependant lors de l'épandage ce carbone résiduel est retenu par le sol et disparaît de la phase liquide ; il est vraisemblablement adsorbé puis soumis à une lente biodégradation. Ceci est illustré par le bilan carboné réalisé par Martinez et Hao (1996) sur leur dispositif d'épandage intensif Solepur (tableau 6) sur un sol

limoneux de Bretagne, sur lequel l'efficacité mesurée pour l'élimination des produits carbonés est supérieure à 99,9%. A ce niveau l'épandage apparaît donc comme un mode de traitement efficace pour l'élimination de ces composés peu biodégradables.

Paramètres (mg / l)	Lisier brut épandu	Lessivats récoltés
Matière Sèche Totale	66 000	5
Carbone Total	27 600	15
DCO	76 000	50
DBO5	22 700	3

**Tableau 6 :** Charge organique moyenne des lisiers épandus et des lessivats récoltés dans le dispositif d'épandage intensif Solepur soumis pendant 3 ans à une charge organique annuelle de 80 t DCO / ha (Martinez et Hao, 1996).

De façon générale, les apports organiques par les épandages de lisiers restent modérés par rapport aux stocks organiques des sols et sont fortement biodégradés : ils ne contribuent pratiquement pas au renouvellement du stock humique du sol, pas plus qu'ils ne permettent de ralentir les phénomènes de déstockage de la matière organique (Coppenet, 1985). Ce n'est que lorsqu'ils sont appliqués en large excès que l'on peut observer une accumulation significative de matière organique, comme c'est le cas avec le système Solepur (Fardeau et Martinez, 1996).

## 2.2. L'épuration de l'azote

L'azote épandu est considéré comme épuré par le sol s'il est repris et exporté par la végétation, immobilisé dans les constituants humiques ou transformé en azote gazeux inerte par la microflore dénitrifiante. Il est une source de nuisance s'il conduit à une production de nitrates en excès ou à la formation de composés gazeux actifs tels que l'ammoniac ou les oxydes d'azote.

Les expérimentations agronomiques tendant à définir la disponibilité de l'azote des lisiers dans le cadre d'apports compatibles avec les besoins de la végétation, ont conduit à considérer que l'efficacité de cet azote ne correspondait qu'à 50 à 60% de l'azote total apporté, soit globalement à la fraction ammoniacale du lisier épandu (Coppenet, 1985).

Des travaux conduits en laboratoire sur la formation de nitrates à partir de sol enrichis en lisier ont conforté globalement cette dernière assertion (Germon et al, 1979). Cependant cette estimation globale passe sous silence, ou intègre de fait, les pertes souvent mises en cause dans les épandages.

En effet lors de l'épandage de lisier une part importante de l'azote peut être volatilisée sous forme d'ammoniac ; sur un épandage réalisé en mars sur un sol de Bretagne, Genermont (1996) a mesuré une volatilisation de 69 kg N/ha en 10 jours pour un apport initial de 114 kg d'azote sous forme ammoniacale ; un tel taux de pertes (60%) n'est pas exceptionnel mais n'est pas non plus une règle générale. Cette volatilisation dépend fortement des conditions physiques ambiantes lors de l'épandage (humidité et pH du sol, température... ) et peut être fortement réduite par l'enfouissement du lisier (tableau 7).

Source d'azote	Traitement	Profondeur	Réduction <sup>(1)</sup> (%)
Lisier	Application en bandes		20 à 30
	Enfouissement au cultivateur	1 à 30 cm	40 à 60
	au cover crop		79 à 88
	par un labour		90
	Injection	3 à 34 cm	75 à 98
Fumier	Enfouissement		70

**Tableau 7 :** Effet de différentes techniques d'enfouissement sur la réduction de la volatilisation d'ammoniac lors de l'épandage d'effluents d'élevage (Genermont, 1996) ; <sup>(1)</sup> : réduction en % de la volatilisation mesurée lors d'épandage sur la surface du sol.

Par ailleurs il est important de rappeler qu'une forte proportion de l'azote ainsi émis revient sur le sol ou la végétation dans un périmètre restreint autour du lieu d'émission : 30 à 50% dans un rayon de 2 km (Cellier et al, 1997).

Mécanismes	kg N /ha et % <sup>(1)</sup>
Volatilisation	38 (34,5)
Immobilisation	29 (26,4)
Nitrification	42 (38,2)
suivie de Dénitrification	22 (20)

**Tableau 8 :** Evolution au champ de 110 kg d'azote ammoniacal marqué au <sup>15</sup>N, apporté par un lisier, sur un sol limoneux de Bretagne, entre décembre 1990 et février 1991 (d'après Morvan et al, 1996) ;

<sup>(1)</sup> : % de l'azote ammoniacal apporté.

L'azote qui reste dans le sol va s'intégrer aux différentes transformations microbiennes qui vont régler sa disponibilité. L'importance de la fraction ammoniacale fait que l'azote des lisiers évolue, au moins dans un premier temps, aussi rapidement que l'azote des fertilisants minéraux.

Dans un travail au champ réalisé à l'aide d'azote ammoniacal marqué, Morvan et al (1996) calculent que parallèlement à la volatilisation d'un tiers de l'azote ammoniacal apporté dans les 2 semaines qui suivent l'épandage, un peu plus d'un quart est immobilisé en un mois dans le stock organique par les transformations microbiennes dont une partie (20%) est reminéralisée le mois suivant. Le reste de l'azote ammoniacal apporté est nitrifié (tableau 8). A cette formation d'azote nitrique au cours du mois qui suit l'épandage il faut ajouter celle issue de la minéralisation de la fraction organique du lisier.

Parallèlement une part significative du nitrate formé peut être dénitrifiée en produits gazeux (Hénault et Germon, 1995). Les pertes par ce dernier mécanisme sont estimées à 20% de l'apport ammoniacal initial dans la même étude. De telles pertes sont fréquemment mentionnées sous épandages de lisier qui réunissent souvent les conditions favorables à leur mise en place : apport de matières organiques facilement biodégradables sur des sols humides, contenant de l'azote nitrique à des périodes où la température est supérieure à 10°C.

L'ordre de grandeur du niveau des pertes indiqué ici est en accord avec d'autres estimations de la littérature qui indiquent que ces pertes sont nettement plus importantes qu'avec des fertilisants minéraux (Loro et al , 1997; Thomson, 1989). Parallèlement à ces pertes, la dénitrification peut générer du protoxyde d'azote, gaz à puissant effet de serre dont il importe de réduire les émissions.

Traitement	Quantité d'azote apportée	Azote dénitrifié	Emissions de N <sub>2</sub> O
Témoins	0	2,3	0,6
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	225	3,2	4,8
Lisier liquide	450	29,5	8,1
Fumier	600	115,0	26,5

**Tableau 9** : Evaluation des pertes d'azote par dénitrification et des émissions de N<sub>2</sub>O dans un sol de l'Ontario (Canada) en 49 jours après épandage (kg N/ha ; d'après Loro et al, 1997)

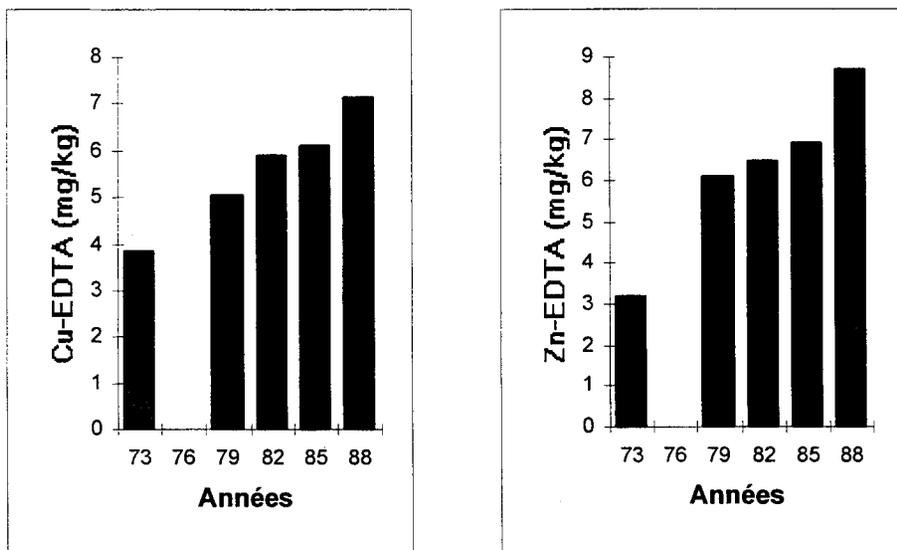
### 2.3. Le devenir des éléments minéraux

Dès 1974 Coppenet avait souligné que les épandages en excès des lisiers posaient non seulement des problèmes de lessivage de nitrates, mais aussi d'accumulation d'éléments minéraux : les phosphates, mais surtout le cuivre et le zinc dont il soulignait les éventuelles propriétés phytotoxiques.

Le suivi de 1973 à 1988 des teneurs en P, K, Cu et Zn sur 190 parcelles du Finistère recevant en moyenne une charge de lisier de 70 m<sup>3</sup>/ha/an a confirmé ce qu'il avait avancé : sur ces 15 années les augmentations moyennes annuelles en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (méthode Dyer), Cu et Zn (extraction EDTA) ont été respectivement de 28, 0,22 et 0,37 ppm ; les concentrations atteignent des niveaux de 750, 7 et 8 ppm. Pour le phosphore, ce niveau est 3 fois supérieur au niveau recherché pour satisfaire les besoins de la végétation.

Pour le cuivre et le zinc le délai d'atteinte du niveau phytotoxique estimé alors à 120 ppm pour la somme des deux éléments est de l'ordre du siècle.

Pour le potassium, l'accumulation se manifeste mais tend vers une valeur limite de 400 mg/kg, valeur qui dépend des caractéristiques physico-chimiques du sol, ce qui laisse entendre que le potassium en excès ira se fixer sur le complexe absorbant des horizons plus profonds, dont la capacité d'échange n'est pas saturée.



**Figure 1 :** Evolution entre 1973 et 1988 de la teneur moyenne en Cu-EDTA et en Zn-EDTA des sols enquêtés dans des exploitations d'élevages intensifs du Finistère. (d'après Coppenet et al, 1993)

Cette accumulation des éléments minéraux se produit dans un premier temps essentiellement dans l'horizon de surface.

Cependant si la capacité d'adsorption ou de rétention venait à être dépassée, les horizons sous-jacents pourraient s'enrichir à leur tour, comme cela a été observé dans les horizons du sol du système Solepur (tableau 10).

Profondeur	Sol Témoins	Solepur
0-20 cm	100	1115
20-40 cm	55	513
40-60 cm	4,3	42

**Tableau 10** : Concentrations moyennes en phosphore extractible (mg/kg de sol ; méthode Dyer) dans les horizons des parcelles soumises à un apport intensif de lisier pendant 4 ans (système Solepur) et dans les horizons de la parcelle témoins (Fardeau et Martinez, 1996).

Cette accumulation a plusieurs conséquences :

- elle peut à terme produire des perturbations physiologiques sur les végétaux. Pour le cuivre et le zinc la régularité de l'accroissement indique une accumulation stable de ces métaux susceptibles de pénaliser durablement les sols dans lesquels ils se sont accumulés. Même si le temps laisse une marge de manœuvre appréciable, il importe de s'interroger sur l'opportunité de laisser se développer de telles accumulations sans chercher d'alternative.

- elle augmente les risques de contamination de l'environnement, notamment par les composés phosphatés. L'eutrophisation des eaux de surfaces et des milieux marins côtiers est la conséquence des entraînements de phosphates par les eaux de ruissellement et les particules de sol : plus le sol de surface est riche en phosphore et plus ces risques d'entraînement sont élevés. Nous avons vu cependant que si l'on pouvait gérer séparément les sédiments des installations de stockage des lisiers, on aurait un moyen de réduire très fortement ces épandages de phosphore.

- elle conduit à la modification de la composition des eaux qui percolent. En plus des nitrates, on observe une augmentation de la charge en cations de la solution du sol (tableau 11) avec un effet plus marqué pour les plus solubles : K et Na. Dans ce cas la teneur en potassium est supérieure à la limite de 10 mg/l retenue par les directives européennes (Burton, 1997).

	K	Ca	Mg	Na
Témoins	1,8	1,2	0,52	2,3
Solepur	25,7	2,5	1,5	4

**Tableau 11** : Concentrations de la solution du sol (mg/l) dans l'horizon 40-60 cm, dans une parcelle témoins et une parcelle soumise à un épandage très intensif de lisier pendant 3 ans (Système Solepur ; d'après Fardeau et Martinez, 1996).

## 2.4. Le devenir des microorganismes pathogènes

Par rapport aux problèmes posés par l'entraînement d'azote ou l'accumulation des éléments minéraux, les problèmes du devenir des agents pathogènes passent souvent au second plan. Cependant, même si les capacités épuratrices du sol vis à vis des agents pathogènes sont reconnues et si les lois d'évolution des populations microbiennes introduites dans le sol suivent des modèles classiques (Germon, 1998), la nécessité de la vigilance demeure forte. Humbert (1997) rappelle notamment les risques de contaminations, soulignant que les lisiers sont plus contaminants que les fumiers, que le stockage est un moyen d'abattement efficace de la microflore pathogène (deux fosses successives sont plus efficaces qu'une grande), et que l'épandage sur terre labourable entraîne moins de risque de contamination des animaux que l'épandage sur prairie. Par ailleurs, l'utilisation fréquente et pas toujours bien maîtrisée des antibiotiques en élevage d'une part et la dissémination observée de microorganismes résistants aux antibiotiques d'autre part sont la source d'interrogations qui ne peuvent être évacuées à la légère.

## Conclusion

En conclusion, les producteurs de porcs, et de façon plus générale l'ensemble des éleveurs, sont confrontés aujourd'hui à la nécessité de réduire très fortement les nuisances engendrées par l'intensification de leur production. Différents scénarios sont envisageables et doivent être examinés en fonction des réalités économiques, en prenant le recul nécessaire par rapport à la période de crise actuelle. Il peut être tentant de penser qu'une remise en cause des modèles intensifs peut conduire à régler les problèmes environnementaux, en les rendant plus supportables par un effet de dilution dans l'espace. Cependant, les marges de progrès en matière de gestion des effluents en systèmes intensifs demeurent importantes, comme a pu le montrer par ailleurs J.C. Simon (1995) dans l'élevage laitier. Il est vraisemblable que c'est dans cette voie qu'il convient de progresser, car l'intensification maîtrisée va de paire avec une technicité nécessaire pour gérer de façon satisfaisante ces problèmes d'effluents.

Le sol présente des capacités épuratrices réelles pour une partie des éléments contenus dans les lisiers : les produits carbonés, une partie de l'azote et des éléments recyclables par la végétation. Ces capacités ont leurs limites et on doit veiller à ce que le sol ne stocke pas des éléments fertilisants en excès (N, P, K) ou des éléments néfastes pour la végétation (Cu, Zn), dont l'accumulation ne peut être que problématique à échéance plus ou moins rapprochée. Si les problèmes d'environnement se posent aujourd'hui avec autant d'acuité, c'est que la capacité épuratrice des sols est largement dépassée et que les efforts pour gérer de façon écologiquement satisfaisante les effluents en excès n'ont pas conduit à des solutions économiques viables.

Il apparaît cependant que l'utilisation de l'épandage pour éliminer la charge polluante, et valoriser les éléments fertilisants qui peuvent l'être, doit être repensée dans le cadre de filières de traitement adaptées à ces effluents et prenant en compte les différents éléments qu'ils contiennent.

Les travaux que nous avons conduits nous montrent :

- que les techniques de séparation de phase permettent de récupérer une fraction solide facilement compostable et transportable, et diminuent fortement les émissions d'odeurs liées aux fermentations anaérobies.

- que les possibilités de décantation naturelle, dans des fosses ou des lagunes correctement dimensionnées, sont à explorer plus intensivement : nous avons démontré que nous avons là un moyen de récupérer la majeure partie des produits phosphatés et une partie de l'azote sous forme organique. Ces produits de décantation, après un temps de stockage suffisant pour assurer leur stabilité, apparaissent desséchables sur lits et doivent pouvoir être facilement conditionnés. Leur valorisation est dépendante de leurs teneurs en cuivre et en zinc.

- que l'évolution au cours du stockage conduit à des dégagements de méthane qui doivent être récupérés et que les transformations de l'azote doivent être prises en compte pour éviter les pollutions azotées gazeuses.

- que l'épandage de la phase liquide, après un stockage suffisant, peut être fait avec une grande précision avec des dispositifs d'irrigation adaptés. Mais un épandage par de tels dispositifs nécessite de disposer d'une installation d'irrigation et d'un parcellaire regroupé, ce qui n'est pas le cas dans beaucoup de situations.

Ces différentes considérations ne font que souligner que la gestion des élevages doit intégrer beaucoup plus que par le passé le traitement indispensable des effluents. La limitation de la taille des élevages en fonction des quantités de produits rejetés, plutôt que du nombre d'animaux produits, ramenées aux surfaces disponibles va dans le sens de ce qu'il convient de faire, à condition de vérifier qu'il n'existe pas par ailleurs de transfert de pollution.

## Bibliographie

T. ATALLAH, F. ANDREUX, T. CHONE, F. GRAS (1995), Effect of storage and composting on the properties and degradability of cattle manure. *Agriculture, ecosystems and Environment*, 54, p.203-213.

F. BELINE (1998), Etude des transferts d'azote par nitrification/dénitrification ( $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $NH_3$ ) au cours du traitement aérobie et du stockage du lisier de porc. Essais avec  $^{15}N$ . Thèse Université de Perpignan, spécialité: Agrochimie, 153 p.

C.H. BURTON (1997), Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. Lister & Durling Prs, Flitwick, Bedford, UK, 181 p.

P. CELLIER, J.C. GERMON, C. HENault, S. GENERMONT (1997), Les émissions d'ammoniac ( $NH_3$ ) et d'oxydes d'azote ( $NO_x$  et  $N_2O$ ) par les sols cultivés. *In* G. Lemaire et B. Nicolardot, Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes, Les colloques de l'INRA, 83, INRA ed, Paris.

M. COPPENET, J. GOLVEN, J.C. SIMON, L. LE CORRE, M. LE ROY (1993), Evolution chimique des sols en exploitations d'élevage intensif: exemple du Finistère. *Agronomie*, 13, p.17-83.

M. COPPENET (1985), Bilan des éléments fertilisants dans les exploitations d'élevage. Application à une fertilisation raisonnée. *Techniques Agricoles*, 1315, 12 p.

M. COPPENET (1974), L'épandage du lisier de porcherie. Ses conséquences agronomiques. *Ann. Agro.* 25, p.403-423.

J.C. FARDEAU, J. MARTINEZ (1996) Epandages de lisiers : conséquence sur le phosphore biodisponible et sur la concentration de quelques cations dans la solution du sol. *agronomie*, 16, p.153-166.

J.C. GERMON, J.J. GIRAUD, R. CHAUSSOD, C. DUTHION (1979), Nitrogen mineralisation and nitrification of pig slurry added to soil in laboratory conditions. *In* "Modelling Nitrogen from Farm Wastes", J.K.R. Gasser ed., App. Sci. Publ., London, p 170-174.

J.C. GERMON (1985), Le sol, un système épurateur efficace s'il est bien géré. *Revue du Palais de la Découverte*, 14, p.19-41.

J.C. GERMON (1997), Pouvoir épurateur du sol vis à vis des effluents porcins. *In* Environnement et production porcine, Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine, p.149-160.

J.C. GERMON (1998), Les fonctions épuratrices du sol et leurs limites. *In* P. Stengel & S. Gelin, « Le sol interface fragile », ed INRA, p.197-201.

J.C. GERMON (1998), Le rôle régulateur du sol dans le changement climatique. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 35, p.43-50

C. HENAULT, J.C. GERMON (1995), Quantification de la dénitrification et des émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) par les sols. *agronomie*, 15, p.321-355.

F. HUMBERT (1997), Devenir des microorganismes dans le sol et l'eau. *In Environnement et production porcine*, Association Française de Médecine Vétérinaire Porcine, p.161-170.

P.J. LORO, D.W. BERGSTROM, E.G. BEAUCHAMP (1997), Intensity and duration of denitrification following application of manure and fertilizer to soil. *J. Environ. Qual.*, 26, p.706-713.

T. MORVAN, P. LETERME, B. MARY (1996), Quantification des flux d'azote consécutifs à un épandage de lisier de porc sur triticale en automne par marquage isotopique <sup>15</sup>N. *agronomie*, 16, p.541-552.

L. SENEZ, Y. COUTON, J.P. LEMIERE, J.C. COQUILLE, J.C. GERMON (1997), Etude d'une filière de traitement du lisier à la ferme comportant un dispositif pilote d'épuration de l'azote. *Rapport ADEME*, Angers, 44 p.

L. SENEZ, Y. COUTON, C. DEVROE, O. THEOBALD, J.C. GERMON (1997), Bilan du fonctionnement d'une filière de traitement du lisier à la ferme intégrant un dispositif pilote d'élimination de l'azote. *Journées Rech. Porcine en France*, 29, p.627-634.

L. SENEZ, Y. COUTON, J.P. LEMIERE, C. DEVROE, J.C. COQUILLE, J.C. GERMON (1998), Liquid pig manure in a farm plant : Fate of polluting elements before and during storage in a shallow lagoon. *Proceedings of Ramiran'98*, « Management strategies for organic waste use in agriculture », *FAO Network on recycling of agricultural municipal and industrial residues in agriculture*, Rennes, 26-29 mai 1998.

L. SENEZ, Y. COUTON, J.P. LEMIERE, J.C. COQUILLE, J.C. GERMON (1999), Bilan de fonctionnement d'une installation de traitement du lisier de porc à la ferme intégrant un système de nitrification-dénitrification. *Rapport ADEME*.

J.C. SIMON (1995), Bilan des éléments minéraux dans les exploitations d'élevage. *Techniques Agricoles*, 1315, 14 p.

O. THEOBALD (1997), Recyclage des éléments nutritifs issus de déchets et de sous produits en agriculture : perspectives et contraintes. *Document ADEME*, Angers, Fr, 8 p.

R.B. THOMSON (1989), Denitrification in slurry-treated soil : occurrence at low temperatures, relationships with soil nitrate and reduction by nitrification inhibitors. *Soil Biol. Biochem.*, 21, p.875-882.

**Remerciements : ce travail n'aurait pu être réalisé sans le soutien financier de l'ADEME (Conventions de Recherche 9575007 et 9775021) et du Conseil Régional de Bourgogne (Contrat de Recherche 975112A6).**

# Maîtrise des pollutions de l'eau : réduction à la source par une meilleure alimentation des porcs

*Control of water pollution : preventive reduction through a better feeding of pigs*

**Jean-Yves Dourmad**

INRA - Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles, France

E-mail : [dourmad@st-gilles.rennes.inra.fr](mailto:dourmad@st-gilles.rennes.inra.fr)

## Résumé

Dans les conditions habituelles d'alimentation, environ les 2/3 de l'azote et du phosphore consommés par les porcs se retrouvent dans les déjections. Il est possible en améliorant l'alimentation de réduire l'importance de la fraction excrétée, tout en maintenant un niveau élevé de performances. Un aliment adapté à chaque stade physiologique et un meilleur ajustement de l'équilibre en acides aminés, constituent deux méthodes complémentaires et efficaces pour réduire l'excrétion azotée des animaux. Une réduction de 15 à 25% des rejets d'azote dans le lisier et des émanations d'ammoniac dans l'atmosphère peut ainsi être envisagée, sans augmentation importante du coût alimentaire. Une réduction équivalente des rejets de phosphore peut également être obtenue en utilisant des sources de phosphore plus digestibles ou en incorporant des phytases dans l'aliment.

## Abstract

*In the usual feeding conditions, about 2/3 of the nitrogen and the phosphorus consumed by the pigs are excreted. It is possible through the improvement of feeding to reduce the excretion whilst maintaining high technical performances. A better adaptation of the diets to each physiological or growing stage, and the improvement of protein quality are two complementary approaches for reducing N excretion. With these cumulative beneficial effects, it may be expected that N output in the slurry and in the atmosphere can be reduced by 15 to 25%, through better feeding management, without any important increase in feed cost. Similar improvements can also be reached for phosphorus with the use of more digestible P sources or through the use of phytase.*

**Mots Clés** : porc, azote, phosphore, pollution, alimentation

**Keywords** : pigs, nitrogen, phosphorus, pollution, nutrition

# Introduction

L'élimination des déjections animales constitue un problème crucial dans plusieurs régions européennes à forte densité de production, en raison des risques de pollution des eaux par les nitrates et les phosphates, et de l'air par les émanations d'ammoniac. Les techniques de traitement visant à l'épuration totale ou partielle des effluents ont été étudiées (Coillard et Texier, 1994), mais leur développement reste encore limité, en raison des coûts élevés d'investissement et de fonctionnement.

Des mesures préventives de diminution des rejets sont également proposées. Il s'agit de réduire les pertes nutritionnelles, en améliorant l'efficacité d'utilisation des protéines alimentaires et du phosphore par les animaux (Dourmad et Henry, 1995; Dourmad, 1997). Les nouvelles références proposées par le CORPEN<sup>1</sup> en 1996 tiennent compte des possibilités offertes par ces approches préventives.

## 1. Origine et voies d'excrétion de l'azote et du phosphore

L'azote excrété correspond à la part d'azote alimentaire qui n'est pas retenue par l'animal sous la forme de protéines corporelles (porc en croissance) ou exportée dans le lait (troupe en lactation).

On peut ainsi distinguer deux composantes principales :

- la fraction azotée non digérée et éliminée dans les fèces (principalement sous la forme de protéines végétales et bactériennes). L'importance relative de cette fraction par rapport à la quantité ingérée dépend essentiellement de la digestibilité des protéines du régime et donc des matières premières qui le constituent.
- la fraction excrétée dans l'urine, en grande partie sous la forme d'urée. Elle est issue de l'oxydation (principalement dans le foie) des acides aminés non utilisés pour la synthèse protéique. L'importance de cette fraction dépend à la fois de la bonne adéquation qualitative et quantitative de l'apport de protéines aux besoins de l'animal.

Si l'on considère le porc à l'engrais, ce dernier, dans les conditions habituelles d'alimentation, excrète en moyenne l'équivalent de 15 à 20% de l'azote ingéré par voie fécale et 45 à 50% par voie urinaire, soit au total environ 60 à 70% de la quantité ingérée. Les fractions azotées excrétées dans les fèces (fraction solide) et l'urine (fraction liquide) représentent alors respectivement un peu moins de 1/3 et un peu plus de 2/3 des rejets totaux.

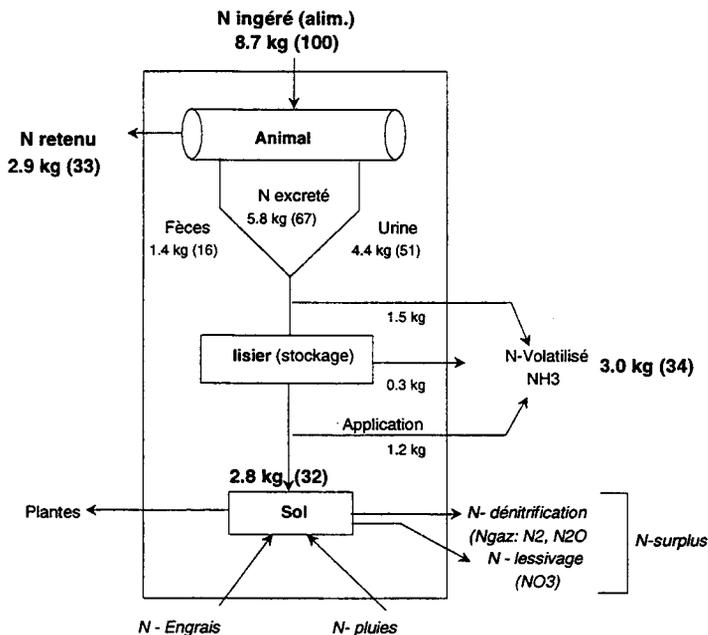
---

<sup>1</sup> CORPEN : Comité d'Orientation pour la Réduction de la Pollution des Eaux par les Nitrates, les phosphates et les produits phytosanitaires provenant des activités agricoles.

Lorsque les fèces et les urines se trouvent mélangées, des uréases produites par différentes bactéries présentes dans les fèces entraînent une dégradation rapide de l'urée en ammoniac et en gaz carbonique. L'ammoniac dissout peut ensuite se volatiliser à une vitesse qui dépend de la teneur en ammoniac, du pH et de la température du lisier, et de la vitesse de l'air à sa surface (Aarnink et al., 1997).

A partir de différentes études réalisées en France on a pu estimer l'importance de ces émanations d'ammoniac dans le cas de bâtiments sur caillebotis intégral, avec extraction basse de l'air. On a ainsi calculé qu'environ 75% de l'azote excrété par les animaux se retrouve dans la fosse en fin de bande, la volatilisation représentant donc 25% de la quantité excrétée. Les pertes gazeuses se poursuivent pendant le stockage (5 à 10% en moyenne) et surtout lors de l'épandage où elles sont très variables selon les modalités d'épandage et les conditions climatiques (Moal et al., 1995).

On peut estimer que, dans les conditions actuelles, sur les 8,7 kg d'azote nécessaires à la production d'un porc jusqu'à l'abattage (y compris l'alimentation de la truie), 1/3 est fixé par l'animal, 1/3 est perdu sous la forme de volatilisation d'ammoniac et le 1/3 restant est disponible pour les plantes (figure 1).



**Figure 1** : Représentation schématique du flux d'azote pour la production d'un porc charcutier (108 kg à l'abattage). La contribution de la truie est également prise en compte (d'après Dourmad et al., 1997)

Dans le cas du phosphore, on note également une excrétion importante au niveau fécal et urinaire, équivalente à environ 70% de la quantité ingérée. La fraction fécale dépend surtout de la disponibilité du phosphore de l'aliment et donc des matières premières qui constituent le régime. L'excrétion urinaire, quant à elle, augmente rapidement lorsque les apports dépassent les besoins. En moyenne, on peut estimer que plus des 3/4 du phosphore sont excrétés au niveau fécal et moins de 1/4 au niveau urinaire, soit l'inverse de ce qui est observé pour l'azote.

## 2. Perspectives de réduction préventive des rejets

Différentes voies sont envisageables pour améliorer l'efficacité d'utilisation des protéines et du phosphore alimentaire, et diminuer ainsi les rejets d'azote et de phosphore.

La première approche consiste à assurer une meilleure adéquation entre les apports quantitatifs et les besoins des animaux, suivant leur stade physiologique et leurs potentialités pour la croissance ou la reproduction. Ceci est vrai aussi bien pour l'azote que pour le phosphore. Par exemple, si l'on donne à la truie reproductrice des aliments spécifiques à chacune des phases de gestation et de lactation, on peut réduire le rejet de plus de 20% (Dourmad et Henry, 1995). De même, chez le porc en croissance, la distribution d'aliments différents en croissance et en finition permet de diminuer les rejets d'azote et de phosphore de 15 à 20% comparativement à l'utilisation d'un même aliment sur l'ensemble de la période d'engraissement (tableau 1).

Conduite alimentaire	Unique	Bi-Phase	
	R1	R2	R3
Teneur en protéines de l'aliment, %			
croissance	17,8	17,8	16,2
finition	17,8	15,4	13,5
Bilan azoté, kg/porc			
azote ingéré	5,70	5,35	4,79
azote retenu	1,74	1,74	1,75
azote excrété	3,96	3,61	3,04
Lisier produit, l/porc	342	336	348
Azote total du lisier, %	0,835	0,785	0,635
Azote total du lisier, kg/porc	2,855	2,637	2,210
Émanations gazeuses <sup>a</sup> , kg/porc	1,105	0,973	0,830

<sup>a</sup> émanations gazeuses = azote excrété - azote du lisier

**Tableau 1 :** Influence de l'utilisation de deux aliments en engraissement (R2) et de l'amélioration de la qualité des protéines (R3) sur le rejet azoté chez le porc comparativement à un aliment unique (R1) (Latimier et al 1993)

Dans le cas de l'azote, on peut aussi améliorer l'équilibre en acides aminés des protéines du régime par une stratégie raisonnée au niveau de la formulation, impliquant éventuellement l'utilisation d'acides aminés industriels (lysine, méthionine, thréonine, tryptophane). Ceci permet d'assurer des apports suffisants pour chacun des acides aminés et ainsi d'optimiser les performances, tout en limitant les excès de protéines. Par cette approche, Quiniou et al. (1994, Tableau 2) ont obtenu une réduction de près de 35% des rejets d'azote, sans que les performances de croissance ou la qualité des carcasses ne soient modifiées. On peut également combiner l'amélioration de la qualité des protéines avec une meilleure adaptation des apports en fonction du stade de croissance. Ainsi, en distribuant des régimes parfaitement équilibrés, dont la composition variait chaque semaine en fonction de l'évolution des besoins des animaux, Bourdon et al. (1995) ont réduit le rejet d'azote à seulement 1,5 kg par porc, soit d'environ 50% par rapport au témoin. Ceci confirme bien les marges de progrès réalisables techniquement, même si pour le moment une réduction aussi importante n'est pas envisageable en raison du coût élevé de tels aliments. En moyenne, on peut retenir que la réduction de 1 point de la teneur en protéines du régime s'accompagne d'une diminution du rejet d'azote de près de 8%.

	Teneur en protéines de l'aliment, %		
	17,8	15,5	13,6
Vitesse de croissance, g/j	846	867	852
Indice de consommation, kg/kg	2,71	2,68	2,72
Rejet d'azote, kg/porc			
excrétion totale	3,90	3,10	2,50
dans le lisier	2,92	2,32	1,88

**Tableau 2 :** Effet de la teneur en protéine du régime sur les performances et les rejets d'azote du porc à l'engraissement (Quiniou et al. 1994)

L'utilisation de régimes à plus faible teneur en protéines permet également de réduire la volatilisation de l'ammoniac (Latimier and Dourmad, 1993; Van der Peet-Schevering et al., 1996) dans des proportions au moins identiques à la réduction de l'excrétion. Les paramètres de l'ambiance influence également ces déperditions. Ainsi Granier et al. (1996) ont montré que l'augmentation du taux de renouvellement de l'air (de 9,3 à 25,7 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.porc<sup>-1</sup>) s'accompagne d'une augmentation du flux d'ammoniac en provenance du bâtiment de 25%, ceci malgré une réduction importante de la teneur en ammoniac de l'air extrait (de 3 à 3,5 fois). Ces mêmes auteurs ont également montré que la volatilisation de l'ammoniac augmente avec la température ambiante alors qu'elle est peu influencée par l'hygrométrie.

Pour le phosphore, le choix de matières premières plus digestibles permet de couvrir les besoins, tout en réduisant l'apport total de phosphore, et donc le rejet (Pointillart, 1994). Ainsi la digestibilité des phosphates monocalciques est plus élevée que celle des phosphates bicalciques qui sont le plus souvent utilisés en alimentation porcine en France (Dourmad, 1999). De même, l'utilisation de phytases, qu'elles soient d'origine naturelle (sous produits du blé par exemple) ou microbienne, permet de rendre disponible le phosphore phytique contenu dans les céréales et de réduire la complémentation sous forme minérale. Ainsi, l'utilisation de 1000 UI de phytase d'origine microbienne a permis de réduire le rejet de plus de 40% par rapport à un régime témoin (Latimier et al., 1994). En moyenne, on peut considérer que l'incorporation de 500 UI de phytase par kg d'aliment équivaut à l'apport de 0,8 g de phosphore disponible.

L'amélioration des performances est également une voie très efficace pour réduire les rejets d'azote et de phosphore. Chez le porc à l'engrais, c'est surtout l'indice de consommation qui est important. Lorsqu'il diminue de 0,1 point, les rejets sont réduits d'environ 3,5%. Chez la truie reproductrice, la productivité numérique a peu d'effet sur le rejet lorsqu'on l'exprime par truie et par an. Par contre, si l'on rapporte ce rejet relativement au nombre de porcelets sevrés, l'effet de la productivité devient très important (Dourmad et Henry, 1995).

Des travaux récents montrent qu'il est également possible de réduire l'importance des émanations gazeuses d'ammoniac par l'alimentation. C'est en particulier le cas lorsque l'on réduit la teneur en protéines du régime (Van der Peet-Schwering et al., 1996; Latimier et Dourmad 1993) ou que l'on incorpore des fibres (Canh et al., 1998). Ces effets seraient en partie liés à une réduction du pH urinaire. De même il est possible d'envisager en contrôlant l'alimentation une réduction préventive des rejets de métaux lourds dans les déjections, et en particulier de cuivre et de zinc.

### **3. En pratique**

La prise en compte des nouvelles références CORPEN (1996) permet aujourd'hui à l'éleveur d'intégrer ces approches préventives dans son élevage. L'alimentation « biphasé » qui consiste à distribuer des aliments adaptés à chaque stade physiologique (gestation et lactation chez la truie, et croissance et finition chez le porc à l'engrais) permet de réduire le rejet d'azote de 15% et celui de phosphore de 25%, par rapport à la conduite standard (tableau 3).

En contrepartie, l'éleveur s'engage à respecter les teneurs maximales en protéines et/ou en phosphore fixées pour chaque type d'aliment. Il est possible d'envisager une réduction plus poussée des rejets, que celle obtenue par la conduite « biphasé », en agissant, comme on l'a vu plus haut, sur la qualité des protéines (utilisation plus poussée d'acides aminés industriels) et la disponibilité du phosphore (phytases microbiennes), ou en adoptant une alimentation « multiphasé » qui permet de s'approcher encore mieux des besoins des animaux.

La méthode du « bilan simplifié », méthode simple validée par le CORPEN et basée sur un modèle développé par l'INRA (Guillou et al., 1993), permet d'approcher au mieux le rejet réel de l'élevage et de prendre ainsi en compte l'ensemble des efforts préventifs réalisés (alimentation, performances ; tableau 4).

La formulation de régimes à teneur réduite en protéines ou en phosphore nécessite cependant une bonne maîtrise technique. En effet, les marges de sécurité sont réduites, aussi bien pour les acides aminés que pour le phosphore. Il est donc important de bien connaître l'évolution des besoins des animaux en fonction de leur stade physiologique.

De même, lors de la formulation des régimes, il faut bien connaître la teneur en nutriments des matières premières utilisées et la disponibilité de ces nutriments. Les nouveaux systèmes d'évaluation de la teneur en énergie (énergie nette, Noblet et al., 1993), en acides aminés (acides aminés digestibles au niveau iléal, Sève, 1994, Jondreville et al., 1995) et en phosphore (phosphore digestible) doivent donc être utilisés pour formuler ces régimes.

	Azote <sup>a</sup>		Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		Bilan simplifié <sup>e</sup>
	standard <sup>b</sup>	bi-phase <sup>c</sup>	standard <sup>b</sup>	bi-phase <sup>d</sup>	
Truie présente, kg/an	17,5	14,5	15,0	11,8	<i>selon les performances et l'alimentation</i>
Post sevrage					
kg /porc produit	0,44	0,40	0,28	0,25	
Engraissement					
kg / porc produit	3,25	2,70	2,10	1,45	

<sup>a</sup> azote avant épandage.

<sup>b</sup> la référence standard est utilisée dans les élevages où aucun effort préventif n'est fait sur l'alimentation

<sup>c</sup> taux maximum de MAT des aliments : truie en gestation = 14%, truie en lactation = 16,5%, porcelet 1<sup>er</sup> âge = 20%, porcelet 2<sup>ème</sup> âge = 18%, porcs en croissance = 16,5%, porcs en finition = 15%, au moins 60% d'aliment de finition.

<sup>d</sup> taux maximum de phosphore des aliments : truie en gestation = 0,50%, truie en lactation = 0,65%, porcelet 1<sup>er</sup> âge = 0,85%, porcelet 2<sup>ème</sup> âge = 0,70%, porcs en croissance = 0,52%, porcs en finition = 0,45%, au moins 60% d'aliment de finition.

**Tableau 3 : Références pour la détermination des rejets d'azote et de phosphore par les porcs (CORPEN, 1996)**

Sur le plan économique, l'écart de coût induit par ce type d'alimentation dépend du contexte de prix des matières premières. Il est d'autant plus élevé que le rapport de prix tourteau de soja / blé est faible.

En moyenne, sur 1998, on peut estimer que la conduite « biphase » pour l'azote, telle qu'elle est présentée dans le tableau 3, a entraîné un surcoût de formulation inférieure à 1 franc par quintal d'aliment, ce qui correspond à un coût de moins de 4 F par kg d'azote excrété en moins.

Type d'élevage <sup>a</sup>	Tiers inférieur	Moyenne	Tiers supérieur
<b>Performances</b>			
Porcs produits / truie / an	16,0	18,2	20,0
I.C., kg/kg			
Post-sev.	1,90	1,80	1,70
Engrais.	3,20	2,93	2,75
<b>N épardable, kg/an</b>			
Standard			
Forfait	7650	8470	9130
Bilan	8500	8520	8480
Biphase			
Forfait	6500	7180	7740
Bilan	7324	7300	7250
Multiphase			
Bilan	-	6940	6880
<b>N épardable, kg/porc <sup>b</sup></b>			
Standard			
Forfait	4,78	4,65	4,56
Bilan	5,31	4,68	4,24
Biphase			
Forfait	4,06	3,95	3,87
Bilan	4,58	4,01	3,63
Multiphase			
Bilan <sup>c</sup>	-	3,81	3,44

<sup>a</sup> Les groupes d'élevages sont constitués en fonction de leur marge sur coût alimentaire, d'après ITP, 1996.

<sup>b</sup> Rejet total de l'élevage ramené au nombre de porcs produits.

<sup>c</sup> Multiphase : passage progressif d'un aliment contenant 16,5% de protéines en croissance à un aliment contenant 14% en fin de finition.

**Tableau 4** : Détermination, selon deux méthodes (forfait ou bilan simplifié), de la quantité d'azote épardable pour un élevage de 100 truies présentes, en fonction de ses performances et de la stratégie d'alimentation

## Bibliographie

- AARNINK A.J.A. (1997), Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate, and behaviour. PhD Thesis. Agricultural University Wageningen, The Netherlands, 175 p.
- CANH T.T., SCHRAMA J.W., AARNINK A.J.A., VERSTEGEN M.W.A., VAN KLOOSTER C.E., HEETKAMP M.J.W. (1998), Effect of dietary fermentable fibre from pressed sugar-beet pulp silage on ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Animal Science*, 67, p.583-590.
- COILLARD J. and TEXIER C. (1994), Le traitement à la ferme des lisiers de porcs excédentaires : une étude de cas, l'unité de traitement de la Coopérative Agricole Lauragaise. *Journées Rech. Porcine en France*, 16, p.141-150.
- CORPEN (1996), Collectif. Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs. Ministère de l'Agriculture et Ministère de l'Environnement. p.21.
- DOURMAD J.Y. et HENRY Y. (1995), Influence de l'alimentation et des performances sur les rejets azotés des porcs. *INRA Prod. Anim*, 7, p.263-274.
- DOURMAD J.Y. (1999), Digestibilité de deux sources de phosphore minéral pour le porc. *Journées Rech. Porcine en France*, 31 (sous presse).
- DOURMAD J.Y., GUINGAND N., LATIMIER P., SEVE B. (1997), Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production. The situation in France. 48th Meeting of the EAAP, Vienne, août 1997.
- GUILLOU D., DOURMAD J.Y., NOBLET J. (1993), Influence de l'alimentation, du stade physiologique et des performances sur les rejets azotés du porc à l'engrais, de la truie et du porcelet. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, p.307-314.
- I.T.P. (1996), *Porc Performances*, ITP, Paris, 59 p.
- JONDREVILLE C., VAN DEN BROECKE J., GATEL F., VAN CAUWENBERGHE S. (1995), Digestibilité iléale des acides aminés dans les aliments pour les porcs. *ITCF, Eurolysine*, p.53.
- LATIMIER P., POINTILLARD, A., CORLOUËR A., LACROIX C. (1994), Influence de l'incorporation de phytase microbienne dans les aliments, sur les performances, la résistance osseuse et les rejets phosphorés chez le porc charcutier. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, p.107-116.
- MOAL J.F., MARTINEZ J., GUIZIOU F., COSTE C.M. (1995), Ammonia volatilization following surface-applied pig and cattle slurry in France. *Journal of Agricultural Science*, 125, p.245-252.
- NOBLET J. (1993), Les systèmes d'appréciation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *INRA Prod. Anim.*, 6, p.105-115.

POINTILLART A. (1994), Phytates, phytases ; leur importance dans l'alimentation des monogastriques. INRA Prod. Anim., 7, p.9-39.

QUINIOU N., DOURMAD J.Y., HENRY Y., BOURDON D., GUILLOU D. (1994), Influence du potentiel de croissance et du taux protéique du régime sur les performances et les rejets azotés des porcs en croissance-finition, alimentés à volonté. Journées Rech. Porcine en France, 26, p.287-294.

SEVE B. (1994), Alimentation du porc en croissance : intégration des concepts de protéine idéale, de disponibilité digestive des acides aminés et d'énergie nette. INRA Prod. Anim., 7, p.275-291.

VAN DER PEET-SCHWERING C.M.C., JONGBLOED A.W., AARNINK A.J.A. (1997), Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production. The situation in the Netherlands. 48th Meeting of the EAAP, Vienne, août 1997.

# Les litières biomâîtrisées en porcherie

## *Deep litters in pig housing*

**Claude Texier**

Institut Technique du Porc - B.P. 3, 35651 Le Rheu Cedex

Tel. : 02.99.60.98.20 - Fax : 02.99.60.93.55

### **Résumé**

Les porcheries sur litière accumulée sont souvent des bâtiments aménagés. Les éleveurs utilisent de 40 à 80 kg de paille par porc ou 0,1 à 0,2 m<sup>3</sup> de sciure. Les quantités mesurées par porc engraisé sont de 331 kg et 0,74 m<sup>3</sup> pour les litières paillées correspondant à 3,1 kg N, 2,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 3,8 kg K<sub>2</sub>O.

Le compostage des fumiers a montré que 3 retournements suffisent. Les meilleurs résultats correspondent à une réduction des volumes de 50 %, à une augmentation des teneurs en matière sèche de 10 points, à une amélioration de la teneur azotée de 50 %, et à la multiplication des taux de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et de K<sub>2</sub>O par 2 ou 3.

Le compostage du lisier sur de la paille est possible. La paille est un excellent support carboné pour dégrader le lisier. On peut ajouter 12 à 15 m<sup>3</sup> de lisier par tonne de paille.

### **Abstract**

Pig housing on deep litter are always buildings fitted up. Farmers used 40 to 80 kg of straw per pig or 0,1 to 0,2 m<sup>3</sup> of sawdust. Quantities produced per finishing pig were 331 kg and 0,74 m<sup>3</sup> for straw litter, corresponding to 3,1 kg N, 2,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 3,8 kg K<sub>2</sub>O.

Pig litter composting indicated that 3 turning over are enough. The best results obtained were a reduction in volume of 50 %, and increase in dry matter content of 10 points, an improvement of 50 % in nitrogen content and a doubling or trebling of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O levels.

Slurry composting with straw is possible. Straw is an excellent carbon matter for slurry degradation. It is possible to add 12 or 15 m<sup>3</sup> slurry to 1 ton straw.

**Mots-clés** : Porc, litière, lisier, compostage

**Keywords** : Pig, litter, slurry, composting

## Introduction

Le pays produit aujourd'hui près de 28 millions de porcs par an dans 18 000 élevages spécialisés. Une enquête conduite par le SCEES a montré que 85 % des porcs sont élevés dans des porcheries sur caillebotis. On peut donc estimer que 4 millions de porcs, soit 15 % du cheptel, sont engraisés sur litière et produisent du fumier.

En faisant l'hypothèse que les porcs élevés sur caillebotis sont nés dans des élevages où les truies elles-mêmes produisent du lisier on peut évaluer à 21 millions de m<sup>3</sup> par an la production de lisier. Le même raisonnement appliqué à l'élevage sur litière, montre que c'est plus de 2 millions de tonnes de fumier qu'il faut épandre dans l'année.

Ces évaluations globales se basent sur les quantités rejetées suivantes :

- 0,9 m<sup>3</sup> par porc produit chez un éleveur naisseur-engraisseur,
- 300 kg de fumier par porc produit chez un éleveur engraisseur,
- 80 kg de fumier par porcelet produit, 3 000 kg par truie, dans l'année, chez un éleveur naisseur commercialisant les porcelets à 25 kg.

Les 2 500 à 3 000 élevages de porcs utilisant des litières de paille ou de sciure diminuent donc les rejets de lisiers d'environ 4 millions de m<sup>3</sup>. Faire du porc aujourd'hui sans faire de lisier peut sembler rétrograde puisque depuis plus de 30 ans le développement de l'élevage porcin sur caillebotis a contribué à l'abandon quasi systématique de l'utilisation de la paille.

Dans certaines situations pourtant, les porcheries paillées permettent de réutiliser d'anciens bâtiments avec peu d'investissements. Elles offrent une solution intéressante aux exploitations céréalnières qui ont de la paille disponible. La solution paillée facilite souvent l'installation d'un nouvel atelier dans une zone sensible du point de vue touristique. En effet, l'utilisation de paille et la production de fumier permettent de supprimer une bonne part des nuisances et des pollutions liées au stockage du lisier et à son épandage.

Parmi les modes d'élevage sans lisier, la litière biomaitrisée demeure une technique bien différente à d'autres types de litières plus classiques comme les litières raclées et les litières accumulées. Une autre technique, « le compostage du lisier », consiste à mélanger lisier et paille, pour épandre un produit composté sans risque de nuisance.

# 1. Les porcheries sur paille

Il existe deux modes de gestion des litières : le raclage périodique des aires d'exercices réalisé au moins deux fois par semaine, et l'enlèvement des litières produites pendant un ou plusieurs mois, en fin de période.

Les porcheries sur litière raclée concernent surtout le logement des truies allaitantes ou en gestation et plus rarement les porcelets ou les porcs à l'engraissement. Pour les truies on utilise, suivant le stade physiologique, entre 1,5 et 2,0 kg de paille par jour et par animal pour les litières raclées, ce qui représente plus de 300 kg par truie et par an. Les quantités de paille correspondantes pour les porcelets en post-sevrage et les porcs à l'engrais représentent respectivement 0,12 et 0,3 kg par animal et par jour. Pour chaque porcelet élevé en porcherie sur litière raclée, il faudra ainsi prévoir au moins 5 kg de paille et plus de 30 kg pour un porc pendant toute sa période d'engraissement.

Les porcheries sur litière accumulée sont surtout utilisées pour les porcs charcutiers. On utilise alors 70 à 90 kg de paille par porc produit, et 10 à 15 kg par porcelet. Le logement collectif des truies en gestation sur litière accumulée correspond à l'utilisation de 1,7 kg de paille par truie et par jour.

L'élevage des porcs en bâtiments paillés produit des quantités de fumier non négligeables qui varient avec les animaux, selon l'importance ou la fréquence des apports de paille (tableau 1)

Stade physiologique		Truie allaitante	Truie gestante	Porcelet post-sevrage	Porc à l'engrais
<b>Litière raclée</b>					
• Paille	kg/animal/jour	2,0	0,5	0,12	0,3
• Litière	m3/animal/mois	0,34	0,15	0,05	0,08
<b>Litière accumulée</b>					
• Paille	kg/animal/jour	-	1,7	-	-
	kg/animal/période	-	-	10 à 15	70 à 90
• Litière	m3/animal/mois	0,7	0,25	0,05	0,10
	m3/animal/période	-	-	0,1	0,4
	kg/animal/période	-	-	40	330

**Tableau 1 : Quantités de fumier produit par les porcins (selon ITP)**

Mais pour le même type d'animal et le même type de litière les quantités peuvent être très variables d'un élevage à l'autre. Des pesées effectuées dans trois ateliers d'engraissement montrent que la quantité de litière accumulée varie du simple au double (154 à 326 kg par porc produit). Ces différences s'expliquent par un paillage quotidien plus important chez certains éleveurs et aussi par des durées d'engraissement plus longues.

Dans un même élevage et sur une même période on observe par contre des productions très semblables d'une salle à l'autre (363 à 384 kg par porc produit) représentant 0,9 m<sup>3</sup> de litière produite par animal en 121 jours de présence.

L'analyse des fumiers pesés dans ces trois mêmes élevages donne des teneurs azotées de 9,8 - 10,3 et 11,5 kg par tonne de produit brut. Dans l'élevage où plusieurs analyses ont été faites le même jour, on constate que les cinq fumiers produits ont des compositions très voisines (8,4 à 9,1 kg N/tonne et 5,9 à 7,1 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/tonne). Le contrôle d'une seule case d'engraissement par élevage semble donc suffisant pour connaître la quantité de fumier produit et sa valeur agronomique. Les valeurs figurant dans le tableau 2 reprennent partiellement ces résultats d'analyses.

Type de litière paillée	MS (%)	N (Kg/T)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/T)	K <sub>2</sub> O (Kg/T)
<b>Porcelet en post-sevrage</b>				
Litière accumulée	29	10	7,5	10,5
<b>Porc à l'engrais</b>				
Litière raclée	28	9	11	11
Litière accumulée	31	8	7,5	13

*Tableau 2 : Composition des fumiers porcins (selon ITP)*

## 2. Les porcheries sur litière biomaitrisée

Il y a tout juste dix ans, apparaissent les premières porcheries sur litière verte, devenue ensuite litière biomaitrisée. La technique consiste à démarrer puis à entretenir une fermentation aérobie de la litière pour fabriquer un compost jeune, en présence même des animaux. La litière peut être de la paille, de la sciure ou tout autre substrat carboné. Pour accélérer cette fermentation il est conseillé d'apporter, au démarrage, puis régulièrement, des produits enzymatiques ou des bactéries capables d'activer les micro-organismes déjà présents dans les déjections.

La fermentation provoque une élévation de la température de la litière avec pour conséquence la réduction de l'humidité du milieu et l'élimination des jus. Pour maintenir la température à 30-40°C en profondeur, ce qui correspond à 20-25°C en surface, il faut éviter tout tassement excessif. Ceci conduirait à l'arrêt de la fermentation aérobie qu'on souhaite favoriser. C'est pourquoi il est recommandé de travailler régulièrement la litière. L'utilisation de modes d'alimentation et d'abreuvement particuliers (bacs à bouillie et nourrisoupes) facilite la réussite de la litière en réduisant la distribution d'eau à moins de 2 litres par kg d'aliment consommé.

Il existe sur le marché une dizaine de produits activateurs dont le plus ancien, le SEF-C, est proposé par la société japonaise NISSAN. Tous ces additifs agissent sur la neutralisation de l'acidité des litières, sur l'absorption de l'humidité, sur l'élévation de la température, et sur l'accélération des processus de fermentation. Il en résulte une réduction des pertes d'ammoniac par volatilisation dans le bâtiment, une diminution des odeurs pour l'environnement, et un plus grand confort pour les animaux.

Une étude récente réalisée par l'ITP sur l'utilisation d'un complexe bactérien à base de lactobacilles spécifiques a mis en évidence une dégradation accélérée des fractions celluloses de la paille et la transformation de l'azote soluble en azote protéique d'origine bactérienne. Dans cette étude la litière paillée traitée avec le complexe bactérien était comparée à une litière non traitée. L'analyse des fractions celluloses de la matière organique (hemicellulose, cellulose et lignine) et de la fraction soluble montre que le produit d'addition a accéléré la dégradation de la cellulose de 3 %, et de 6 % celle des hemicelluloses. Parallèlement, la fraction soluble est passée de 16,5 à 18,9% par rapport à la matière sèche, soit une augmentation de 14 %.

En réalité les litières biomaitrisées sont plus souvent réalisées avec de la sciure de bois, éventuellement des copeaux, au lieu de la paille. On utilise pratiquement deux techniques : une litière profonde de 60 à 80 cm que l'on gardera pour au moins trois bandes de porc à l'engrais ou bien une litière moins épaisse, de 10 à 30 cm, qui sera changée après chaque lot de porcs.

Comparée à la technique litière de paille accumulée, la litière profonde utilisant la sciure permet de réduire le volume des déjections. Pour élever un porcelet on a besoin de 0,05 m<sup>3</sup> de sciure au lieu de 10 à 15 kg de paille. En porcherie d'engraissement le volume produit est divisé par quatre. On compte 0,4 m<sup>3</sup> de fumier pailleux par porc engraisé contre 0,1 m<sup>3</sup> de litière biomaitrisée. On a utilisé 70 à 90 kg de paille par porc et seulement de 0,10 à 0,15 m<sup>3</sup> de sciure.

Le tableau 3 fournit quelques indications sur la composition de ces litières.

Type de litière biomaitrisée	MS (%)	N (Kg/T)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/T)	K <sub>2</sub> O (Kg/T)
Porc à l'engrais sur sciure	32	7	10	9

**Tableau 3 : Composition des litières biomaitrisées (selon ITP)**

Moins de volumes de déjections à épandre donc, mais davantage de travail pour l'éleveur surtout s'il faut aérer régulièrement les litières.

D'après une enquête menée par l'ITP en 1992, on estimait alors le temps consacré à l'entretien de la litière à 10 minutes par porcelet élevé sur sciure profonde et de 20 à 30 minutes pour un porc à l'engrais. Pour R. Kaufmann (1994)<sup>1</sup> le temps de travail global est supérieur de 50 % en porcherie sur litière biomaitrisée par rapport à une porcherie sur caillebotis partiel (respectivement 31 et 23 minutes). Cette différence entre les deux systèmes est surtout le fait d'un temps passé pour l'entretien de la litière, estimé à plus de 12 minutes, comparé aux 5 minutes nécessaires pour nettoyer les caillebotis.

L'élevage des porcs sur litière permet aussi d'utiliser d'anciens bâtiments à peu de frais. Pour l'ITP, le coût indicatif à la place représente une économie de 50 % par rapport à une construction neuve et jusqu'à trois fois moins d'investissement que pour une porcherie neuve sur caillebotis, fosse à lisier exclue. Cependant pour des raisons techniques de bon fonctionnement la porcherie sur litière profonde nécessite au moins 1,2 m<sup>2</sup> de surface par place d'engraissement, soit le double d'une porcherie sur lisier, et dans ce cas les coûts d'investissement, pour des bâtiments neufs construits par entreprise, sont pratiquement équivalents quand on tient compte du coût de la fosse à lisier.

### 3. Litière biomaitrisée ou lisier ?

Il y a peu de différence entre les deux modes de logement des porcs à l'engrais au niveau croissance indice de consommation ou qualité de carcasse. Les derniers résultats obtenus par l'INRA sur des lots de 12 porcs, entre 31 et 98 kg de poids vif, confirment cette tendance (tableau 4).

Période		Eté		Hiver	
		Caillebotis	Litière	Caillebotis	Litière
Mode de logement					
GMQ	(g/l)	779	794	712	701
IC	(kg/kg)	2,7	2,7	2,9	3,0
Rapport Eau/aliment	(litre/kg)	2,2	2,3	2,1	2,4

**Tableau 4 : Influence du mode de logement sur les performances des porcs à l'engrais (selon INRA)**

Par contre dans le cadre du programme national de gestion technico-économique, la comparaison des performances enregistrées dans des élevages d'engraissement sur litière par rapport à l'ensemble des élevages contrôlés par l'ITP, est plutôt favorable aux premiers (tableau 5). Cette différence est probablement liée au mode de distribution de l'aliment avec une consommation dans les bâtiments sur litière supérieure de 10 %.

<sup>1</sup> R. KAUFMANN, 1994. Rapport FAT n° 450, Station de Recherche de TÄNIKON CH-8356

Types d'élevages		Tous élevages	Élevages sur litière
<b>Système engraisseur (de 27 à 111 kg)</b>			
Nombre de bandes		764	32
Consommation	kg/j	2,1	2,3
IC	kg/kg	3,1	3,0
GMQ	g/j	671	740
<b>Système post-sevreux-engraisseur (de 7 à 107 kg)</b>			
Nombre de bandes		705	44
IC	kg/kg	2,8	2,8
GMQ	g/j	612	638

**Tableau 5 : Résultats moyens des élevages sur litière (selon ITP)**

Sur le plan de l'environnement l'élevage sur litière présente l'avantage de réduire le volume des déjections produites et favorise leur exportation, mais il permet surtout de supprimer les odeurs désagréables des bâtiments, notamment en stabilisant l'azote sous sa forme organique.

Les travaux conduits par l'INRA (P. Robin, 1999<sup>2</sup>en cours) en conditions expérimentales parfaitement maîtrisées montrent que, sur litière de sciure, l'eau des déjections est totalement éliminée ainsi que 50 % de l'azote total rejeté par les animaux pour leur métabolisme ou dans leurs déjections (tableau 6)

Auteurs	N ingéré dans l'aliment	N rejeté	N éliminé dans les déjections	N éliminé en porcherie
<b>P. ROBIN 1999 non publié</b>				
Élevage sur caillebotis	4,84	3,20	2,27	0,94
Élevage sur litière	4,83	3,16	0,93	2,23
<b>R. KAUFMANN 1997</b>				
Système purin	-	2,80	2,32	0,48
Système litière biomaitrisée	-	2,74	0,71	2,03

**Tableau 6 : Fractions azotées éliminées en porcherie d'engraissement et dans les déjections pour deux systèmes de logement (en kg N/j/animal).**

<sup>2</sup> P. ROBIN, INRA, Bioclimatologie, Rennes, 1999 (publication en cours).

En réalité les pertes d'azote mesurées dans l'air extrait des locaux d'élevage représentent 70 % de l'azote total produit par les porcs, 50 % sous forme  $N_2$ , 10 % sous forme  $N_2O$  et 10 % seulement sous forme  $NH_3$ . Il reste 30 % de cet azote dans les litières, soit environ 0,9 kg pour un porc engraisé de 31 à 98 kg. Sur caillebotis intégral la perte d'eau est négligeable et la perte d'azote deux fois plus faible (30 % au lieu de 70 %) avec 10 % sous forme  $N_2$ , 20 % sous forme de  $NH_3$  et pratiquement pas de  $N_2O$ . Il reste 70 % de l'azote total rejeté dans les lisiers soit environ 2,3 kg par porc engraisé.

Ces résultats ne doivent pas être considérés comme des références applicables à ces deux types d'élevages. On retiendra seulement que la litière de sciure a permis de réduire de 60 % les rejets d'azote dans les déjections par rapport au lisier.

Les valeurs données par R. Kaufmann vont dans le même sens, au moins pour le système litière biomaitrisée, avec 75 % d'azote perdu dans le bâtiment et 25 % dans les déjections. Les chiffres concernant le système purin sont certainement moins fiables car ils résultent d'un calcul estimatif et non pas de mesures expérimentales.

Quant aux odeurs, leur mesure quantitative a été réalisée dans six élevages dont trois sur lisier et trois sur litière biomaitrisée (A. Healy, 1996)<sup>3</sup>. Au total, dix analyses ont été faites avec un olfactomètre et l'assistance d'un jury sélectionné. Elles montrent que les porcs sur litière sont à l'origine de débits d'odeurs deux fois plus faibles que ceux des élevages sur lisier (11 et 25 normaux  $m^3$  par seconde et par porc présent respectivement). Par contre lorsque le compostage de la litière se fait mal, à cause d'une humidité trop forte ou d'une température trop froide, le débit d'odeur peut être comparable dans les deux types d'élevage.

## 4. Le compostage des fumiers et lisiers

Les litières biomaitrisées sont généralement à base de sciure ou de copeaux de bois, des produits qui peuvent absorber trois fois leur poids en eau. Les litières récupérées après le passage d'un ou de plusieurs lots de porcs sont stockées en l'état, parfois à l'abri des intempéries. Elles évoluent très lentement. Dans le cas des litières paillées traditionnelles par contre il peut être intéressant de procéder à un compostage accéléré pendant au moins trois mois, dès leur évacuation de la porcherie.

L'ITP a réalisé plusieurs essais comparatifs de compostage sur différents types de litières pour montrer l'intérêt de traiter les fumiers, avant de les valoriser (C. Texier 1997<sup>4</sup>). Les meilleurs résultats obtenus correspondent à une réduction des volumes de 50 %, à une augmentation des teneurs en matière sèche de 10 points, à une amélioration de la teneur azotée de 50 % environ et à la multiplication des taux d'acide phosphorique et de potasse par 2 ou 3.

---

<sup>3</sup> A. HEALY, Contribution à l'étude comparative des nuisances olfactives émanant des élevages de porcs sur lisier ou sur litière biomaitrisée. Thèse vétérinaire, ENV Alfort, 1996.

<sup>4</sup> C. TEXIER, Le compostage à la ferme des fumiers porcins, 1997. Journées Rech. Porcine en France, 29, p.319-326

Selon nos observations, il ne semble pas justifié d'effectuer plus de deux ou trois retournements des tas, à condition cependant de les réaliser dans les trois premières semaines du compostage. Ces retournements, effectués avec du matériel spécialisé, permettent l'aération et l'oxygénation du tas de fumier et le maintien d'une température supérieure à 50°C pendant le premier mois. On peut considérer que l'on réalise alors une litière biomaitrisée *a-posteriori* ce qui se traduit par une élimination d'eau importante et une perte d'azote.

Pour conserver le taux de matière sèche il est conseillé de stocker les andains sous abri ou de les bâcher en fin de compostage. Par contre, on a pu observer l'intérêt d'arroser les tas, au début du compostage, dès que le taux d'humidité était inférieur à 65 %, pour maintenir la température au-delà de 50°C sans avoir à retourner les tas.

Type de compost	MS (%)	N (Kg/T)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/T)	K <sub>2</sub> O (Kg/T)
Porc à l'engrais, litière raclée	33	11	18	21
Porc à l'engrais, litière accumulée	38	8	10	15

**Tableau 7 : Composition des composts de fumier de porc (C. TEXIER 1997)**

La dernière façon de collecter des déjections sur litière est le compostage du lisier produit par épandage sur la paille. Cette technique utilisée à grande échelle dans l'ex Tchécoslovaquie a été testée et mise au point par la Chambre d'Agriculture du Finistère. L'exploitation commerciale de ce procédé de traitement est développée aujourd'hui par les sociétés ISATER et 4 VAULX-Jardin.

Le mélange paille-lisier s'effectue sous abri et de préférence sur sol stabilisé. Le procédé d'origine consiste à disposer une couche de paille de 60 cm d'épaisseur, soit 25 kg par m<sup>2</sup> d'aire de compostage, et à l'arroser une première fois à la dose de 8 m<sup>3</sup> de lisier par tonne de paille. Un deuxième arrosage trois semaines plus tard et un troisième au bout de six semaines permettent d'épandre encore 4 et 3 m<sup>3</sup> de lisier respectivement. Au total on a pu mélanger 15 litres de lisier à 1 kilo de paille. Au cours de ces six semaines de traitement, chaque épandage était suivi d'un mélange mécanique du substrat pour assurer son aération. Au bout de trois mois, les 15 m<sup>3</sup> de lisier ajoutés à une tonne de paille donnent 5 m<sup>3</sup> de compost épandable.

L'amélioration actuelle du procédé originel porte sur l'utilisation d'autres supports carbonés à la place de la paille et surtout sur les possibilités de mécanisation et d'automatisation des opérations de paillage, d'épandage et de mélange des produits. Dans ce cas trois séquences d'épandage et de mélange réalisées à 15 jours d'intervalle suffisent à incorporer, sans adjuvant, 12 m<sup>3</sup> de lisier à une tonne de paille. La garantie d'un bon compost repose sur le respect d'une période de maturation suffisante du produit d'au moins quatre mois. Le compostage du lisier sur

paille a permis d'éliminer quelques nuisances en transformant un liquide d'odeur désagréable en un produit stabilisé, sans odeur. Il a aussi contribué à l'élimination d'une fraction importante de l'azote, de l'ordre de 50 %, et évité quelques pollutions supplémentaires..

Produit	MS (%)	N (Kg/T)	P2O5 (Kg/T)	K2O (Kg/T)
Lisier composté (Méthode GUERNEVEZ) <sup>o</sup>	31	8	15	11

**Tableau 8 :** Composition d'un lisier de porc composté sur paille (selon ITP)

## Conclusion

Les porcheries sur litière biomaitrisée semblent présenter de nombreux avantages pour l'éleveur, pour l'animal et pour l'environnement.

L'éleveur travaille dans de meilleures conditions et réduit ses investissements. Le confort des porcs s'améliore. Les nuisances dues aux bâtiments diminuent, et la pollution azotée devient plus maîtrisable grâce à la réduction des volumes d'effluents produits.

Mais l'élevage sur litière n'est pas encore parfaitement maîtrisé. On élimine beaucoup d'eau et de l'azote, ce qui nécessite des conditions d'ambiance optimales et une ventilation bien contrôlée.

Le travail régulier des litières, en présence des animaux est le principal inconvénient de cette technique.

Sur le plan économique les investissements en litière biomaitrisée sont comparables à ceux des bâtiments sur lisier, particulièrement en constructions neuves.

Au niveau de l'environnement cette technique présente l'avantage d'un meilleur contrôle des odeurs à l'épandage. Elle permet de diminuer la proportion d'azote minéral dans les litières, au profit d'une forme organique moins facilement lessivable, ce qui réduit les pertes sous forme de nitrates.

Pour que l'élevage sur litière se développe, il faudra réaliser des progrès sur les quantités de paille ou de sciure à utiliser et probablement revenir à l'élevage d'une seule bande de porcs sur la même litière. Les éleveurs remarquent en effet qu'il est plus facile de réussir la fermentation de la litière sur une seule bande que sur plusieurs. Cette évolution ne présenterait que des avantages sur le plan de l'état sanitaire des animaux. Mais le principal intérêt des techniques d'élevage sur litière et du compostage ultérieur des fumiers et des lisiers produits n'est-il pas avant tout de changer l'image de marque de l'élevage porcin et de montrer que, s'il est nécessaire d'avoir des porcs pour produire du lisier, il n'est pas nécessaire de faire du lisier pour produire des porcs ?

# **Gestion et suivi des épandages de lisier**

## **Etat des lieux et perspectives**

### *Management and recording of slurry spreadings*

### *Inventory and prospects*

**François Thirion\*, Philippe Zwaenepoel\*, Antoine Hammelrath\*\*,  
Vincent Desertaux\*\*\***

\*Cemagref, « Les Palaquins », 03150 Montoldre  
Tel. : 04 70 45 03 12 – Fax : 04 70 45 19 46  
E-mail : françois.thirion@cemagref.fr - philippe.zwaenepoel@cemagref.fr

\*\*Frcuma Ouest, 73, rue de Saint-Brieuc, CSD 56520, 35065 Rennes Cedex  
Tel. : 02 99 54 63 15 – Fax : 02 99 54 63 19  
E-mail : antoine.hammelrath@cuma.fr

\*\*\*SNCVA, 81, avenue du Maréchal Joffre, 92000 Nanterre  
Tel. : 01 47 24 49 87 – Fax : 01 47 24 34 97  
E-mail : sncva.hol.fr

#### **Résumé**

Cette communication traite des possibilités offertes par les technologies de l'information et de la communication pour améliorer la gestion et le suivi des épandages de lisier. Dans une première partie sont présentées les solutions envisageables pour d'une part, cartographier les zones épandues à partir du système de localisation GPS et de systèmes d'informations géographiques, et d'autre part, mesurer la composition et la quantité du lisier épandu. La seconde partie donne les résultats d'une étude menée auprès de Cuma d'épandage montrant l'intérêt de cahiers de fertilisation pour le raisonnement des apports d'engrais minéraux et organiques à la parcelle, et la nécessité de doter les matériels d'épandage d'appareillage de contrôle des quantités épandues. L'enregistrement automatisé des données d'épandage ne fait cependant pas partie des préoccupations immédiates des éleveurs enquêtés. Enfin, la dernière partie donne deux exemples de matériels d'épandage intégrant l'électronique, dont l'un doté d'un capteur de débit et d'un système de saisie automatisée des données d'épandage. Les constructeurs sont donc aujourd'hui en mesure de répondre à la demande d'utilisateurs intéressés par ces nouvelles technologies.

#### **Abstract**

*This paper deals with potentialities of information and communication technologies to improve the management and the record of slurry spreadings. In the first part of this paper, are presented available solutions, on one hand to map spread zones with the help of location systems GPS and geographic information systems, on the other hand to measure composition and quantity of slurry spread. The second part provides the results of a survey concerning farm machinery cooperatives for slurry spreading which demonstrates the*

*interest of fertilization notebooks to manage mineral and organic supplies, and the need of sensors to measure spread quantities. However, the automatic recording of data concerning spreading is not yet a priority for cattle breeders. The last part describes two spreading equipment using electronics, one of them fitted with a flowmeter and an automatic recording system. So, manufacturers are ready today to supply equipments to users requiring these new technologies.*

**Mots-clés** : lisier, matériels d'épandage, capteurs, enregistrement de données, GPS

**Keywords** : *slurry, spreading equipment, sensors, data recording, GPS*

## **Introduction**

Les technologies de l'information et de la communication sont de plus en plus présentes en agriculture. Les dernières évolutions en date concernent l'établissement de cartes de rendements en cultures céréalières, à partir de moissonneuses-batteuses équipées de capteurs de débit et de systèmes de localisation GPS, l'objectif poursuivi dans cette démarche appelée « agriculture de précision » consistant en final à ajuster les opérations culturales à la variabilité intra-parcellaire observée.

Ces technologies permettent également d'assurer un enregistrement automatisé de toutes les opérations culturales (traçabilité) et il est apparu intéressant d'analyser de quelle manière, elles pouvaient s'appliquer aux méthodes de gestion et de suivi des épandages de lisier.

Cette analyse, menée conjointement par le Cemagref, la Fncuma/Frcuma Ouest et le SNCVA, est restituée ici en 3 parties abordant respectivement les solutions techniques envisageables, l'avis des utilisateurs en cuma sur cette problématique et enfin l'offre des constructeurs de matériels d'épandage.

## **1. Les solutions techniques envisageables (F. Thirion, Cemagref)**

### **1.1 Contexte**

La question du suivi automatisé des épandages a été initialement posée à propos des épandages de boues de station d'épuration. Face à certaines réticences du monde agricole sur les épandages de boues de station d'épuration, des bureaux d'étude ont initié une démarche qualité sur l'ensemble de la filière, y compris les pratiques de chantier. Il est apparu alors que l'électronique et l'informatique pouvaient constituer un outil efficace de traçabilité.

L'enregistrement automatisé des données de chantier permet de recueillir une quantité d'informations très supérieure à celle que l'on pourrait recueillir manuellement. Cela ouvre aussi la possibilité de transferts, de tris et d'analyse à volonté.

C'est donc globalement une information supérieure en qualité et en quantité que peut procurer un enregistrement automatisé.

Pour l'épandage des effluents d'élevage, les techniques mises au point pour l'épandage des boues de station d'épuration peuvent être en partie transposées. Les conditions pratiques diffèrent cependant comme le montre le tableau 1 :

	Effluents d'élevage	Boues de station d'épuration
Statut	Responsabilité de l'éleveur	Responsabilité du producteur de boues
Règlement	Règlement sanitaire départemental Directive nitrates Règlement Installation classées	Décret 97-1133 Directive nitrates
Mesures		Pesée à la livraison, analyses régulières
Chantier	Epandage individuel ou collectif	Epandage contractualisé
Logiciels	Logiciels de gestion de parcelles	Logiciels spécialisés

**Tableau 1 : Comparaison des épandages d'effluents d'élevage et de boues de station d'épuration**

La mise au point d'un système opérationnel pour les effluents d'élevage est donc plus complexe car l'agriculteur ne dispose pas de ressources équivalentes à celles du gestionnaire de station d'épuration. En outre, le besoin n'est pas directement ressenti par les agriculteurs. Ceci n'exclut pas cependant des possibilités de développement car on constate actuellement un accroissement du nombre de plans d'épandage réalisés sur informatique par les bureaux d'étude. On peut donc penser que le cahier d'épandage pourra être à terme informatisé, comme le devient le plan d'épandage. Ceci permettra alors une exploitation globale des données utiles à une bonne gestion de l'environnement. En effet, outre l'utilisation à des fins réglementaires, les cahiers d'épandage pourraient être utilisés pour gérer des flux à l'échelle d'un bassin versant et pour rechercher les voies d'optimisation des pratiques d'épandage adaptées au contexte local.

Nous allons donc examiner les solutions envisageables pour enregistrer de façon automatisée des données d'épandage : relevé cartographique des zones épandues, relevé des quantités épandues, composition analytique du produit épandu.

## 1.2 Relevé cartographique des zones épandues

Le Cemagref, avec le soutien de l'ADEME a développé un système de relevé cartographique des zones épandues. Balsari et Airoldi (1995) en Italie, Buning et al. (1998) en Allemagne ont étudié l'utilisation d'un GPS avec une tonne à lisier.

Les possibilités d'exploiter les données cartographiques à l'aide de SIG (Systèmes d'information géographique) entraînent un intérêt certain à l'enregistrement de cartes de zones épandues. Outre l'aspect d'attestation du travail effectué, qui peut s'avérer utile en cas de litige, l'archivage des cartes permet de procéder à des bilans au niveau de l'exploitation. Cette pratique déjà appliquée en « agriculture de précision » (Le Bars, 1993) peut aussi trouver sa place au niveau de l'épandage à condition de l'appliquer tant à la fertilisation organique qu'à la fertilisation minérale.

Le système est basé sur l'utilisation d'un récepteur GPS (Global Positioning system). Un ensemble de 24 satellites se déplacent en orbite à 20 000 km de la terre. Ils émettent un signal continu. Par interprétation des signaux reçus par plusieurs satellites, le récepteur GPS peut déterminer les coordonnées du point de réception. Afin de compenser une erreur systématique de diffusion introduite par l'armée américaine, il est nécessaire de recourir à un système de correction différentielle. Celui-ci peut être fourni par des balises radios en zones côtières ou par émission satellite si l'on a souscrit l'abonnement correspondant. La précision de ce système a été mesurée au Cemagref : le maximum de déviation est de 3 m en zone découverte. En bordure de forêt, il peut y avoir des pertes de liaison ; nous obtenons une précision globale de 5 m.

Lors de l'épandage, nous disposons d'une information par seconde, pouvant être enregistrée sur ordinateur. Cette information est codée suivant une trame donnée, comme par exemple la trame Navstar reduced :

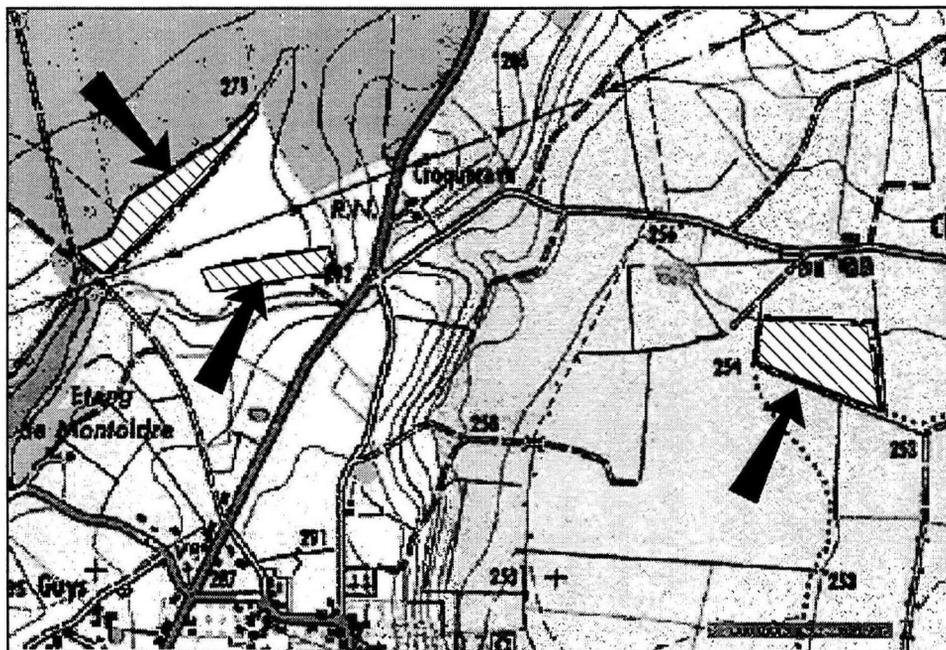
#000 : indicateur  
Oct 10 : date (10 octobre)  
131925 : heure GMT (13h 19mn 25s)  
4620.4397N : latitude (46° 20,4397mn Nord)  
325.8061 E : longitude (3° 25,8061mn Est)  
278 : altitude en m  
D3 : avec correction différentielle  
5 : précision 5 m  
3K : vitesse de déplacement 3 km/h  
150 T : cap de déplacement  
6 : 6 satellites reçus

Nous voyons que le fichier recueilli peut attester du jour, de l'heure et du point d'épandage, mais donne aussi une information sur la qualité de réception. On voit que dans l'exemple choisi, à cette seconde là, la réception était bonne en mode différentiel, avec 6 satellites reçus et une précision inférieure à 5 m.

La plupart des logiciels ne peuvent recueillir ces données brutes. Un programme mis au point par le Cemagref permet de déterminer le contour de la zone épandue, de configurer le fichier en standard dxf, importable sous la plupart des SIG, en particulier les logiciels agricoles de gestion de parcelle. L'importation sur le plan nécessite qu'il soit géoréférencé ; cette possibilité s'offre maintenant avec l'évolution des différents logiciels.

Lors des essais effectués, la précision s'est avérée convenable pour l'échelle 1/25000° utilisée sur les cartes IGN (cf. figure 1). Nous avons donc une bonne conformité par rapport aux plans d'épandage réalisés à cette échelle. A l'échelle de l'exploitation agricole, le plan doit être suffisamment précis et convenablement orienté pour pouvoir être superposé aux enregistrements réalisés.

Le support idéal serait l'orthophotoplan, c'est à dire la photo aérienne dont la géométrie a été corrigée de toute déformation due à la prise de vue. Cependant ces photographies sont onéreuses et peu disponibles.



*Figure 1 : Exemple de relevé d'épandage transféré sur carte 1/25 000  
(source F. Chabot)*

## 1.3 Le produit épandu

Pour chaque parcelle épandue, il est nécessaire de connaître les quantités épandues et la composition de ces produits afin de remplir le cahier d'épandage et pouvoir aboutir à un bilan des éléments nutritifs. Les logiciels disponibles pour effectuer ce bilan permettent un suivi plus ou moins précis.

Pour un bilan effectif, il faut en particulier pouvoir tenir compte des arrière-effets de la fumure organique. Les prévisions sont ajustées progressivement en tenant compte par exemple de l'analyse des reliquats d'azote en fin d'hiver, des rendements de la culture installée sur la parcelle. Des logiciels de fertilisation, tel PLANFUM ont été conçus à cet effet.

### 1.3.1 La quantité totale épandue

En matière d'épandage de lisier, on peut facilement connaître le volume épandu par le nombre de tonnes à lisier remplies. Il faut toutefois vérifier le volume effectif de l'épandeur (Habib, 1994). En effet, le remplissage n'est pas toujours complet en raison de la mousse qui peut se former à la surface du lisier. Il peut aussi rester du lisier en fin de vidange, en particulier si l'inclinaison de la tonne n'est pas bien réglée. Ces volumes morts peuvent être déterminés par le moyen de capteurs de pression. En effet, la différence de pression entre le haut et le bas de la cuve dépend de la hauteur de liquide contenu.

Avec l'évolution actuelle des tonnes à lisiers, des dispositifs DPA (débit proportionnel à l'avancement) sont maintenant utilisés pour réguler le débit. Deux principes différents sont possibles. Si l'appareil est doté d'un débitmètre, il est possible d'intégrer les débits sur la période d'épandage. Nous obtenons ainsi la quantité totale débitée. Ce type d'enregistrement largement utilisé en matière de pulvérisation peut être facilement transféré aux épandages de lisier.

L'autre méthode de contrôle de débit consiste à doter l'appareil d'une pompe volumétrique. Dans ce cas le lisier est refoulé par cette pompe. La mesure de la vitesse de rotation de la pompe nous indique alors le débit. Notons toutefois que bien que la pompe soit volumétrique des différences de cylindrée peuvent apparaître en fonction du liquide pompé. On constate en effet une diminution des fuites internes de la pompe pour des lisiers visqueux.

La méthode la plus universelle pour la détermination de la quantité épandue est la pesée. Pour obtenir une pesée en routine, il est nécessaire que le système soit embarqué. Ceci consiste à intercaler des jauges de contrainte entre le châssis de l'épandeur et l'épandeur proprement dit. On place ainsi de 4 à 8 jauges suivant la portée voulue. La précision est estimée par le constructeur à 1%, les pesées étant réalisées à l'arrêt. Le système de pesée a été largement expérimenté sur les véhicules de ramassage des ordures ménagères.

En ce qui concerne les effluents d'élevage, ces systèmes seront intéressants pour les épandeurs de fumier où la quantité épandue est difficile à évaluer. Le nombre d'appareils équipés est limité en raison du coût élevé (60 000 F) de l'installation. Notons cependant que des châssis polyvalents pourraient être équipés soit en transport, soit en épandage, ce qui permettrait alors de répartir l'amortissement sur plusieurs opérations, d'autant que des agences de l'eau proposent des subventions pour les matériels de pesée.

### 1.3.2 La composition des lisiers

Le facteur prédominant en relation avec la composition du lisier est la dilution. L'eau de nettoyage des bâtiments, le gaspillage d'eau de boisson et l'eau de pluie peuvent faire varier la dilution dans de larges proportions. De ce fait, le pourcentage de matière sèche n'est pas connu alors qu'il présente de bonnes corrélations avec les paramètres stables : matières minérales, phosphore, azote total. La mesure du pourcentage de matière sèche peut difficilement être réalisée à la ferme, car cela nécessite un passage à l'étuve avec mesure de l'eau évaporée.

Le Cemagref a proposé en 1985 une méthode d'estimation du pourcentage de matière sèche en fonction de la densité du lisier. Un densimètre peut alors fournir une lecture instantanée. La composition en azote ammoniacal peut présenter de grandes variations en raison, en particulier, de la volatilisation de cet élément. Pour déterminer cette composition, des méthodes d'analyse rapide ont pu être mises au point, basées sur la réaction de l'hypochlorite de sodium sur le lisier.

Il serait intéressant de disposer de méthodes automatisées d'évaluation de la composition des lisiers pour deux raisons : tout d'abord, on obtiendra un enregistrement systématique des données, alors que les opérations manuelles sont toujours limitées par le temps dont peut disposer l'éleveur ; d'autre part, si l'on dispose d'une mesure en ligne, au remplissage de la tonne à lisier par exemple, le résultat obtenu devient le reflet de l'ensemble du lisier qui remplit la cuve.

A l'inverse, les analyses ponctuelles reposent sur le prélèvement d'échantillons. Étant donnée la grande hétérogénéité du lisier dans les fosses de stockage, il est nécessaire de procéder à un brassage prolongé de cette fosse pour pouvoir obtenir un échantillon représentatif. Des prélèvements répartis sur une fosse non agitée pourront difficilement donner une indication représentative.

Dans un projet de recherche européen, Scotford et al (1998) ont procédé à l'étude de capteurs automatiques destinés à l'analyse du lisier. Les données ont été testées sur des lisiers provenant de quatre pays différents : Grande Bretagne, Irlande, Allemagne, Italie. Un prototype a été réalisé où le lisier est analysé pendant le remplissage de l'épandeur (cf. figure 2).



**Figure 2 :** *Prototype de système d'analyse en ligne*  
(source I. Scotford)

Comme pour les méthodes manuelles, la connaissance du taux de matière sèche apparaît importante. L'utilisation de densimètres électroniques basés sur la propagation de vibrations ou d'ultra sons n'a pas conduit à des résultats exploitables. Il a été utilisé la mesure de la viscosité du lisier pour estimer la quantité de matière sèche. Les mesures de viscosité du lisier montrent une relation générale :

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad \text{avec } \tau : \text{contrainte de cisaillement}$$

$$\dot{\gamma} : \text{gradient de cisaillement}$$

La valeur de k peut être déduite de la perte de charge mesurée dans une canalisation. Il existe une bonne corrélation entre k et la teneur en matière sèche pour les lisiers de bovin, moins bonne pour les lisiers de porc.

La mesure du taux d'azote ammoniacal peut être appréciée par la conductivité (valeur inverse de la résistivité) du lisier. La présence d'ions  $NH_4^+$  facilite le passage du courant électrique.

Il faut remarquer que les corrélations obtenues diffèrent d'un pays à l'autre. Il n'a pas été déterminé si ces variations proviennent des systèmes d'élevage différents ou de méthodes d'analyses propres à chaque pays. Il est en tous cas nécessaire de calibrer le système en comparaison avec des analyses de laboratoires.

Le système n'est donc pas opérationnel à l'heure actuelle, mais les résultats acquis et l'évolution des capteurs (transistors CHEMFET) permettent d'envisager une application réelle.

## **1.4 Conclusion**

L'amélioration des techniques d'épandage va de pair avec le suivi des opérations. La recherche de la maîtrise de la quantité passe par l'utilisation de mesures en continu sur lesquelles sont basées la régulation de l'appareil. Ceci ouvre autant de possibilités d'enregistrement avec la possibilité d'établir des bilans de fertilisation sur la parcelle. La dimension cartographique pourra permettre d'étendre l'analyse à une unité géographique telle que le bassin versant.

## **2. L'avis des utilisateurs en cuma (A. Hammelrath - Frcuma Ouest)**

Une étude auprès de cuma a été réalisée dans le cadre du projet « apport des technologies de l'information pour la gestion des effluents d'élevage » du thème mobilisateur Cemagref « Concilier l'agriculture et l'environnement ». Cette étude a été menée auprès de quatre cuma participant à une expérimentation avec la Frcuma Ouest et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, sur l'utilisation du cahier d'épandage à la parcelle ; ces cuma ont bénéficié de l'aide de l'Agence pour l'acquisition de rampes d'épandages.

### **2.1 Cahiers de fertilisation, contrôle des quantités épandues**

L'acquisition de matériels spécifiques d'épandage (rampes multibuses, pendillard) a permis une meilleure valorisation agronomique des déjections animales. Outre la qualité de leurs répartitions transversales, les utilisateurs apprécient aussi leurs polyvalences. En effet, ils peuvent désormais épandre les effluents sur un plus grand nombre de cultures, notamment sur les céréales et les prairies. Les déjections animales sont mieux réparties sur la surface potentiellement épandable de l'exploitation.

Cette valorisation des engrais de ferme a permis une prise de conscience de l'intérêt économique d'une bonne gestion des effluents d'élevage. De plus, l'utilisation des cahiers de fertilisation permet de raisonner les épandages en tant qu'apports d'unités d'azote. Les mentalités évoluent. Les éleveurs sont conscients des répercussions environnementales d'une bonne gestion des déjections animales et espèrent revaloriser leur image auprès de l'opinion publique.

Au cours de cette étude, différents outils d'enregistrement des épandages ont été testés par les agriculteurs. Ces outils présentaient soit une entrée par jour (agenda), soit une entrée par culture ou enfin, une entrée par parcelle ; l'étude a permis de mettre en évidence l'intérêt des agriculteurs pour un cahier de fertilisation qui leur permette de raisonner leurs apports d'engrais minéraux et organiques à la parcelle.

La Frcuma a élaboré un cahier de fertilisation qui se présente sous la forme d'un classeur dans lequel l'agriculteur dispose d'un intercalaire par parcelle. Cette organisation du cahier de fertilisation permet à l'utilisateur d'archiver ses fiches parcelles et de pouvoir reconstituer rapidement l'historique de ses apports d'engrais.

Le classeur contient :

- des fiches parcellaires annuelles ;
- une fiche « répartition des déjections des troupeaux bovins et ovins » ;
- des fiches parcellaires supplémentaires permettant de noter les apports en N, P et K ;
- un tableau récapitulatif des livraisons d'engrais organiques sur les terres mises à disposition ;
- un tableau récapitulatif annuel des apports de fertilisants et les rendements obtenus.

De plus, suite aux remarques de nombreux agriculteurs, nous avons doté le cahier de fertilisation de nombreuses annexes :

- une fiche « Epanchez la bonne dose » ;
- les aspects réglementaires et le calendrier d'épandage ;
- des recommandations ;
- un exemple de fertilisation azotée pour le blé et pour le maïs ;
- des fiches pratiques pour différents types d'engrais organiques (composition, utilisations).

La mise en place d'un cahier de fertilisation collectif pose le problème de la responsabilité du président de la cuma. Ces derniers estiment que la cuma ne doit pas se substituer à l'adhérent qui assume seul la gestion de son exploitation.

L'étude a confirmé des travaux antérieurs de la Frcuma : les agriculteurs méconnaissent la valeur fertilisante de leurs engrais de ferme (fumier) et des quantités épanchées (fumier et lisier). La valeur fertilisante des lisiers est souvent connue par des analyses rapides (Quantofix ; Agrolisier) pratiquées par les éleveurs. La valeur fertilisante des fumiers ne peut être connue précisément que par des analyses en laboratoires. Ces analyses sont rarement pratiquées par les agriculteurs.

En ce qui concerne les quantités de lisier épanchées, le cubage des tonnes à lisier est souvent pris comme référence, en faisant abstraction de leur taux de remplissage. La quantité de fumier contenue dans l'épandeur est, quant à elle, souvent méconnue ou estimée de manière très approximative. Les pesées de chantiers proposées par les fédérations de cuma sont encore trop peu mises en oeuvre.

Il nous paraît important que des outils puissent rapidement être mis à la disposition des agriculteurs pour leur permettre de mieux maîtriser leurs apports d'engrais organiques. Les progrès techniques doivent porter sur des systèmes de pesée des caisses d'épandeurs à fumier et par la généralisation d'indicateurs de niveaux tubulaires gradués sur les tonnes à lisier.

## **2.2 Utilisation de boîtiers électroniques d'enregistrement**

Nous avons recueilli les impressions des adhérents concernant la mise en place de boîtiers électroniques qui permettraient aux utilisateurs d'enregistrer les données des épandages. Les informations pourraient ensuite être traitées sur un ordinateur à poste fixe, pour permettre l'édition des bons de travaux, la mise à jour des cahiers de fertilisation et la constitution d'une base de données.

Les craintes liées à l'arrivée d'une nouvelle technologie et à l'utilisation des outils informatiques sont perceptibles dans toutes les cuma de l'expérimentation. Dans l'hypothèse de l'implantation d'une telle technologie, les adhérents souhaitent qu'elle soit simple d'utilisation et bon marché.

Enfin, l'utilisation du G.P.S. lors des épandages ne fait, pour l'instant, pas partie des préoccupations des agriculteurs. Ces derniers sont conscients de l'intérêt d'une telle technique notamment concernant l'informatisation de la tenue du cahier de fertilisation. En effet, l'utilisation du G.P.S. permettrait d'identifier la parcelle dans laquelle évolue le matériel d'épandage. A partir de cette donnée, il serait possible de connaître, notamment, la superficie de la parcelle et le nom de l'exploitant. L'automatisation d'un tel système intéresse les agriculteurs.

Les enquêtes réalisées auprès des cuma montrent ainsi que les nouvelles technologies de l'information pourraient faciliter les enregistrements et la valorisation de données concernant la fertilisation organique. Nous constatons aussi, comme nous l'avons vu dans des travaux précédents, qu'il faut mettre l'accent sur la connaissance des quantités et la valeur des déjections épandues. Le cahier de fertilisation, au-delà de son aspect réglementaire, deviendra ainsi un véritable outil de gestion de la fertilisation.

## **3. L'offre des constructeurs (V. Désertaux, SNCVA)**

### **3.1 Introduction**

Dès l'origine, les constructeurs ont accompagné la demande des utilisateurs et des pouvoirs publics pour des épandages de lisier plus respectueux de l'environnement.

Dans un premier temps, ceci s'est notamment traduit par le développement de dispositifs d'épandages plus performants (en terme de maîtrise de l'épandage) que la traditionnelle buse à palette. Ces dispositifs, à savoir les rampes d'épandage et les enfouisseurs, contribuent à eux seuls très largement :

- à une répartition régulière du lisier épandu ;
- à l'augmentation des surfaces susceptibles de recevoir des épandages de lisier.

En effet, les rampes permettent l'apport de lisier sur les cultures en végétation, alors que l'enfouissement autorise l'apport de lisier jusqu'à 10 mètres des habitations au lieu de 100 mètres dans le cas général ;

- à la diminution des nuisances olfactives dues aux épandages.

L'investissement que représentent ces dispositifs est le facteur révélateur d'une évolution très positive de la considération que l'agriculteur utilisateur apporte aux effluents de son élevage. Ces équipements sont en effet les maillons indispensables d'une gestion raisonnée des lisiers, qui ne seront plus considérés uniquement comme des polluants, mais surtout comme des fertilisants organiques. Ils entrent alors dans un contexte de valorisation technique et économique, se substituant partiellement aux fertilisants chimiques utilisés sur l'exploitation.

Ces récents dispositifs d'épandage ont apporté des solutions satisfaisantes aux principaux problèmes posés par l'épandage des lisiers de porc. Néanmoins, la banalisation de l'électronique dans ses utilisations en agroéquipements offre des perspectives permettant d'aller plus loin dans la maîtrise des épandages.

Le caractère évolutif de l'électronique, et principalement son ouverture facile sur l'informatique, la normalisation en cours des techniques et des protocoles d'échanges de données informatiques sur les matériels agricoles (bus CAN) permettent d'envisager une évolution très rapide et au meilleur coût de ces dispositifs quand la demande s'en fera ressentir.

A travers deux exemples, nous allons étudier l'offre actuelle des constructeurs et les perspectives qu'elle présente.

### **3.2 Deux exemples de matériels d'épandage intégrant l'électronique**

L'automatisation de la tenue des cahiers d'épandage, contrainte perçue par l'utilisateur, n'est pas la finalité du développement de tels systèmes. Leur finalité se situe bien sûr dans le respect d'une dose précise et bien répartie.

La mise au point de ces dispositifs D.P.A. (Débits Proportionnels à l'Avancement) et l'instrumentation qu'ils supposent, font que la saisie parcellaire des volumes et des doses épandues devient un simple traitement de données enregistrées et cumulées pour le bon fonctionnement du système de régulation.

Pour une raison évidente, ces D.P.A. sont réservés aux rampes d'épandage et aux enfouisseurs. Ces dispositifs d'épandage ont en effet une largeur de travail indépendante des caractéristiques de sortie du lisier (débit, pression), au contraire des buses à palette, fussent-elles de précision.

### 3.2.1 Ets MAUGUIN (Mayenne)

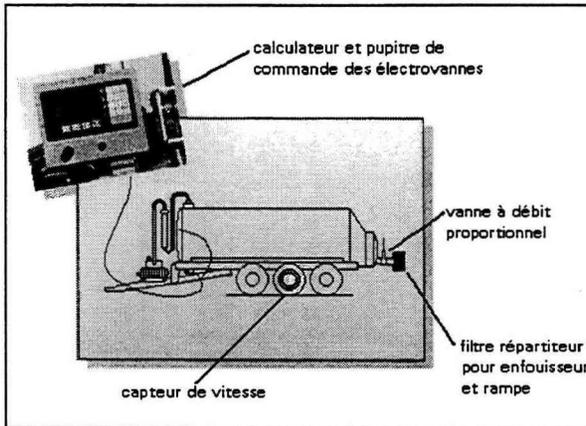
L'offre de MAUGUIN pour une régulation électronique de l'épandage n'est pas récente, le système G.R.L.P. a, en effet, reçu une médaille d'or à l'occasion du concours pour l'encouragement à la recherche technique organisé au SIMA 1991.

Ce système témoigne du souci des constructeurs, et de MAUGUIN en particulier, de participer dès l'origine à la maîtrise des épandages de lisier et au respect de l'environnement.

Le système MAUGUIN est d'une simplicité remarquable, ce qui atteste de l'aboutissement de sa conception. Ceci est une qualité incontestable pour la facilité de maintenance et de réglage du matériel.

Ce système se passe de débitmètre et de tout système de pesée qui capterait directement la quantité épandue par le matériel. Il est constitué des éléments suivants (cf. figure 3):

- un calculateur ;
- un capteur de vitesse d'avancement, soit un radar soit une roue du véhicule équipée d'un capteur de proximité en regard d'une roue dentée ;
- une vanne à effet proportionnel pour l'ajustement du débit. Cette vanne est équipée d'un capteur de position qui renvoie à chaque instant son degré d'ouverture au calculateur.



**Figure 3 : L'équipement d'une tonne à lisier MAUGUIN**  
(source Mauguin)

Pour assurer la régulation de l'épandage, le calculateur doit être paramétré avec les données suivantes :

- la teneur en azote du lisier, obtenue par une mesure au Quantofix ou à l'Agrolisier ;
- la largeur de travail du dispositif d'épandage.

Le débit du matériel d'épandage, s'il n'est pas mesuré directement, est déduit par le calculateur en fonction des caractéristiques d'écoulement du produit dans la vanne à effet proportionnel.

En effet, le débit  $d$  de l'écoulement d'un liquide soumis à une pression  $P$  à travers un étranglement de section  $S$  suit la relation suivante :

$$d = k \cdot S \cdot \sqrt{P}$$

La constante  $k$  est une fonction de l'étranglement et des caractéristiques d'écoulement du liquide. Pour les grandes ouvertures de la vanne (au-delà de 50%) et pour le même lisier,  $k$  est constant.

On considère qu'un lisier de porc a des caractéristiques d'écoulement constantes quelle que soit son origine. Avec une pression de travail constante et bien régulée, on remarque alors que le débit de la machine, pour les grandes ouvertures de la vanne, devient une fonction linéaire de la section de passage de la vanne.

Le calculateur étant renseigné sur le degré d'ouverture de la vanne, il ajuste en continu la dose en fonction des paramètres qui lui ont été indiqués ou qu'il reçoit des différents capteurs de la machine.

Pour le bon fonctionnement de cet équipement, MAUGUIN préconise une pression de fonctionnement pour chaque type d'effluents à épandre (tous les systèmes commercialisés l'ont été pour des épandages de lisier de porc). De plus, l'épandeur est équipé d'un dispositif complémentaire de régulation qui corrige la perte de pression due à la diminution de l'influence de la pression statique de la hauteur du lisier dans la cuve.

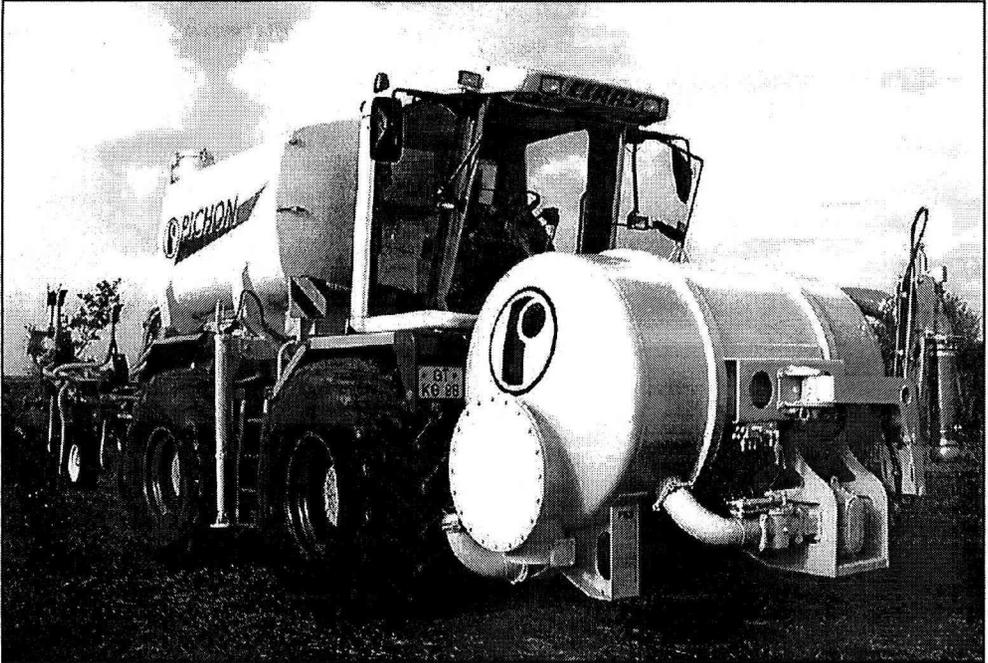
L'afficheur du calculateur indique en permanence le degré d'ouverture de la vanne à effet proportionnel. Pour que l'épandage soit parfaitement régulé, tenant compte des caractéristiques de la vanne, il est conseillé de maintenir cette ouverture, en augmentant la vitesse au besoin, au dessus des 50%.

Le dispositif est réglé et paramétré en usine pour une pression de fonctionnement par catégorie de produit à épandre. Des essais contrôlés au champ ont montré qu'il permet de respecter les consignes d'épandage qu'on lui a fixées avec une erreur de moins de 5%. Au besoin, le calculateur peut être reparamétré à distance par voie téléphonique (avec un modem).

Le calculateur propose une fonction d'affichage, voire d'impression (en option), du cumul des quantités épandues. La possibilité d'impression est d'un grand intérêt pour les entrepreneurs de travaux agricoles, principaux utilisateurs de ce système (pour la facturation de leurs travaux), mais aussi pour l'agriculteur qui souhaite relever les quantités épandues par parcelle, diminuant par là la contrainte de la tenue de son cahier d'épandage.

### 3.2.2 Ets PICHON (Finistère)

Dans le cadre du partenariat qu'il a avec CLAAS pour l'équipement du XERION en épandeur de lisier (cf. figure 4), PICHON a co-développé un dispositif D.P.A. électronique avec AGROTRONIX, un fournisseur spécialisé dans l'électronique dédiée aux agroéquipements. Il s'agit d'une déclinaison spécifique aux épandeurs de lisier des systèmes de régulation existant pour les pulvérisateurs.



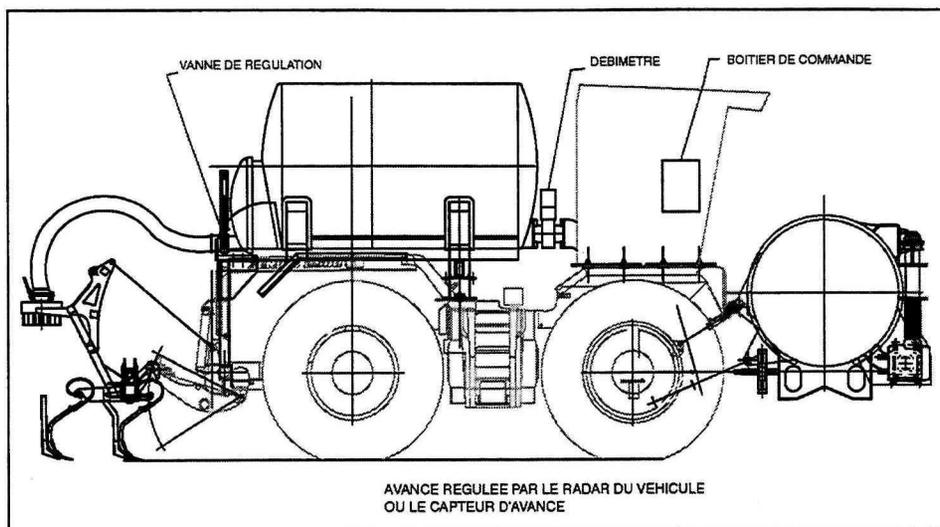
**Figure 4 :** Le XERION de CLAAS équipé de l'épandeur de lisier PICHON (source Pichon).

Le système comprend les éléments suivants (cf. figure 5):

- un calculateur ;
- un capteur de vitesse d'avancement (Radar ou roue instrumentée) ;
- un capteur de débit ;
- une vanne pilotée pour ajuster le débit ;
- un capteur de position de la vanne.

Les données nécessaires au calculateur pour effectuer la régulation de l'épandage sont :

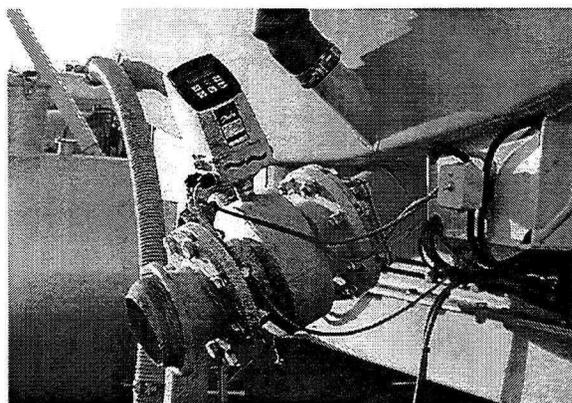
- la largeur de l'outil (rampe ou buse) ;
- le volume à épandre à l'hectare. Par une mesure de la teneur en fertilisant de son lisier, l'opérateur pourra déterminer la dose de lisier à épandre en fonction de la fertilisation qu'il souhaite apporter.



**Figure 5 :** Implantation de l'instrumentation sur le XERION  
(source Pichon).

La principale différence avec le système précédent est la présence d'un capteur de débit, qui donne plus de souplesse à l'utilisation du dispositif (cf. figure 6). Quel que soit le fluide épandu, il donne le débit instantané au calculateur qui adapte l'épandage en fonction des consignes.

Ce capteur constitue le facteur déterminant de l'adaptation des régulateurs de pulvérisateurs aux épandeurs de lisier. En effet, le lisier est un liquide chargé, parfois hétérogène, dont il n'est pas évident de connaître le débit au travers d'une conduite.



**Figure 6 :** Le débitmètre à induction électromagnétique en sortie de cuve  
(source Pichon).

Ce débitmètre (Danfoss) fonctionne sur un principe de mesure à induction électromagnétique, basé sur la loi de Faraday. Quand un conducteur électrique de longueur  $L$  se déplace à une vitesse  $v$  sur une trajectoire perpendiculaire à un champ magnétique  $B$ , une tension induite  $U$  apparaît aux bornes de ce conducteur.

$$U = L \times B \times v$$

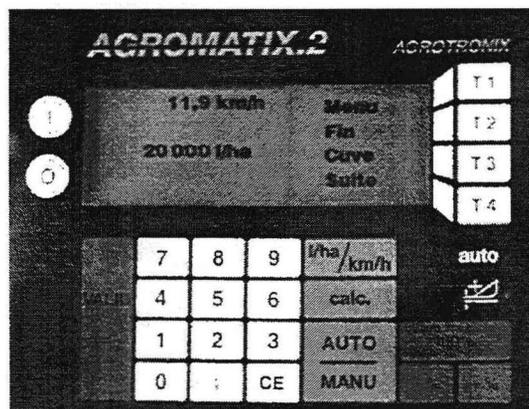
$B$ , le champ magnétique, est connu et constant par construction.  $L$ , dans le cas présent, est le diamètre nominal de passage du capteur, précisément connu. La vitesse moyenne du fluide traversant le capteur est donc égale au produit de la tension mesurée aux bornes du capteur par une constante. Multiplié par la section de passage du capteur, on obtient un débit avec une précision de 0,5 %. Ce système permet une régulation très précise de l'épandage, quel que soit le produit épandu, pourvu qu'il soit conducteur. On remarque par ailleurs que la mesure du débit est possible sans correction, quelle que soit la valeur de cette conductivité.

Les différentes configurations de ce système sont les suivantes :

- **Agromatix 1** : Simple régulation automatique du volume souhaité à l'hectare, avec l'unique possibilité de relever régulièrement la valeur d'un seul compteur totalisateur partiel de dose.

- **Agromatix 2** : Ajoute aux possibilités de l'Agromatix 1 celle de la gestion des épandages par parcelle. Le relevé des compteurs (un par parcelle) doit néanmoins se faire manuellement, aucun échange de données informatiques n'est prévu ici (cf. figure 7).

- **AgroPilot** : Ce système est un véritable système d'épandage localisé avec préconisation de dose, par repérage G.P.S. Il constitue l'ultime perspective dans le raisonnement de l'épandage du lisier. Le transfert de données (cartographie, quantités locales et globales épandues, etc.) est possible par carte à puce entre le calculateur et l'informatique de gestion de l'agriculture de précision. Ceci ouvre toutes les possibilités en matière d'automatisation de la tenue des cahiers d'épandage.



**Figure 7** : Calculateur et afficheur de l'Agromatix 2 (source Agrotronix).

### **3.3 Conclusion**

Les constructeurs proposent depuis longtemps des solutions permettant la rationalisation des épandages des lisiers de porc. Ces solutions vont des simples équipements d'épandage adaptés à cet objectif (rampes, enfouisseurs) jusqu'aux dispositifs les plus aboutis avec préconisation locale de dose (G.P.S.).

La présence de l'électronique permet facilement des relevés précis des travaux effectués, voire des échanges informatiques de données, qui aideront l'utilisateur dans la tenue de ses cahiers d'épandage.

Néanmoins, chacune de ces solutions représente un investissement significatif, investissement qui n'est acceptable qu'à partir de l'instant où l'acheteur est entré dans une logique de valorisation de ses lisiers. Le lisier doit être perçu comme un fertilisant, qui se substituera à d'autres, et non comme un polluant qu'il faut épandre au mieux des contraintes techniques et réglementaires.

Cette évolution des mentalités est la clef du développement de ces techniques rationnelles d'épandage, donc de celui des équipements les permettant. Dans ce contexte, les constructeurs montrent aujourd'hui qu'ils sauront répondre à cette demande en fournissant des produits de haute technologie. Leur amortissement sera compensé par les économies qui seront logiquement réalisées sur les postes de fertilisation chimique.

### **Conclusion générale**

Les éleveurs prennent de plus en plus conscience de l'intérêt économique et environnemental d'une gestion raisonnée des épandages de lisier. Cette attitude se traduit notamment au niveau des cuma par l'acquisition de matériels spécifiques d'épandage (rampes d'épandage, enfouisseurs), ainsi que par l'élaboration de cahiers de fertilisation pour le raisonnement des apports d'engrais minéraux et organiques à la parcelle.

Les progrès réalisés dans le domaine de l'électronique offrent maintenant d'intéressantes possibilités pour mieux contrôler les quantités épandues, comme la régulation de débit proportionnel à l'avancement, les débitmètres pour les effluents liquides ou les systèmes de pesée pour les effluents solides. Les recherches en cours, d'ordre plus prospectif, menées sur les bases de l'agriculture de précision, permettent aussi d'envisager l'enregistrement automatisé des données d'épandage et la cartographie des surfaces épandues, afin d'arriver au suivi informatisé des apports de fertilisants.

### **3.3 Conclusion**

Les constructeurs proposent depuis longtemps des solutions permettant la rationalisation des épandages des lisiers de porc. Ces solutions vont des simples équipements d'épandage adaptés à cet objectif (rampes, enfouisseurs) jusqu'aux dispositifs les plus aboutis avec préconisation locale de dose (G.P.S.).

La présence de l'électronique permet facilement des relevés précis des travaux effectués, voire des échanges informatiques de données, qui aideront l'utilisateur dans la tenue de ses cahiers d'épandage.

Néanmoins, chacune de ces solutions représente un investissement significatif, investissement qui n'est acceptable qu'à partir de l'instant où l'acheteur est entré dans une logique de valorisation de ses lisiers. Le lisier doit être perçu comme un fertilisant, qui se substituera à d'autres, et non comme un polluant qu'il faut épandre au mieux des contraintes techniques et réglementaires.

Cette évolution des mentalités est la clef du développement de ces techniques rationnelles d'épandage, donc de celui des équipements les permettant. Dans ce contexte, les constructeurs montrent aujourd'hui qu'ils sauront répondre à cette demande en fournissant des produits de haute technologie. Leur amortissement sera compensé par les économies qui seront logiquement réalisées sur les postes de fertilisation chimique.

### **Conclusion générale**

Les éleveurs prennent de plus en plus conscience de l'intérêt économique et environnemental d'une gestion raisonnée des épandages de lisier. Cette attitude se traduit notamment au niveau des cuma par l'acquisition de matériels spécifiques d'épandage (rampes d'épandage, enfouisseurs), ainsi que par l'élaboration de cahiers de fertilisation pour le raisonnement des apports d'engrais minéraux et organiques à la parcelle.

Les progrès réalisés dans le domaine de l'électronique offrent maintenant d'intéressantes possibilités pour mieux contrôler les quantités épandues, comme la régulation de débit proportionnel à l'avancement, les débitmètres pour les effluents liquides ou les systèmes de pesée pour les effluents solides. Les recherches en cours, d'ordre plus prospectif, menées sur les bases de l'agriculture de précision, permettent aussi d'envisager l'enregistrement automatisé des données d'épandage et la cartographie des surfaces épandues, afin d'arriver au suivi informatisé des apports de fertilisants.

## Bibliographie

BALSARI P., AIROLDI G. (1995), Liquami zootecnici, soluzioni per spanderli ed interrarli. *Machine e motori agricoli*, n 11, p.42-52.

BUNING E., MUNACK A., SPECKMANN H. (1998), Components and control system design for high performance spreading of liquid manure. *Proceeding 13<sup>th</sup> international congress of agricultural engineering*, volum 2, p.233-338.

HABIB Z. (1994), Quelles évolutions pour les équipements d'épandage ? *Actes du colloque : Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages*, p.71-87.

LE BARS J.M. (1993) ; La localisation d'engins agricoles. *Bulletin technique machinisme équipements agricoles*, n° 69, p.13-24.

SCOTFORD I.M., CUMBY T.R., RICHARDS P.A., HAN L. (1998), Development of a prototype nutrient sensing system for livestock slurries by measurement of physical and chemical properties. *Journal of agricultural engineering Research*, n° 69, p.217-228.



# La place du traitement dans la gestion des excédents structurels d'effluents d'élevage

## *Importance of treatment in reducing surplus manure policy*

**Claude Gitton et Yvan Hurvois**

Agence de l'eau Loire-Bretagne

Avenue de Buffon

B.P. 6339

45063 Orléans Cedex 02

### **Résumé**

Le défi qui doit être relevé aujourd'hui est la restauration d'un lien entre le sol et les élevages hors-sol qui consomment massivement des aliments produits en dehors de l'exploitation. Il faut pour cela tenir compte de la capacité épuratoire des sols et des cultures. Les régions qui ont fortement développé les élevages hors-sol sont aujourd'hui en situation d'excédent structurel lié aux élevages. Le recours au traitement des effluents d'élevage doit souvent compléter d'autres mesures de résorption. Mais il convient de ne pas oublier que le développement des élevages hors-sol a des conséquences plus sournoises et moins réversibles que la pollution des eaux par les nitrates.

L'accumulation de certains éléments chimiques tels que le phosphore, le cuivre, le zinc a des conséquences sur la fertilité des sols et sur la qualité des eaux qui ne sont pas parfaitement connues mais doivent être prises en compte. C'est tout particulièrement vrai pour le phosphore qui peut être entraîné vers les eaux de surface et participer à leur eutrophisation.

### **Abstract**

*Poultry and pig farms produce livestock manure in excess, the latter does not match crops requirements because most of the food is not produced by the farm but is bought outside.*

*To restore the link between farm arable crops and livestock manure is therefore the great challenge to take up. Expansion of agriculture has led to livestock manure surplus in some areas (especially in Brittany) where this problem becomes regional. They are consequently called "structural surplus areas" ("zone d'excédent structurel"). Processing of pig slurry is necessary in these regions as well as changes in feeding, exportation of raw manure and optimization of land spreading.*

*But, development of cattle does not only deal with nitrate pollution but also can lead to more severe environmental damages. A lower soil fertility can occur in case of increasing concentrations of heavy metals (copper and zinc). Also an excess of phosphorus can bring about water surface eutrophication.*

*All these phenomena are not well known but must be kept in mind as soon as a treatment plant is planned.*

**Mots-clés :** azote, excédent structurel, lisier de porc, phosphore, traitement des déjections.

**Keywords :** nitrogen, manure surpluses, pig slurry, phosphorus, manure processing.

## Introduction

L'organisation de l'industrie des aliments du bétail a permis l'expansion de l'élevage hors-sol : un élevage qui n'a pas besoin de sol, si ce n'est le sol où sont implantées les installations d'élevage.

Des camions apportent les aliments du bétail produits en dehors de l'exploitation et emportent les animaux vers les abattoirs. Il reste alors sur place des déjections avec des éléments fertilisants que les cultures de l'exploitation sont très généralement dans l'incapacité de recycler. L'exploitation est en situation d'excédent structurel et leur recyclage nécessite l'épandage de déjections chez d'autres agriculteurs qui ne sont pas dans une situation identique.

De 1960 à 1995, la production de porc a été multipliée par 1,9 en France. Mais cette augmentation n'a pas du tout été uniforme sur l'ensemble du territoire. Elle a été nettement plus rapide dans le grand ouest tandis que d'autres régions ont vu leur production diminuer (O. TEFFÈNE et al, 1998).

Lorsque c'est toute une région qui développe l'élevage hors-sol, une somme d'excédents structurels d'exploitation crée un excédent structurel régional (J. SEBILLOTTE, 1994) nettement plus difficile à résorber.

### 1. Définition de l'excédent structurel régional

Le problème a été clairement identifié il y a déjà près de vingt ans. Le rapport du groupe de travail "activités agricoles et qualité des eaux" remis en octobre 1980 sur demande des ministres chargés de l'agriculture et de l'environnement (rapport HÉNIN) posait déjà le problème de la concentration des sites de consommation d'aliment du bétail par les élevages de porcs et de volailles : « Il faut donc envisager une redispersion des produits concentrés pour les besoins des élevages. ».

Le CORPEN a proposé en 1987 un programme d'action pour la Bretagne. Il constatait alors « un excédent global des effluents à l'échelle de petites zones de dimension variable, les cultures n'ayant pas une surface suffisante pour absorber de façon rationnelle l'ensemble des déjections produites, même si on les suppose épandues au mieux sur toutes les parcelles de la zone et même si on prend en compte les pertes par voie gazeuse » (CORPEN, 1987).

Suite à ce travail, le CORPEN a mis au point en 1988 un bilan global annuel à l'exploitation de l'azote, du phosphore et du potassium. Il s'agissait notamment de déterminer « s'il y a excédent d'azote ou non (...) pour définir les quantités susceptibles d'être traitées ou d'être exportées en dehors des zones excédentaires » (CORPEN, 1988).

La mise en application de la directive « nitrates »<sup>1</sup> et la mise en œuvre du programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole dans les élevages ont fourni la première occasion de donner une définition opérationnelle à l'excédent structurel régional.

Deux choix ont été faits pour définir les zones en excédent structurel<sup>2</sup> :

- l'excédent structurel est apprécié au niveau de chaque canton.
- le canton est considéré en excédent structurel dès lors que la quantité moyenne annuelle d'azote produite par l'ensemble du cheptel du canton toutes espèces confondues et ramenée à la surface agricole utile épandable du canton est supérieure au seuil prévu pour les effluents d'élevage au titre de la directive 91/676/CEE, soit 170 kilogrammes par hectare.

La prise en compte de cette dernière valeur pour définir l'excédent structurel régional a trop souvent été interprétée comme la définition de l'excédent structurel d'exploitation par le seul dépassement de cette valeur, sans prendre en compte les quantités d'azote pouvant effectivement être recyclées par les cultures en place qui sont souvent inférieures.

Sept départements ont identifié en 1994 des cantons en excédent structurel lié aux élevages : Côtes d'Armor (33 cantons), Drôme (10 cantons), Finistère (20 cantons), Ille et Vilaine (6 cantons), Mayenne (4 cantons), Morbihan (12 cantons) et Vendée (2 cantons). Les préfets de ces départements ont dû arrêter des programmes de résorption dans chaque canton avec un chiffrage des objectifs pour les différentes voies de résorption des excédents d'azote.

## **2. Elaboration des programmes de résorption**

### **2.1 Orientations initiales**

Les objectifs et les modalités de définition des programmes de résorption ont été arrêtées en septembre 1994 comme suit :

- Les programmes de résorption doivent permettre d'adapter les quantités d'azote apportées aux besoins prévisibles des cultures, en tenant compte notamment de l'état des sols, de leur composition, des conditions climatiques et de l'utilisation des sols.

---

<sup>1</sup> Directive 91/676/CEE du Conseil des communautés européennes du 12 décembre 1991 concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles.

<sup>2</sup> Arrêté du 2 novembre 1993 (...) portant application de l'article 14-1 de la loi du 16 décembre 1964 modifiée relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution et prévoyant certaines dispositions transitoires applicables aux exploitations d'élevage.

Il est entendu que la seule limitation des apports annuels d'azote, y compris par les animaux eux-mêmes, à 170 kilogrammes par hectare n'est pas un gage de réussite de la maîtrise des risques de pollution des eaux.

- Les programmes de résorption doivent combiner plusieurs moyens pour réduire la quantité d'azote épandue par hectare :

**Réduction des quantités à épandre dans le canton :**

- transport d'une partie des déjections vers une zone sans excédent structurel ;
- traitement d'une partie des déjections. En aucun cas, les investissements accompagnés par l'agence de l'eau ne devront conduire à une augmentation de la production animale ;
- maîtrise des effectifs d'animaux et prise en compte des restructurations d'élevage ;
- amélioration des techniques d'élevage.

**Meilleure utilisation des surfaces recevant des effluents dans le canton :**

- épandage réel sur toutes les parcelles incluses dans les plans d'épandage ;
- utilisation de nouvelles parcelles pour l'épandage.

## **2.2 Hiérarchisation des mesures de résorption**

Dans les faits, les programmes de résorption établis en 1996 ont suivi une priorité entre mesures de résorption fondée sur une analyse technique et économique : d'abord les mesures les moins coûteuses et les plus fiables.

Le traitement des déjections est ainsi la technique de résorption utilisée quand les autres se révèlent insuffisantes. Les trois mesures de résorption retenues pour limiter autant que possible les déjections à soumettre au traitement sont les suivantes :

- réduction de la pollution à la source par l'adoption d'une meilleure alimentation des porcs (« alimentation biphase ») ;

Pour les élevages de porcs, il est aisé de réduire les rejets d'azote de 16 % et ceux de phosphore de 27 % (CORPEN, 1996) ;

- accroissement de la mise à disposition de terres : accueil chez les exploitants sans excédent structurel d'azote de déjections animales provenant des élevages voisins ;
- « exportation » des produits à valeur fertilisante élevée, en particulier des déjections avicoles.

## 2.3 Contenu des programmes de résorption

Seuls les quatre départements bretons ont prévu de faire appel de manière importante au traitement des déjections pour résorber les excédents liés aux productions animales connues en 1994.

Le diagnostic réalisé dans chaque canton breton a révélé une grande diversité des situations au vu de l'importance de l'excédent structurel, de l'origine des excédents et de la structure des exploitations excédentaires.

Même à l'échelle du département entier, on peut distinguer des profils bien différenciés (tableaux 1 et 2, source : DIREN Bretagne, 1998).

	Bovins	Porcins	Volailles	autres	Total
Côtes-d'Armor	30 000	23 200	14 700	1 200	69 100
Finistère	26 800	21 700	11 500	900	60 900
Ille-et-Vilaine	34 900	10 500	4 700	1 400	51 500
Morbihan	22 200	10 900	14 400	900	48 400
Total	113 900	66 300	45 300	4 400	229 900

**Tableau 1** : Azote provenant des effluents d'élevage dans les quatre départements de la Bretagne (tonnes d'azote par an)

Les élevages herbivores produisent 50 % des quantités d'azote contenues dans les déjections mais ne provoquent pas d'excédent structurel d'exploitation, sauf quelques élevages particuliers. La répartition des excédents d'azote entre les différentes espèces a été estimée comme suit en Bretagne :

- porcs ..... 58 %
- volailles de chair ..... 25 %
- poules pondeuses..... 17 %

Finalement, les objectifs arrêtés dans les départements bretons sont les suivants :

	réduction à la source	"exportation"	traitement	Total
Côtes-d'Armor	3 026	6 901	6 800	16 727
Finistère	2 555	2 121	6 015	10 691
Ille-et-Vilaine	222	148	750	1 120
Morbihan	986	2 062	3 008	6 056
Total	6 789	11 232	16 573	34 594

**Tableau 2** : Objectifs pour les mesures de résorption arrêtés en 1996 (tonnes d'azote).

## **2.4 Orientations récentes**

L'ensemble des élevages porcins et des élevages avicoles se trouvent en concurrence pour l'accès aux terres d'épandage dans les cantons en excédent structurel.

Ainsi, si les éleveurs de porcs mobilisent une forte proportion des terres disponibles, les quantités de lisier à traiter seront inférieures à celles prévues dans les programmes de résorption tandis que les quantités de déjections avicoles à exporter ou à traiter seront augmentées.

Les mesures arrêtées récemment limitent l'incertitude concernant la place qu'occupera le traitement du lisier de porc. En effet, ces mesures limitent la taille des plans d'épandage et rendent obligatoire le traitement ou le transfert à longue distance pour les élevages les plus importants.

## **3. Maîtrise des pollutions et traitement du lisier**

### **3.1 Grands types de traitement des déjections**

Les techniques mises en œuvre dans les cantons en excédent structurel visent en premier lieu à réduire la superficie du plan d'épandage dimensionné sur l'azote.

Pour les déjections avicoles, la possibilité d'obtenir des produits à forte teneur en matière sèche rend possible le pari technique et économique du transport des déjections vers des exploitations agricoles très éloignées des élevages.

Pour les déjections porcines, la valeur fertilisante d'un m<sup>3</sup> de lisier est trop faible pour qu'un transport de lisier brut sur de très longues distances soit facile à envisager. Le traitement des déjections porcines peut diminuer les quantités d'azote à épandre en émettant de l'azote vers l'atmosphère. Seule l'émission de N<sub>2</sub> n'est pas un transfert de pollution.

Le traitement donne naissance à des co-produits qui seront épandus localement sur le plan d'épandage ou seront exportés. Dans les deux cas, une bonne utilisation de ces co-produits est indispensable pour ne pas opérer un simple transfert de pollution.

### **3.2 Maîtrise des risques de pollution des eaux par l'épandage de composés azotés**

Les programmes de résorption font partie intégrante des programmes d'action qui visent à limiter à un niveau admissible les fuites de composés azotés vers les

eaux<sup>3</sup>. En particulier, l'épandage des fertilisants doit respecter les prescriptions suivantes<sup>4</sup> :

- la dose des fertilisants épandus est limitée en se fondant sur l'équilibre entre les besoins prévisibles des cultures et les apports et sources d'azote de toute nature ;
- dans le cadre de l'équilibre global de la fertilisation, pour chaque exploitation ou élevage, les quantités d'azote contenues dans les effluents d'élevage épandus y compris par les animaux eux-mêmes ne devront pas dépasser à terme 170 kilogrammes par hectare.

La concomitance entre les prélèvements d'azote par la culture (concentrés sur la période printanière pour les cultures d'hiver et les prairies, sur le début de l'été pour les cultures de printemps comme le maïs) et les disponibilités en azote nitrique est un gage de maîtrise des risques de pollution des eaux.

Hélas, la plupart des procédés de traitement génèrent des co-produits enrichis en azote organique après avoir éliminé tout ou partie de l'azote ammoniacal rapidement nitrifié dans le sol après épandage. Ils accentuent donc le décalage temporel entre besoins et fournitures d'azote.

Aussi, le traitement des déjections devra être accompagné de précautions particulières pour une bonne efficacité sur la maîtrise des fuites de nitrates vers les eaux :

- épandage de doses non excessives et apports d'engrais minéraux complémentaires limités au strict nécessaire.
- épandage des co-produits aux périodes les plus adéquates pour favoriser l'assimilation des nitrates par les plantes.

Les effluents liquides, même s'ils présentent une faible concentration en azote, sont à gérer comme des fertilisants azotés et non comme une eau d'irrigation.

Pour les autres co-produits plus riches en azote organique, une bonne connaissance de leur vitesse de minéralisation est indispensable pour réaliser les épandages au meilleur moment. Les connaissances sur leurs effets directs et leurs arrière-effets sont encore fragmentaires à ce jour.

Il n'est pas exclu qu'il faille faire appel à l'utilisation d'inhibiteurs de nitrification pour permettre des épandages automnaux réalisés en vue de fertiliser des céréales d'hiver :

- modification des successions de cultures et de l'interculture (choix des cultures et implantation de cultures pièges à nitrates) de façon à avoir des couverts

---

<sup>3</sup> Décret n°96-163 du 4 mars 1996 relatif aux programmes d'action à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole.

<sup>4</sup> Arrêté du 4 mars 1996 relatif aux programmes d'action à mettre en œuvre en vue de la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole.

végétaux prélevant l'azote issu de la minéralisation des matières organiques qui se poursuit après la récolte.

– bonne traçabilité pour ce qui concerne les exportations de co-produits issus du traitement afin de garantir qu'il ne s'agit pas d'un simple transfert de pollution.

Enfin, l'auto-contrôle ne devra pas porter seulement sur le fonctionnement de l'unité de traitement. Il devra aussi porter sur l'épuration par épandage des co-produits restant à gérer sur l'exploitation. Sans un auto-contrôle réel de ses sorties, aucun système agricole ne saurait être durable (J.M. MEYNARD, 1995).

### **3.3 Maîtrise des risques de pollution azotée par les émissions d'ammoniac depuis les installations d'élevage**

Les retombées de polluants (dioxyde de soufre, oxydes d'azote  $\text{NO}_x$  et ammoniac principalement) sous l'effet des vents et des précipitations génèrent une pollution acide. Elle peut être responsable de la dégradation des forêts, de l'altération des sols, de l'eutrophisation des eaux, de la disparition de la faune aquatique et de la corrosion des matériaux (bâtiments en pierre, etc.).

Dans le cadre de la réglementation, d'importantes mesures de réduction des émissions ont été élaborées. Ainsi, les émissions de dioxyde de soufre diminuent rapidement, celles de  $\text{NO}_x$  diminuent lentement tandis que celles d'ammoniac évoluent peu. La part des émissions d'ammoniac dans le potentiel acide est passé en France de 22 % en 1980 à 36 % en 1994 (IFEN, 1998).

La maîtrise des émissions d'ammoniac concerne essentiellement l'élevage puisqu'elles proviennent pour 80 % des élevages : émissions depuis les bâtiments et les ouvrages de stockage, émissions après épandage.

Les émissions d'ammoniac dans les bâtiments et les ouvrages de stockage des déjections sont très importantes. Le CORPEN estime que, selon les espèces, elles représentent entre 25 % et 60 % de l'azote excrété par les animaux (CORPEN, 1996). Cette référence cache de fortes disparités entre différents modes de logement (fosses profondes ou préfosses en élevage porcin, fosses profondes ou tapis en élevage de poules pondeuses, etc.) et d'ouvrages de stockage (fosses couvertes ou non...). On pourrait penser que ces pertes sont bénéfiques car elles minimisent les apports au sol. Cependant, une fois dans l'atmosphère, ces composés vont être transportés puis, à terme, être redéposés. Ils sont alors réintégrés dans le cycle de l'eau et posent le problème de leur impact et de leur devenir (P. CELLIER, 1998). Outre ses effets sur le phénomène des "pluies acides" qui peut se manifester après un transport sur plusieurs centaines de kilomètres, les émissions d'ammoniac participent de manière importante aux risques de pollution des eaux par les composés azotés.

Environ la moitié de l'azote ammoniacal émis retombe à moins de 7 kilomètres du lieu d'émission. Il est retenu par la végétation et le sol, ou bien contribue directement à la pollution des eaux de surface.

L'azote ammoniacal, qui atteint le sol sans être assimilé par les plantes subit une nitrification. Il s'agit là d'une fertilisation azotée occulte non négligeable dans les régions d'élevage intensif.

En Bretagne, les deux tiers des émissions d'ammoniac depuis les installations d'élevage proviennent des élevages hors-sol. Elles représentent 45 % des quantités d'azote épandues, soit une valeur moyenne de 35 kilogrammes d'azote par hectare de superficie totale en 1997.

Il existe des solutions pour réduire les pertes par volatilisation (C. TEXIER, 1997) : technique d'évacuation des déjections hors des bâtiments d'élevage, caillebotis partiel plutôt que caillebotis intégral, couverture des ouvrages de stockage, etc. Toutes ces techniques augmentent les quantités d'azote à traiter dans les situations d'excédent structurel.

Quant aux procédés de traitement de l'air extrait des porcheries, ils sont encore balbutiants.

Les procédés de traitement n'ont pas d'impact sur les émissions gazeuses depuis les bâtiments et les ouvrages de stockage. Toute augmentation de cheptel, même accompagnée d'un traitement très poussé, entraîne une augmentation des émissions gazeuses et des retombées occultes d'azote ammoniacal.

### **3.4 Maîtrise des risques de pollution par le phosphore**

Lorsqu'il est réalisé à des doses raisonnées sur la base des apports d'azote, l'épandage de déjections animales brutes entraîne toujours un apport en phosphore excessif en comparaison des besoins des cultures (la SAU bretonne a exporté en moyenne 47 kg  $P_2O_5$  par hectare en 1997).

En Bretagne, les élevages hors-sol produisent 64 % des quantités de phosphore produites par l'ensemble des élevages. Ils sont à l'origine d'un enrichissement des sols en phosphore bien plus rapide que dans le cas des élevages herbivores.

Les pertes de phosphore par lixiviation sont négligeables. En revanche, les pertes par ruissellement sous forme particulaire en période de pluies sur des parcelles à risques peuvent être très importantes. L'accumulation du phosphore augmente donc de manière considérable et irréversible les risques d'eutrophisation des eaux de surface.

Mais l'accumulation de phosphore reste lente dans le cas d'épandage de lisier brut bien raisonné pour l'azote (0,7 kg  $P_2O_5$  pour 1 kg N avec un élevage naisseur-engraisseur utilisant une alimentation standard).

Les procédés de traitement du lisier de porc envisagés à ce jour sont essentiellement des procédés qui rejettent dans l'atmosphère une partie de l'azote du lisier (sous forme moléculaire  $N_2$  pour les procédés biologiques, sous forme ammoniacale pour le compostage).

Les procédés de traitement qui n'éliminent que l'azote accentuent le déséquilibre N/P et entraînent des épandages de co-produits très riches en phosphore et une accélération de l'accumulation de phosphore dans le sol.

Plus la part de lisier soumis à un tel traitement est importante, plus les quantités de phosphore à gérer deviennent importantes pour une même quantité d'azote résiduelle.

Part de lisier traité	kg N résiduel	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> résiduel	ha épandus	N épandu (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> épandu (kg/ha)
<i>alimentation standard</i>					
0 %	21 883	15 766	156,3	140	101
<i>alimentation biphase</i>					
0 %	18 452	12 000	125,5	140	91
70 %	8 400	12 000	60,0	140	200
88 %	6 720	12 000	48,0	140	250
93 %	5 600	12 000	40,0	140	300
100 %	4 611	12 000	32,9	140	364

**Tableau 3 :** *Évolution des doses de phosphore épandues, à dose d'azote épandue constante, pour une part croissante de lisier soumis à traitement biologique éliminant 75 % de l'azote total (exemple d'un élevage de 450 truies engraisant 3200 porcs par an).*

Le traitement biologique des lisiers ne modifie pas les quantités de phosphore à épandre si l'on ne fait pas appel à des techniques complémentaires telles que :

- réduction de la pollution à la source par adoption d'une alimentation des truies et des porcs charcutiers en deux phases au moins (alimentation biphase) et utilisation de phytases microbiennes améliorant l'assimilation du phosphore de l'aliment ;
- adoption de procédés de séparation en complément du traitement biologique pour extraire préférentiellement le phosphore. Ce traitement complémentaire n'est pas sans conséquence sur l'économie de la filière de gestion des déjections animales et les équipements restent à fiabiliser. L'exportation des co-produits enrichis en phosphore ne fait que délocaliser les problèmes de gestion du phosphore.

Au-delà d'une certaine taille, les élevages devront tenir compte de la taille du plan d'épandage maximale arrêtée pour leur canton et devront éventuellement mettre en œuvre des moyens complémentaires pour diminuer les quantités de phosphore à épandre (cas de l'exemple du tableau pour ne pas dépasser 250 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha si le plan d'épandage ne doit pas dépasser 48 ha).

Finalement, le traitement du lisier ne fait que déplacer les problèmes de gestion du phosphore. Les surfaces anciennement utilisées recevront moins de phosphore, mais celles qui restent utilisées seront encore plus nettement surfertilisées. Il faut apprendre à gérer les surfertilisations en phosphore. Des études des sols à l'épandage spécifiques sont nécessaires et plusieurs mesures agronomiques sont à envisager pour limiter l'augmentation des risques de transfert de phosphore vers les eaux générée par le traitement :

- épandre sur des sols à faible risque de transfert vers les eaux superficielles : sols peu sensibles à l'érosion et éloignés des cours d'eau
- aménager les parcelles d'épandage et adapter les systèmes de culture pour limiter les risques de ruissellement
- limiter les apports de phosphore par hectare pour éviter un enrichissement trop rapide du sol.

### **3.5 Maîtrise des risques de pollution par les éléments traces métalliques**

La formulation des aliments pour les porcs intègre l'utilisation de divers oligo-éléments (principalement cuivre et zinc). Les apports de cuivre vont bien au-delà des stricts besoins alimentaires dans le but d'augmenter la vitesse de croissance (L. GUEGUEN et A. POINTILLART, 1986). Le cuivre et le zinc sont peu retenus par l'animal et se retrouvent pour l'essentiel dans les déjections.

Le suivi de parcelles de fermes d'élevage intensif de porcs a montré l'importance de l'enrichissement en cuivre et zinc qui peut à terme provoquer une phytotoxicité (F. VERTES, 1995). Le traitement du lisier de porc se traduit généralement par une augmentation très sensible des apports d'éléments-traces métalliques sur les terres recevant les co-produits issus du traitement. La menace sur la fertilité des sols est gravement renforcée. Les problèmes de reproductibilité du système de production soulevés pour le phosphore se trouvent donc accentués par les éléments-traces métalliques.

Là encore, la réduction de la pollution à la source et la prise en compte de ce problème dans le choix des procédés de traitement sont de réelles priorités.

## **4. Procédés de traitement des déjections validés par l'agence de l'eau Loire-Bretagne**

### **4.1 Démarche**

En 1996, de l'inventaire des procédés existants à cette date, l'agence de l'eau Loire-Bretagne, assistée d'un comité d'experts, a extrait les procédés de traitement pouvant bénéficier de subventions dans le cadre des programmes de résorption.

Les critères de sélection ont été les suivants :

- le procédé étudié a atteint un stade de développement synonyme d'une exploitation en conditions réelles sur un site d'élevage de taille suffisante. Dans le cas particulier d'une unité mobile, celle-ci est en fonctionnement sur au moins un site d'élevage et traite les excédents correspondants ;
- la gestion des différents co-produits issus du traitement est maîtrisée soit par épandage local soit par exportation. Les outils correspondants font partie intégrante de l'évaluation du procédé de traitement qui doit donc être menée sur une longue période (plusieurs mois voire une campagne culturale) pour étudier tous les aspects agronomiques liés au traitement ;
- un suivi scientifique est réalisé par un organisme indépendant et reconnu pour ses compétences dans le domaine ;
- le procédé n'occasionne aucun transfert de pollution notable, soit par une mauvaise gestion des co-produits, soit par émission de polluants dans l'atmosphère ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , etc.).

Une première liste, dite « ouverte », des procédés de traitement validés par l'agence de l'eau Loire-Bretagne a ainsi été établie. À compter de 1997, tout nouveau procédé de traitement est susceptible de compléter cette liste grâce à une évaluation scientifique intégralement prise en charge par l'agence de l'eau et menée suivant les critères ci-dessus.

objectif principal	type de procédés	exemples de procédés		
Désodorisation + stabilisation	Anaérobie méthanisation	Lannilis (1 <sup>ère</sup> étape)		
	Aérobie	Amolis, Licom, Alfa Laval, lagunage		
	<b>Compostage solide</b>	Guervevez, Morvan, Isater		
	Chimique			
Élimination N	Physico-chimique	Balcopure		
		Smelox		
	<b>Biologique</b>	Solepur, Val-épuration, Technolyse, Porfilise		
Extraction concentration N et P vers co-produits	Séparation de phase	Dénitral, BioArmor, Ternois, OTV, Agrifiltre		
	Chimique	AVDA, Ecoliz		
Valorisation de tous les fertilisants (N, P, K)	Valorisation locale	<b>Épandage direct</b>	Lannilis (2 <sup>ème</sup> étape)	
				Exportation
	Évaporation naturelle ou forcée	Nucléos		

(En gras, les procédés validés par l'agence de l'eau)

**Tableau 4 : Traitement des déjections liquides (Sogreah, 1996).**

## 4.2 Résultats

### 4.2.1 Procédés validés par l'agence de l'eau Loire-Bretagne

La validation concerne un type de procédé « générique » et non un constructeur identifié sauf en présence d'un brevet protégeant l'innovation en question. Toute modification de procédé donne lieu si nécessaire à une évaluation complémentaire de l'agence de l'eau.

Les procédés de traitement favorisant la volatilisation de l'ammoniac présent dans les déjections animales ne constituent pas une solution d'élimination de l'azote satisfaisante. Ces procédés peuvent être tolérés dans le cadre de petites unités de traitement (à condition que les unités soient peu nombreuses sur l'aire géographique considérée) ou lorsque les émissions ammoniacales sont maîtrisées.

Procédé-type	Exemples de constructeur
<u>lisier de porc</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- compostage sur paille</li> <li>- filtration biologique par le sol</li> <li>- nitrification-dénitrification sans séparation mécanique de phase</li> <li>- nitrification-dénitrification avec séparation mécanique de phase</li> <li>- nitrification-dénitrification avec séparation physico-chimique en tête</li> </ul>	Guernevez, Isater Solepur Val'Épure, Technolyse, Porfilise Dénitral, BioArmor Ternois épuration
<u>fumier de volailles</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- compostage de fumier de volailles de chair</li> </ul>	Pas de constructeur identifié
<u>fientes de poules pondeuses</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- préséchage en bâtiment d'élevage</li> <li>- séchage extérieur</li> </ul>	fournisseurs habituels de la filière Seconov (Euromatic)

*Tableau 5 : Procédés-types validés par l'agence de l'eau Loire-Bretagne.*

### 4.2.2 Le procédé en cours d'évaluation : BALCOPURE

Le procédé BALCOPURE a été développé par la coopérative La Paysanne d'Erquy puis BALTHAZAR ET COTTE, industriel producteur de chaux et de produits dérivés. C'est un procédé de type **conservatif**.

La première étape consiste en une extraction de l'azote ammoniacal d'un lisier par stripping grâce à l'utilisation d'un réactif à base de chaux.

La seconde étape consiste en une récupération de l'ammoniac ainsi dégagé dans une tour de lavage acide. Les co-produits formés sont d'une part du sulfate d'ammonium (80 kg N/m<sup>3</sup>) et d'autre part un lisier traité appauvri en azote.

Un taux d'abattement de 70 % sur l'azote total est annoncé par le constructeur sur du lisier brut non tamisé.

Une première unité de traitement est opérationnelle sur un site d'élevage (200 truies naisseur-engraisseur) sur la commune de Saint-Alban (Côtes-d'Armor).

L'évaluation « Agence » est lancée depuis mars 1998. La disponibilité des résultats de cette évaluation est prévue pour mars 1999.

#### 4.2.3 Les procédés évalués en 1999 : ECOLIZ et AMOLIS

Le procédé ECOLIZ a été mis au point par E.COFIT avec la collaboration de ELF-ATOCHEM - GRANDE PAROISSE). La coopérative Le Gouessant assure la logistique sur un site d'accueil à Maroué (Côtes-d'Armor).

Une première unité fixe est opérationnelle sur ce site rassemblant quatre éleveurs de porcs (750 truies naisseur-engraisseur au total) qui mettent en commun la gestion de leurs lisiers.

Le principe de fonctionnement est voisin de celui d'une centrifugeuse: c'est un procédé de type **conservatif** produisant d'une part un solide (50 % de l'azote et 90 % du phosphore selon les données du constructeur) et d'autre part un lisier traité allégé. Cette séparation de phase par floculation/filtration nécessite l'ajout de différents additifs (chlorure ferrique, polymères) et est fiabilisée par l'addition de sciure de bois.

Le protocole de suivi définissant l'évaluation du procédé est en cours de rédaction avec les différents partenaires scientifiques (CEMAGREF, SATESE et SATOM 22) et le démarrage de l'évaluation est prévue pour février 1999.

Le procédé de traitement du lisier de porc AMOLIS a été développé par la coopérative La Paysanne d'Erquy.

Une première unité de traitement a été installée dans un élevage de porcs sur la commune de Matignon (Côtes-d'Armor).

Cette unité est dimensionnée pour traiter le lisier produit par environ 312 truies présentes et 1236 places d'engraissement.

La première étape consiste en une extraction de l'azote ammoniacal d'un lisier grâce à l'utilisation d'aérateurs de fond, de brasseurs et d'un dispositif d'aspersion disposés dans une fosse couverte.

La deuxième étape consiste en une épuration de ces mêmes gaz par passage sur deux bio-filtres à garnissage de tourbe et de copeaux de bois utilisés de manière alternée. Ces deux bio-filtres sont installés dans une enceinte étanche directement située sur la fosse couverte de stripping. Chaque bio-filtre est équipé d'un ventilateur centrifuge permettant de mettre l'ensemble des ouvrages et des équipements en dépression.

Un taux d'abattement de 30 % sur l'azote total est annoncé sur du lisier brut non tamisé pour ce procédé de type **destructif**.

L'évaluation « Agence » doit démarrer début 1999 et tentera de mieux caractériser le fonctionnement du réacteur de stripping (stripping, dégagement d'oxydes d'azote, etc.) et du lit de tourbe (vérification du non transfert de pollution, contrôle et régulation, mise en évidence des phénomènes de nitrification/dénitrification, etc.).

### **4.3 Conditions particulières d'éligibilité aux subventions de l'agence de l'eau Loire-Bretagne**

Afin de favoriser la résorption des excédents d'azote dans des conditions acceptables, l'agence de l'eau n'apporte pas d'aide aux projets de traitement des déjections qui ne satisfont pas les conditions suivantes :

- l'exploitation excédentaire est localisée dans un canton en excédent structurel,
- l'alimentation biphase est mise en œuvre dans les élevages porcins,
- la capacité de traitement de la station tient compte de l'exportation réelle en azote par les cultures (bilan CORPEN réalisé sur un assolement type) pour assurer un retour à une fertilisation azotée équilibrée et, en règle générale, l'unité de traitement n'est pas surdimensionnée par rapport aux besoins du cheptel détenu en 1994,
- l'épandage des co-produits entraîne des apports moyens annuels de phosphore ne dépassant 250 kg  $P_2O_5$ /ha. Cette valeur est à moduler pour chaque plan d'épandage notamment en fonction des risques de transfert vers les eaux,
- la capacité des unités individuelles de compostage de lisier de porc sur paille est inférieure à 15 000 kg N/an.

## **Conclusion**

Le traitement du lisier de porc devra nécessairement occuper une place importante dans la résorption des excédents d'azote dans les zones d'excédent structurel lié aux élevages. Mais c'est une pièce d'un édifice fragile à double titre.

Tout d'abord, d'autres mesures devront l'accompagner. Les éleveurs devront rétablir un lien entre l'élevage et le sol au travers de l'épandage des déjections en modifiant parfois considérablement leurs pratiques de fertilisation et de gestion des terres agricoles.

Enfin, l'efficacité de ce système épuratoire n'est pas garantie indéfiniment. Sa reproductibilité se heurte à des difficultés susceptibles de se révéler insurmontables. La restauration de la qualité des eaux et le maintien de la fertilité des sols ne sont pas acquis d'avance. En particulier, sera-t-il possible de confiner correctement les parcelles s'enrichissant rapidement en phosphore et sera-t-il possible d'échapper à une baisse de la fertilité des sols entraînée par l'accumulation d'éléments-traces métalliques ?

## Bibliographie

CELLIER P., *Processus de transfert atmosphérique de polluants dans les agro-systèmes*, Agriculture et environnement - les produits entraînés par l'eau, colloque d'hydrotechnique, Paris, 18 et 19 novembre 1998, ed. SHF, p.11-20

CORPEN, *Lutte contre la pollution azotée des eaux en zone d'élevage intensif - programme d'action en Bretagne*, 1987, 38 p.

CORPEN, *Bilan de l'azote à l'exploitation*, 1988, 36 p.

CORPEN, *Estimation des rejets d'azote et de phosphore des élevages de porcs. Impact des modifications de conduite alimentaire et des performances techniques*, 1996, 23 p.

CORPEN, *Estimation des rejets d'azote par les élevages avicoles*, 1996, 9 p.

DIREN Bretagne, *L'eau en Bretagne, bilan annuel 1997*, avril 1998, 12 p.

IFEN, *Les retombées acides diminuent en Europe, mais elles sont inégalement réparties*, les données de l'environnement n°34, janvier 1998, 4 p.

GUEGUEN L. et POINTILLART A., *Alimentation minérale in Le porc et son élevage, bases scientifiques et techniques*, 1986, éd. Maloine, p.297-322.

HENIN S., *rapport du groupe de travail Activités agricoles et qualité des eaux*, octobre 1980, Ministère de l'agriculture et ministère de l'environnement et du cadre de vie.

MEYNARD J.M., *Vers des systèmes de culture durables*, Oléagineux Corps gras Lipides, vol. 2, n°6, nov./déc. 1995, p.449-451.

SEBILLOTTE J., *Aliment et environnement, problématiques, perspectives*, 1994, ed. ITAVI.

SOGREAH Industrie, *Étude de validation des procédés de traitement des déjections animales*, éd. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 1996, 180 p.

TEFFENE O., RIEU M., DAGORN J., MAINSAT P., MAROUBY H., PORIN F., *Trente ans d'évolution du secteur porcin en France : de l'autarcie à la compétitivité internationale*, Journées de la recherche porcine en France, 3-5 février 1998, ed. ITP.

TEXIER C., *Élevage porcin et respect de l'environnement*, 1997, ed. ITP, 110 p.

VERTES F., *Accumulation en phosphore et métaux lourds dans les sols d'exploitations d'élevage intensif en Bretagne occidentale* in Ingénieries-EAT, spécial Rade de Brest, 1995, p.45-50.

# Avenir et perspectives de recherches sur les techniques de traitement des lisiers de porc

Point technique et économique sur les principaux procédés de traitement des lisiers de porc en France.

**Jean COILLARD**

Cemagref - Groupement de Lyon

Unité de Recherche Qualité des Eaux et Prévention des Pollutions

3 bis Quai Chauveau - CP 220 - 69336 LYON Cedex 09

Tel. : 04 72 20 87 35 - Fax : 04 78 47 78 75

## Résumé

En raison de leur taille importante, de nombreux élevages hors-sol (notamment de porcs) sur lisier sont confrontés à des problèmes d'environnement. Outre la difficulté de gérer rationnellement les effluents par épandage sur les surfaces agricoles, les problèmes sont amplifiés dans des zones sensibles par les odeurs et dans certaines régions à forte concentration d'élevages, par les excédents d'éléments fertilisants qu'ils représentent. Dans le cadre des dispositions réglementaires pour la protection de l'environnement, les élevages doivent se mettre rapidement en conformité.

Pour tenter de résoudre ces problèmes, on peut avoir recours à des techniques de traitement. Ces techniques entraînent des « surcoûts » qu'il convient d'estimer en fonction des différents procédés envisageables et des dispositifs de financement susceptibles d'être mis en place.

Cet article consacré aux lisiers de porc, comprend 3 parties :

- la première rappelle les principales caractéristiques des lisiers de porc et les différentes formes d'éléments fertilisants qu'ils renferment,
- la deuxième définit les traitements et leurs objectifs,
- la troisième présente les caractéristiques et les performances des principaux procédés étudiés en France ainsi que l'état d'avancement de leur mise au point et/ou de leur évaluation dans le cadre de leur validation.

## Abstract

*Because of their large size, many zero-grazing stock farms (pig farms in particular) are confronted with environmental problems caused by the effluent. Apart from the difficulty of managing effluent rationally by spreading it on agricultural land, the problems are aggravated in sensitive areas by odours and, in certain regions with highly concentrated stock farming, by the excess nutrients contained in the effluent. Farms must take measures quickly to conform to environmental protection legislation.*

*Treatment techniques may be used to try to resolve these problems. These techniques increase costs which should be estimated for the various processes that may be implemented and for the financial possibilities that may be available.*

*This paper deals with pig effluent :*

- *the first part summarises the main characteristics of pig effluent and the various types of nutrient it contains,*
- *the second part defines the treatment methods and their aims,*
- *the third part describes the characteristics and efficiency of the main processes studied in France as well as the extent to which they have been developed and/or evaluated.*

## Introduction

Au cours des dernières décennies, les élevages industriels de toutes espèces animales, et plus particulièrement de porcs, ont connu des augmentations de taille importante, pour diverses raisons technico-économiques. Ces élevages sont souvent « hors-sol » du point de vue de leur alimentation mais également de leurs déjections. Ces dernières se présentent pour la plupart sous forme liquide (lisier). Les quantités à gérer sont très importantes et peuvent atteindre par élevage plusieurs milliers de m<sup>3</sup>, voire plusieurs dizaines de milliers de m<sup>3</sup> par an.

Le problème de la gestion agronomique rationnelle de ces effluents se pose de plus en plus souvent. Les espèces animales concernées sont les porcs mais également selon les régions et ce avec plus ou moins d'acuité, les poules pondeuses, les vaches laitières, les veaux de boucherie, voire les canards et les lapins.

Les problèmes sont réels et souvent très médiatisés. L'application de la nouvelle réglementation des établissements classés, relative aux élevages, de la directive nitrates (dose moyenne d'azote < à 170 UN par animal en élevage, par ha de surface épandable et par an) et de la circulaire VOYNET-LE PENSEC vont obliger à une mise en conformité des installations dans des délais courts. Dans ce contexte on devra avoir recours à des techniques de traitement adaptées pour résoudre les problèmes d'environnement qui se posent à ces élevages.

Il convient de préciser que dans tous les cas, chaque mode de traitement quel qu'il soit doit permettre une gestion différente respectueuse de l'environnement, et ne dispense pas d'avoir à gérer les produits (liquides ou solides) qui en sont issus.

En général, la principale difficulté est de valoriser rationnellement ces effluents par épandage sur des surfaces agricole, à des doses compatibles avec les exigences agronomiques, en prévenant les risques de pollution de l'eau et les nuisances liées aux mauvaises odeurs.

## Rechercher en priorité une valorisation agronomique rationnelle et raisonnée

La valorisation agronomique du lisier en l'état, est la plus couramment pratiquée. Dans la majorité des cas, il s'agit d'une pratique qui ne pose pas de problème. A dose raisonnée, elle constitue un moyen efficace de fertilisation des cultures. Cependant, de plus en plus fréquemment elle peut être rendue difficile, voire impossible, pour différentes raisons :

- valeur intrinsèque faible du fait de la dilution trop grande des lisiers,
- manutention malaisée, stockage insuffisant,
- mauvaise adéquation entre le lisier et les cultures locales pouvant le recevoir (forme liquide, composition en éléments fertilisants, salissement des cultures en place),
- plan d'épandage dispersé,
- nuisances olfactives,
- surface d'épandage insuffisante en zone d'élevage intensive.

## Le problème des excédents

La valorisation agronomique rationnelle devient impossible lorsque les surfaces disponibles sont insuffisantes et que les besoins des cultures ne permettent pas de recevoir et d'exporter les éléments fertilisants apportés par les déjections.

Cette situation d'excédents, si l'on n'y remédie pas, peut porter un préjudice grave au milieu naturel :

- **surfertilisation azotée** entraînant la pollution des nappes phréatiques par les nitrates par percolation,
- **eutrophisation** des eaux de surface (rivières, estuaires et zones marines littorales) du fait d'écoulements directs d'azote et de phosphore,
- **pollution bactérienne** : par exemple, des élevages ou des gisements de coquillages en zone côtière,
- **accumulation de métaux** lourds dans les sols.

Ce problème des excédents se pose de plus en plus fréquemment et localement du fait de l'augmentation de taille des unités d'élevage ; les **excédents individuels** peuvent se rencontrer dans toutes les régions ayant de grands élevages hors-sol. Il est amplifié par la concentration géographique des élevages dans certaines zones.

Dans les régions à forte concentration, la somme des excédents individuels est appelée **excédent structurel** et la zone géographique **Zones d'Excédent Structurel (ZES)**. Ces zones concernent certaines régions de Bretagne (où cohabitent diverses espèces animales : bovins, volailles, porcs), d'Espagne (Catalogne), d'Allemagne du Nord,... Elles peuvent concerner des pays entiers : Pays-Bas, Danemark,...

Les différents moyens envisageables pour prévenir et maîtriser les pollutions dues aux élevages (dont ceux de porcs) en zones d'excédent structurel doivent être prioritairement préventifs. Cette prévention porte sur :

- la réduction (qualitative et quantitative) des rejets par l'utilisation d'aliments adaptés (biphase, multiphase, utilisation de phytases, etc...) et la suppression des gaspillages d'eau,
- la mise en oeuvre de moyens permettant une meilleure valorisation agronomique des déjections en l'état (enfouissement direct, exportation sur de courtes distances).

Lorsque ces mesures se révèlent à elles seules insuffisantes, on peut avoir recours, comme moyen complémentaire à des **techniques de traitement adaptées** de ces déjections en vue de permettre une gestion différente et respectueuse de l'environnement.

Après cette présentation rapide des principaux problèmes posés par les effluents d'élevage dans les pays développés d'Europe, nous allons analyser maintenant les différents moyens de traitement en vue de les solutionner. Afin de bien comprendre

les processus de traitement de ces lisiers, examinons d'abord leurs principales caractéristiques, avant de définir les différents modes de traitement possibles de l'azote, mais également du phosphore et du potassium. Les caractéristiques et les performances des principaux procédés étudiés en France, sont exposés ainsi que l'état d'avancement de leur mise au point et/ou de leur évaluation en vue de leur validation par l'agence de l'eau Loire-Bretagne.

## 1. CARACTERISTIQUES MOYENNES DES LISIERS DE PORC

Dans un lisier moyen de porc (de type NAISSSEUR-ENGRAISSEUR) la concentration en éléments fertilisants est la suivante :

$$\text{NK} = 5 \text{ kg/m}^3 \text{ dont } \text{N-NH}_4^+ = 4 \text{ kg/m}^3 ; \text{P}_2\text{O}_5 = 3 \text{ kg/m}^3 ; \text{K}_2\text{O} = 3 \text{ kg/m}^3$$

### L'AZOTE

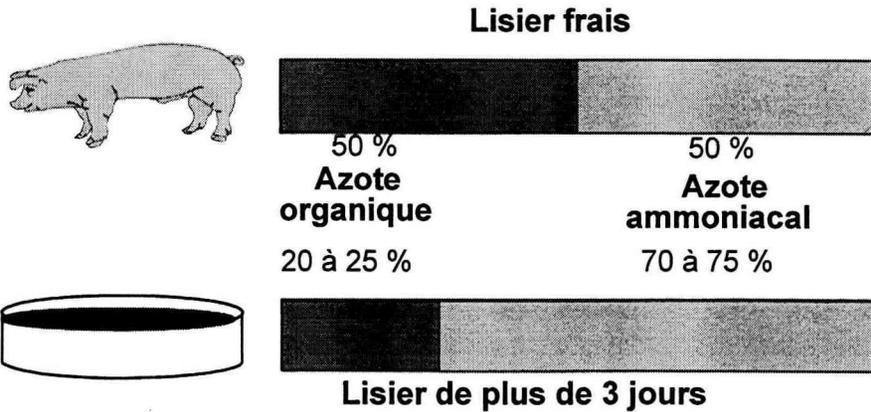
L'azote à deux origines : les urines et les fèces, au moment de leur excrétion par l'animal :

- les urines contiennent de l'azote organique sous forme dissoute (urée, acide urique) résultat des réactions métaboliques de type catabolique
- les fèces renferment de l'azote organique contenu initialement dans l'aliment sous forme de protéines et d'acides aminés et qui n'a pas été totalement absorbé au moment de la digestion. Dans les fèces, cet azote se présente sous forme particulaire ou colloïdale. L'optimisation des quantités et de la forme de l'azote contenu dans l'aliment peut permettre l'obtention de rejets moindres dans les fèces de l'animal.

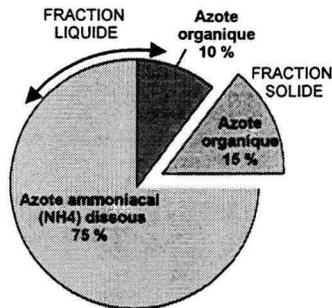
Dans un lisier moyen de porc, la proportion d'azote organique et d'azote ammoniacal est fonction de son état de fraîcheur, elle varie par exemple respectivement de moitié/moitié pour du lisier de quelques heures à 1/4 et 3/4 pour un lisier âgé de plus de 3 jours (figure 1). En effet, après mélange des urines et des fèces formant le lisier et sous l'influence d'uréases contenues dans les fèces (figure 2), très rapidement l'azote uréique des urines est transformé en azote ammoniacal (ammonification).

De même, une partie de l'azote organique des fèces est hydrolysée sous des formes qui la rendent accessibles au processus d'ammonification.

On comprend que suivant l'état de fraîcheur du lisier, le traitement de l'azote pourrait être abordé (théoriquement) de différentes manières. Mais en pratique et compte tenu de l'« âge moyen » des lisiers réellement disponibles actuellement dans les élevages, qui est largement supérieur à 72 heures, c'est un produit déjà évolué que l'on aura à traiter.



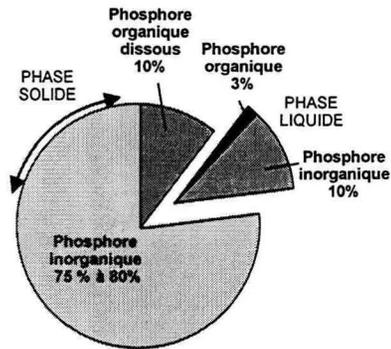
**Figure 1 :** Proportion d'azote organique et amoniactal selon l'âge du lisier



**Figure 2 :** Répartition moyenne des différentes formes d'azote entre les phases liquide et solide d'un lisier de porc.

## LE PHOSPHORE

Le phosphore est majoritairement sous forme particulaire fine et minérale. La **figure 3** présente la répartition des différentes formes de phosphore entre les phases liquide et solide d'un lisier moyen de porc de type NAISSSEUR-ENGRAISSEUR.



**Figure 3** : Répartition moyenne des différentes formes de phosphore entre les phases liquide et solide d'un lisier de porc

**LE POTASSIUM** est présent sous forme dissoute essentiellement.

Ces trois éléments sont contenus dans un effluent dont les caractéristiques moyennes sont par ailleurs les suivantes :

- M.S. : 5 - 10 %
- DCO : 50 000 - 100 000 mg/l
- DBO<sub>5</sub> : 25 000 - 40 000 mg/l

Il s'agit de liquides très concentrés et très chargés en particules.

## 2. DEFINITION ET OBJECTIFS DU TRAITEMENT

### 2.1. Définition

Le traitement du lisier regroupe toutes **les actions de transformation** par différents moyens techniques (physico-chimiques et/ou biologiques).

Selon le mode d'action envisagé, le traitement peut avoir pour effet de modifier la composition chimique et/ou la consistance physique :

- la modification de la composition chimique du substrat traité est réalisée par **élimination** de certains de ses éléments (en l'occurrence l'azote ammoniacal).
- la modification de la consistance physique est pratiquée en vue d'augmenter la **concentration** en éléments nutritifs (N, P, K) dans une (ou certaines) des phases issues du traitement.

## 2.2. Objectifs du traitement

### 2.2.1. En zone d'excédent structurel (essentiellement)

La réglementation en vigueur en zone vulnérable (Directive Nitrates) qui a pour objectif l'équilibre de fertilisation, impose que la dose d'azote d'origine animale utilisable ne dépasse pas en moyenne 170 UN/ha de culture/an.

La circulaire VOYNET-LE PENSEC, a pour objectif la maîtrise du développement en zones intensives. Elle impose aux élevages situés en ZES (notamment de porcs) produisant plus de 20 000 UN/an de **traiter** leur lisier pour qu'ils puissent le gérer sur leurs surfaces en propre. Elle **plafonne** pour les autres élevages (< 20 000 UN/an) leurs surfaces d'épandage permises (par taille d'élevage).

L'objectif principal du traitement des lisiers, en complément des actions préventives (réduction à la source), est donc de permettre, dans ces zones, la maîtrise de l'azote d'origine animale, conformément à cette réglementation.

- En conséquence, on n'envisage de ne traiter que les quantités de lisier correspondantes à l'**azote excédentaire** qu'elles contiennent. Par le traitement cet azote excédentaire pourra être soit **éliminé** et/ou **extrait-concentré** et **exporté de la région**.
- On commence également à se préoccuper, en zone de forts excédents d'azote, du **phosphore** contenu dans le lisier, qui se trouve lui même alors fortement excédentaire (pouvant dépasser sur certain plan d'épandage **250 UP2 05/ha/an**) compte tenu de la composition des lisiers.
- On pourrait être également amené à se préoccuper dans certains cas (surfaces d'épandage proches de l'élevage insuffisantes) du **potassium** du lisier ou encore contenu dans l'effluent traité (à la même concentration que dans le lisier avant traitement) issu de la plupart des procédés.
- Pour cet élément, dans ces situations, un fort surdosage (pouvant dépasser sur certain plan d'épandage **500 U K20/ha/an**) est alors à craindre.
- On devrait également être amené à s'intéresser par le biais du traitement à une meilleure **maîtrise sanitaire** par l'**hygiénisation des coproduits** issus au cours du processus de traitement.
- L'avantage serait double en facilitant la **gestion sur place** des lisiers traités et **l'exportation des coproduits** issus du traitement.
- La maîtrise des **métaux lourds** contenus dans le lisier (Cu<sup>++</sup>, Zn<sup>++</sup>), quant à elle, passe par la réduction (voire la suppression) des doses incorporées dans l'aliment.

## 2.2.2. D'une manière plus générale

D'autres objectifs doivent être recherchés dans le traitement, dans de nombreuses régions françaises d'élevage et également en zone d'élevage intensif.

- La **désodorisation de tout le lisier** produit permettant sa gestion sans odeur (c'est en fait le principal problème auquel est confronté l'élevage porcin en FRANCE et qui le met **souvent** au banc des accusés).
- La **réduction** pour l'éleveur des pointes de travail liées à l'épandage par la possibilité d'utiliser du **matériel d'irrigation** pour épandre l'effluent traité dans de bonnes conditions (maîtrise des doses épandues, des odeurs, de l'aspect sanitaire).
- La **réduction des surfaces nécessaires**, en vue d'une meilleure qualité de l'épandage et d'une moindre dépendance vis-à-vis des tiers (réduction des surfaces mises à disposition).

Ces préoccupations légitimes des éleveurs traduisent leur souci de mettre en œuvre dans l'avenir une agriculture durable, car non polluante et non nuisante.

Dans l'avenir, le traitement pourrait également, s'il est pris en compte et intégré dès la conception des bâtiments, contribuer à la réalisation de **bâtiments d'élevages propres pour l'air** c'est à dire, **non polluants** (réduction des émissions d'azote ammoniacal) et **non nuisants**.

## 2.3. Nouvelles gestions possibles des coproduits issus des différents dispositifs de traitement

Le traitement ne dispense, en aucun cas, de toute gestion, mais il permet de nouveaux modes de gestion respectueux de l'environnement, des coproduits issus du traitement.

Ces coproduits sont, suivant le procédé de traitement appliqué, en général :

- **une phase liquide traitée** de manière plus ou moins poussée (« effluent traité », « condensat distillat », « perméat », etc) plus ou moins chargée en certains éléments fertilisants ;
- **un (ou des) coproduits liquide(s)** (« boues biologiques en excès épaissies, « boues physico-chimiques décantées », « concentrat », « engrais minéral concentré », **et/ou solide(s)**, (« refus solide frais », « compost », « lisier sec », « engrais minéral solide », etc...).

Ces coproduits **concentrés** renferment tout ou partie des éléments fertilisants contenus initialement dans le lisier, ainsi que pour certains la matière organique.

### 2.3.1. La phase liquide traitée

Elle sera, et ne pourra qu'être valorisée ou gérée sur place, en général après un stockage de durée réglementaire.

– La valorisation (ou la gestion) sur place, se fera par épandage à doses agronomiques sur les terrains agricoles disponibles et si possible attenants à l'élevage, à l'aide d'un matériel d'irrigation, sans nuisance olfactive, avec un minimum de risques sanitaires (effluent hygiénisé) et avec une charge de travail réduite.

– Si elle est issue d'un dispositif de traitement global (N, P, K, matière organique), le rejet après passage dans un bassin tampon sera possible sur une parcelle d'infiltration (voire « en rivière »). Elle pourra être réutilisée, en partie, comme eau industrielle (eau de lavage, etc).

### 2.3.2. Les coproduits concentrés liquides ou solides

Ils sont (et devront être) désodorisés et stabilisés. Ils pourront être gérés de différentes manières.

#### 2.3.2.1. *Sous forme liquide concentré*

Ils sont riches en phosphore et en azote organique.

Ils devront être valorisés sur place, à dose agronomique sur les surfaces agricoles qui leur sont réservées.

Un certain surdosage du phosphore sera accepté ( $\leq 250$  U P2 O5/ha/an), compte tenu de la nature essentiellement particulière de cet élément.

Leur exportation de la région, sous cette forme, sera très difficile du fait des volumes qu'ils représentent (# 1/5 ou 1/4 du volume initial du lisier traité) et de leur encore faible valeur agronomique (voisine de celle d'un lisier).

#### 2.3.2.2. *Sous forme solide*

Dans ce cas, leur teneur en matière sèche est supérieure à 25 % et peut aller jusqu'à 60 % après séchage complémentaire par compostage, voire 80 % si le coproduit est issu d'un séchage thermique.

Ils peuvent contenir tout ou partie des éléments fertilisants du lisier (Azote organique, voire ammoniacal, phosphore, voire potassium, ainsi que la matière organique du lisier) sous une forme très concentrée.

Ils pourront être valorisés et ou éliminés.

• **La valorisation** pourra être réalisée, pour une partie, **sur place** et pour la partie excédentaire par exportation vers une région réceptrice.

La valorisation sur place est possible :

- par substitution à certains engrais minéraux encore utilisés dans ces zones ;
- par épandage sur les terrains agricoles interdits à celui du lisier (pente trop forte, distances trop faibles des habitations, etc).

Dans les deux cas, la valorisation sous forme solide nécessitera un lieu de stockage (centralisé ou non) où le coproduit pourra subir :

- un traitement de stabilisation et de séchage naturel complémentaire (« maturation naturelle », « compostage ») ;
- une complémentation éventuelle ;
- un conditionnement : granulation ensachage, etc.

• Si leur **valorisation** est impossible sur place et/ou par exportation, la solution ultime pourra être leur **élimination** par **incinération**, conjointe avec d'autres substrats comme les déjections avicoles sèches, les ordures ménagères, etc...

L'énergie de combustion devra pouvoir être valorisée par cogénération d'électricité et de chaleur.

Les cendres riches en phosphore et potassium devront pouvoir être utilisées comme matière première destinée à la fabrication à engrais minéraux.

Suivant la région où l'on se trouve et l'intensité de sa problématique environnementale, la mise en œuvre des techniques de traitement pourra (ou devra) être envisagée :

- soit de manière **individuelle**
- soit de manière **collective**, si l'on se trouve dans une zone d'excédent structurel (ZES).

Dans ce dernier cas, cette mise en œuvre devra se faire dans le cadre d'une **stratégie collective de résorption** (dont par les traitements) qui prendra en compte les quantités excédentaires de déjections de toutes les espèces animales. Elle devra pouvoir disposer de la panoplie la plus complète de solutions basées sur le traitement adaptées aux différentes caractéristiques physiques de ces déjections animales dont les lisiers de porc.

Dans le cadre d'une **stratégie collective de résorption des excédents**, les installations de traitement collectives pourront être de type décentralisé (à la ferme ou en unités mobiles) ou centralisé (usines), mais dans tous les cas, la gestion des co-produits sera de type collective centralisée afin de permettre leur conditionnement, leur complémentation éventuelle et leur commercialisation.

En ce qui concerne le traitement des lisiers de porc, devant la complexité physico-chimique du substrat, la diversité des situations et les contraintes technico-économiques, il convient de pouvoir disposer en matière de techniques de traitement d'une large panoplie de solutions.

### 3. CARACTERISATION ET PERFORMANCES DES PRINCIPALES FILIERES DE TRAITEMENT DES LISIERS ETUDIEES EN FRANCE.

Les principales filières de traitement présentées (tableau 4) mettent en œuvre une **seule** ou **plusieurs étapes** (ou procédés unitaires).

Les **bilans matières simplifiés** proposés tiennent compte du devenir de l'azote (N) mais aussi dans la mesure du possible du phosphore (P) et du potassium (K+) au cours des différentes étapes du traitement.

Pour les procédés déjà **validés**, ces bilans matières simplifiés sont des **bilans réels** ; pour les procédés **en cours d'évaluation**, les bilans proposés sont des **bilans théoriques**.

**Les seuls coûts de traitement proposés** (coûts d'investissement et coûts de fonctionnement) sont ceux réellement obtenus sur les procédés validés. Pour les autres, ils ne constituent que des hypothèses.

**Les coûts de maintenance** devront également être évalués.

Les modes de traitement peuvent être classés :

– en deux grands types en ce qui concerne l'azote :

- **procédés destructifs**
- **procédés conservatifs**

**Pour les procédés destructifs** : l'**élimination** de l'azote peut être réalisée de deux manières :

- dans la phase liquide du lisier par nitrification-dénitrification biologique (NDN)
- par **volatilisation** de l'azote ammoniacal et destruction de cette forme d'azote par différents moyens.

**Pour les procédés conservatifs** :

- ils procèdent par extraction de l'azote (organique ou ammoniacal) de la phase liquide et concentration.
- en ce qui concerne les autres éléments fertilisants (P et K), ils ne peuvent pas être éliminés mais simplement extraits de la phase liquide et concentrés par différents moyens :

Modes de traitement		Eléments traités	Procédés de traitement	Produits finaux	Principaux « constructeurs »	
Elimination dans la phase liquide et destruction		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> → N org. ↑	Procédé biologique Nitrification – dénitrification	↑ N <sub>2</sub> (Atm) Lisier allégé	Agroclar ; Dénitral ; Technolyse ; Val Epure ; Porfilise ; OTV ; Technipompe ; Ternois épuration	
Extraction de la phase liquide	Concentration	N org., P →	Séparation mécanique de phases poussée	Refus solide	ECOLIZ ; Guinard – centrifugation	
		N org., N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , → P, K →	Séchage thermique	Lisier sec	SIRVEN	
		N org., N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , → P, K. ↑	Concentration membranaire	Concentrat	Rhodia-Eco-Services : Lisikit LTN-Séfiipur ;	
	Précipitation	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> →	Chimique (réactif)	Solide minéral	AVDA	
	Volatilisation (dans l'air collecté)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> →	« Compostage liquide »	↑ NH <sub>3</sub> (atm)	Licom-Alfa Laval ; Amolis biologique (1 <sup>ère</sup> étape)	
		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> →	Physico-chimique : pH ↗, température ↗	↑ NH <sub>3</sub> (capté) Lisier allégé	Balcopure (1 <sup>ère</sup> étape) Smelox (1 <sup>ère</sup> étape)	
	Extraction de l'ammoniac de l'air charge	Concentration	N-NH <sub>3</sub> →	Concentration par lavage acide	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> air épuré	Balcopure (2 <sup>ème</sup> étape)
		Elimination	N-NH <sub>3</sub> →	Biofiltration (dans lit de tourbe)	↑ N <sub>2</sub> (atm) Air épuré	Amolis biologique (2 <sup>ème</sup> étape)
N-NH <sub>3</sub> →			Combustion catalytique	↑ N <sub>2</sub> (atm) Air épuré	Smelox (2 <sup>ème</sup> étape)	

Tableau 4 : Les différents modes de traitement possibles appliqués aux lisiers de porc.

### 3.1. Le traitement du lisier par élimination biologique de l'azote dans la phase liquide par nitrification-dénitrification (N.D.N.)

C'est le seul procédé d'élimination de l'azote possible dans le lisier lui-même. La forme de l'azote traitée est l'**azote ammoniacal** et une faible partie de l'**azote organique** (après son ammonification).

Le lisier traité peut être du lisier « **frais** » ou « **âgé** », ayant subi ou pas un **prétraitement mécanique de séparation de phases** (tamisage, voire plus).

La séparation de phases a pour objectif principal une **aide à la gestion** des ouvrages de traitement, mais surtout de stockage, en vue de faciliter la bonne manutention des coproduits liquides, voire permettre l'exportation de la zone d'une (faible) partie des excédents sous forme solide.

**Les bases de dimensionnement** sont bien connues. Les principales sont :

- la **charge massique** qui doit être  $< 0,08 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS/j}$  (MVS # bactéries),
- le temps de séjour hydraulique dans la cuve de traitement qui en résulte est de l'ordre de **40 à 50 jours**,
- les besoins d'aération et de brassage sont également bien connus.

L'automatisation du procédé se fait par pilotage des aérateurs par sonde REDOX sur des valeurs de consigne déterminées par exemple entre 0 et + 150 mV Eh Ag/Ag Cl.

Ce procédé peut être mis en œuvre :

- dans des unités individuelles (moyens-grands élevages)
- dans des unités semi-collectives (regroupement de plusieurs petits éleveurs).

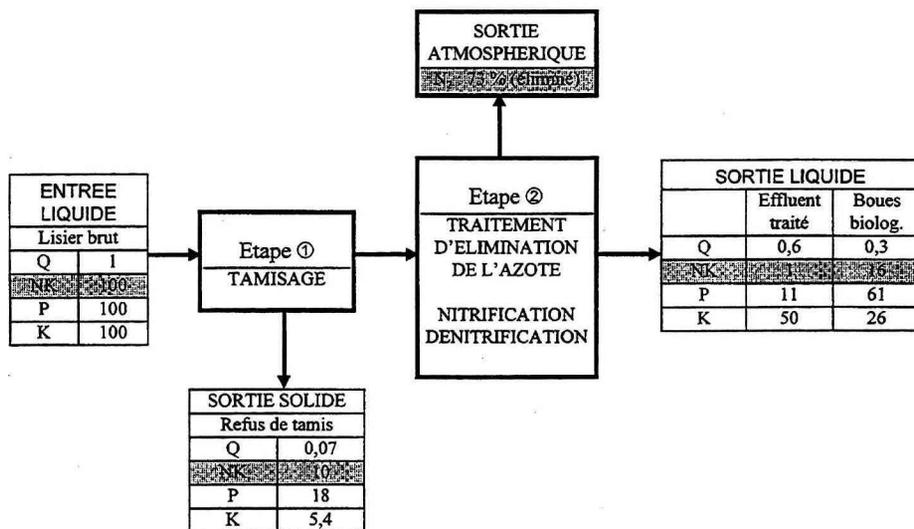
L'effluent traité, ne pouvant être rejeté en rivière du fait de l'insuffisance de son niveau de traitement, doit être géré par épandage agricole après stockage. Ceci condamne ce système dans son application à des unités collectives centralisées.

Mais il s'agit d'un procédé biologique, donc sensible aux conditions de température ambiante. De plus, il fonctionne en « tout ou rien ». Il nécessite aussi de grands volumes d'ouvrage.

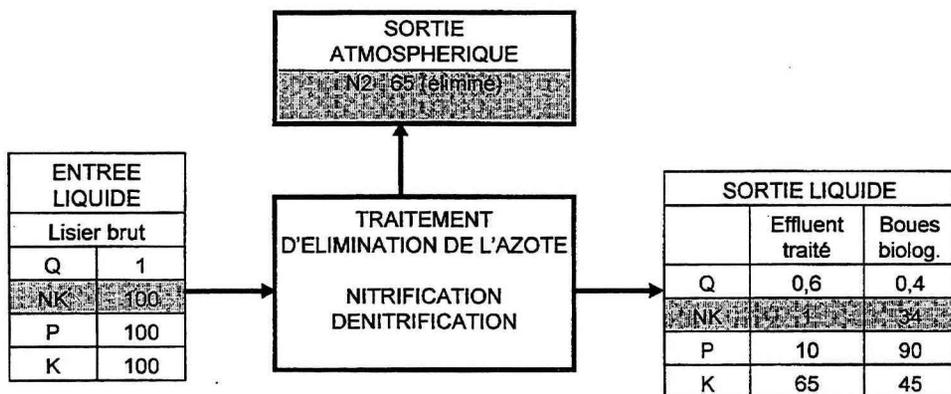
*Bilans matières simplifiés réels (figures 5 et 6).*

Ils tiennent compte :

- de la présence (ou non) d'un prétraitement en tête de filière.
- de la possibilité de gérer de manière séparée (ou non) les effluents traités « effluent épuré » et boues biologiques liquides en excès.



**Figure 5 :** Bilan matières simplifié réel du procédé Agroclar avec séparation mécanique de phases en tête et gestion séparée des co-produits (source SATESE 22).



**Figure 6 :** Bilan matières simplifié réel du procédé Agroclar sans séparation mécanique de phases en tête et gestion séparée des co-produits issus du traitement (source Agroclar - Cemagref, J. COILLARD).

## Commentaires

Quelle que soit la filière mise en œuvre, la quantité d'**azote éliminé** représente environ 70 % de l'azote contenu initialement dans le lisier entrant. L'azote éliminé se retrouve sous la forme d'**azote gazeux** (N<sub>2</sub> forme non polluante). Il est rejeté directement dans l'atmosphère.

L'effluent traité est stocké avant épandage, soit en mélange avec ses "boues", soit séparément. L'effluent traité et les coproduits (refus de tamisage, boues biologiques) sont parfaitement désodorisés de manière stable.

**Le surcoût global** lié à la mise en œuvre de ce type de traitement, permettant la gestion des effluents traités, par rapport au coût d'une filière de gestion directe du lisier par épandage, est de l'ordre de **30 à 40 F/m<sup>3</sup>** de lisier brut traité (suivant la filière mise en œuvre).

**Le coût de fonctionnement**, inclus dans ce surcoût et représenté par de l'énergie électrique, est de l'ordre de 6 à 7 F/m<sup>3</sup> de lisier brut traité.

Il s'agit d'un procédé ayant fait l'objet de nombreuses réalisations pilotes en France qui ont été évaluées favorablement.

Il est validé par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne sous la désignation générique de « **traitement biologique par nitrification-dénitrification** ».

Les principales dénominations (ou constructeurs français) sont les suivants : Agroclar, Denitral, OTV, Porfilise, Technipompe, Technolyse, Ternois-Epuration, Val-épure.

## 3.2. Le traitement du lisier par extraction de l'azote de la phase liquide

Dans ce type de traitement, on procède à l'extraction de l'azote organique et de l'azote ammoniacal de la phase liquide.

L'extraction de l'azote organique peut être réalisée par **séparation mécanique** de phases poussée ou par **séchage thermique**. L'extraction de l'azote ammoniacal peut être obtenue par **concentration membranaire**, par **précipitation chimique de l'ammoniaque** ou par **volatilisation et traitement de l'air chargé**.

### 3.2.1. L'extraction de l'azote organique par séparation mécanique de phases poussée

Il s'agit d'un **procédé physico-chimique** mettant en œuvre une étape de conditionnement suivie de l'étape de séparation mécanique elle-même.

Le conditionnement peut être réalisé avec différents additifs :

- agent **coagulant** : **chlorure ferrique** (par exemple) ;
- et ou agent **floculant** : **polyélectrolytes cationiques**
- et (éventuellement) agent **structurant** : **sciure de bois**, paille broyée, etc.

Les additifs de conditionnement utilisés sont variables suivant le type d'appareil de **séparation mécanique de phases** mis en œuvre.

On peut utiliser :

- soit une décanteuse centrifuge à axe horizontal : **GUINARD-CENTRIFUGATION**,
- soit un « filtre presse » adapté : **procédé ECOLIZ**,
- soit une « bande presse » adaptée (économie en eau).

#### **Première étape du procédé AVDA.**

Ces types de procédés peuvent être considérés, compte tenu de leurs performances, comme des traitements à **part entière**.

Ils peuvent être mis en œuvre :

- **en unités fixes** pour les plus gros élevages. Il s'agit alors d'**unités individuelles** ;
- **en unités mobiles** : utilisées par plusieurs élevages, petits ou moyens. Il s'agit alors d'**unités collectives**.

Ce type de traitement peut s'inscrire dans la logique d'une stratégie de résorption d'excédents en ZES. Il peut permettre une gestion collective et organisée (par des coopératives, etc) de la phase solide et concentrée extraite du lisier, de type :

- **substitution** sur place à certains engrais minéraux toujours utilisés par ailleurs en ZES ;
- **exportation** pérenne de la région excédentaire.

De plus, dès lors que l'on vise également le traitement du **phosphore excédentaire**, ce type de procédé peut être également mis en œuvre (en unités fixes ou mobiles) pour déshydrater mécaniquement les « **boues biologiques en excès** », issues des traitements biologiques de type NITRIFICATION - DENITRIFICATION, en vue de leur exportation.

- La forme de l'azote extrait est essentiellement organique (particulaire et colloïdale).

On aurait intérêt, pour une plus grande efficacité de capture de cette forme d'azote, à traiter du lisier le plus frais possible (mais peut-on en produire ?).

La plus grande partie du **phosphore particulaire** est également extraite de la phase liquide.

### 3.2.1.1. Séparation mécanique de phases poussée par décanteuse centrifuge à axe horizontal

Un bilan matières simplifié réel est proposé (figure 7).

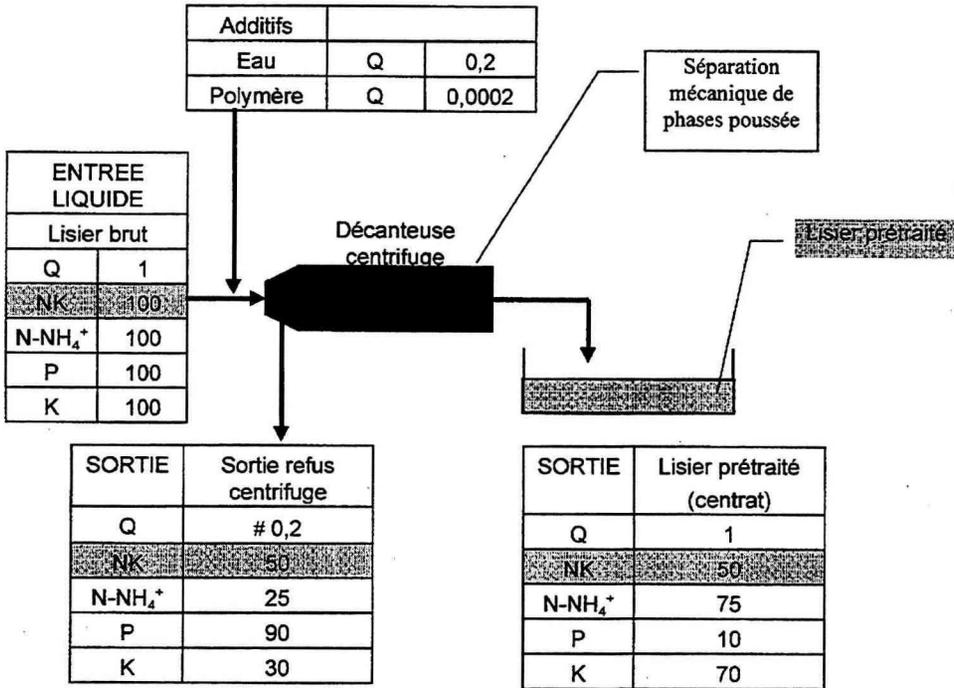


Figure 7 : Bilan matières simplifié réel d'un traitement primaire par floculation - centrifugation (Source Cemagref, J. COILLARD)

#### Commentaires

L'azote extrait (45 % de l'azote initial) ainsi que le phosphore (# 90 % du phosphore initial) se retrouvent dans un **co-produit solide** (= refus de centrifugeuse). Il représente, frais, environ 20 % du poids du lisier entrant. Sa teneur en matière sèche est de 25-30 %.

Le **liquide traité** est géré sur place, après stockage sur un plan d'épandage réduit et si possible avec du matériel d'irrigation. Si celui-ci s'avérait encore insuffisant, un traitement d'élimination complémentaire de l'azote pourrait encore être réalisé (par N.D.N.).

Le **coproduit solide** peut être **substitué sur place** à certains engrais minéraux et/ou être exporté de la région après avoir subi éventuellement un traitement de **stabilisation complémentaire** (maturation ou compostage). Il pourra être stabilisé par compostage en vue de faciliter son utilisation (suppression des odeurs, homogénéisation).

Le **surcoût d'investissement** dû au traitement, compte tenu de la diversité des situations et des différentes tailles d'installations dans lesquelles ce procédé peut être mis en œuvre, n'a pas été établi.

Le **coût de fonctionnement** est de l'ordre de 10-12 F/m<sup>3</sup> de lisier brut traité (hors main d'œuvre) dont :

- énergie électrique : 1 à 2 F/m<sup>3</sup> de lisier brut
- polymère + eau : 5 à 10 F/m<sup>3</sup> de lisier brut

Il s'agit d'un procédé dont le principe et le fonctionnement techniques sont validés sur des installations individuelles fixes. La possibilité de sa mise en œuvre en **unités mobiles collectives** dans une stratégie de résorption d'excédents d'azote (et de phosphore) devra être étudiée.

Il n'y a pas d'assemblier déclaré proposant ce procédé, mais les matériels le permettant existent, par exemple : « centrifugeuse » **Guinard-centrifugation**.

### 3.2.1.2. Procédé ECOLIZ

Le principe de séparation mécanique de phases poussée de type « filtre presse » est mis en œuvre dans le procédé **ECOLIZ®**. Il est développé par les sociétés **Grande Paroisse** (filiale d'Elf Atochem) et **E. COFIT** en collaboration avec la coopérative **Le Guessant**.

Il comporte 4 étapes :

- ① homogénéisation du lisier,
- ② conditionnement du lisier,
- ③ pressage,
- ④ gestion des co-produits.

Il peut également être intégré dans une filière complète de traitement.

#### ① homogénéisation du lisier

Le lisier brut, issu des élevages, est stocké dans une fosse de collecte couverte équipée d'un agitateur.

Plus le lisier collecté est frais, mieux il se prête à un traitement du type ECOLIZ®. Par contre, les lisiers âgés contenant des produits liquéfiant ne sont pas les plus favorables pour être traités par ce procédé.

#### ② conditionnement du lisier

Le conditionnement du lisier comprend quatre étapes :

- ◇ désodorisation (facultative),
- ◇ coagulation,
- ◇ floculation,
- ◇ ajout d'un agent texturant.

Après homogénéisation, le lisier est transféré dans un bac où un **agent désodorisant** peut lui être ajouté.

L'ajout d'un **agent coagulant** permet de favoriser l'agglomération des particules fines et des colloïdes. Il est indispensable dans le cas d'un lisier contenant une grande quantité de matières en suspension fines. Pour le procédé ECOLIZ<sup>®</sup>, le coagulant est le chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ).

Le mélange est ensuite dirigé vers le réacteur de floculation dans lequel le lisier est mis en contact avec un **agent floculant**. Le mélange est agité lentement pendant environ un quart d'heure.

### ③ **pressage,**

Le « **filtre presse** » est constitué d'une chambre cylindrique (chambre de compression) et de deux parties mobiles : deux pistons sur lesquels sont fixés deux toiles de filtration en nylon (les mailles de la toile inférieure sont de 50 microns alors que pour la toile supérieure elles, sont de 70 microns).

Le lisier est injecté dans la **chambre de compression**. Il est ensuite pressé par les pistons, provoquant ainsi la sortie du liquide de la chambre. Le pressage donne naissance à deux coproduits :

- ⇒ un refus solide frais (« galette »),
- ⇒ un effluent liquide fortement déchargé de ses matières en suspension (MES), de ses colloïdes, de son azote organique et de son phosphore.

### ④ **gestion des coproduits**

⇒ Le **refus solide** est acheminé par un tapis dans un hangar. Pendant son stockage, il se « composte » de manière naturelle.

Ce « compost » pourra être :

- \* utilisé sur place en substitution à certains engrais minéraux et organiques,
- \* exporté hors de la Zone d'Excédent Structurel.

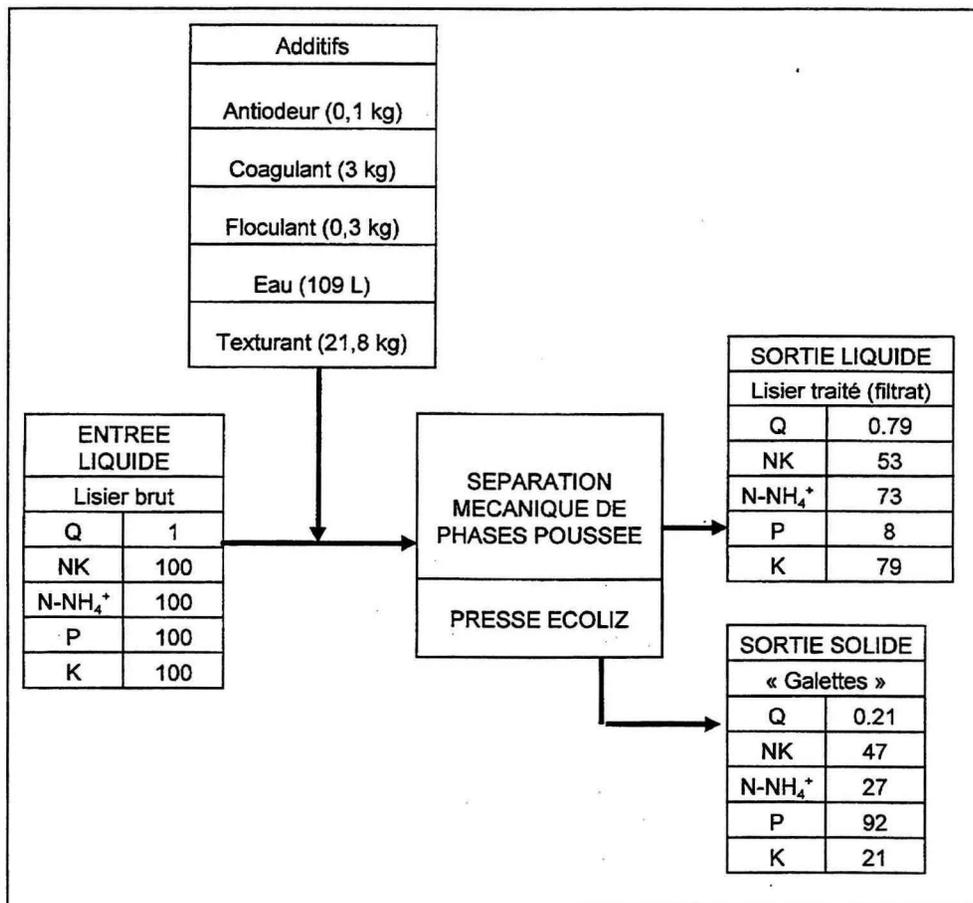
Les quantités retenues dans le refus solide sont de 47 % pour l'azote KJELDAHL (27 % pour l'azote ammoniacal) et de 92 % pour le phosphore.

⇒ **L'effluent liquide**, issu du traitement, ne contient plus que 53 % de l'azote total et 8 % du phosphore (phosphore dissous). Il est de plus, désodorisé et se présente sous la forme d'un liquide jaunâtre, translucide.

Il peut être stocké en bassin (fosse en géomembrane) jusqu'à son épandage, sans reprise d'odeur.

L'effluent liquide peut subir des traitements complémentaires (lagunage, nitrification-dénitrification, concentration membranaire, précipitation chimique de l'azote ammoniacal, ...).

Un bilan matière simplifié réel du traitement par le « filtre presse » ECOLIZ<sup>®</sup>, est proposé figure 8.



**Figure 8 :** Bilan matière moyen simplifié réel du traitement du lisier par le "filtre presse" ECOLIZ<sup>®</sup> (Source Cemagref, J. COILLARD - I. GUILLARME)

Une unité de démonstration, à **poste fixe**, est installée au GIE LA PIMOSA à MAROUE près de LAMBALLE (22).

Une **unité mobile**, de type collectif, est également en cours de réalisation par E. COFIT avec pour partenaire-opérateur la société GLON (alimentation du bétail).

La phase de mise au point de l'unité fixe de MAROUE s'est achevée au printemps 1998.

Elle a fait alors l'objet d'une évaluation officielle sur de courtes périodes (quelques dizaines d'heures) en juillet 1998 par le *Cemagref*.

Cette évaluation technico-économique s'est avérée favorable.

Elle a permis d'établir des bilans matière précis ainsi que les coûts de traitement (fonctionnement et investissement).

Les **coûts de fonctionnement** s'élèvent à :

27,5 F/m<sup>3</sup> de lisier traité  
dont 23,5 F/m<sup>3</sup> pour les additifs,  
2,3 F/m<sup>3</sup> pour l'énergie électrique,  
1,8 F/m<sup>3</sup> pour la maintenance.

Les **coûts d'amortissement** s'élèvent à :

16,50 F/m<sup>3</sup> de lisier.

L'unité a un débit nominal de traitement de 1,2 m<sup>3</sup>/h de lisier brut et traite un volume annuel de 10 000 m<sup>3</sup>.

Son évaluation, en vue de sa « validation » par l'Agence de l'Eau LOIRE BRETAGNE, va être réalisée au cours de l'année 1999 sur une « très longue durée » (plusieurs milliers d'heures).

Elle sera réalisée sur l'unité ECOLIZ fixe de MAROUE.

Un protocole détaillé établi en concertation avec les différents partenaires impliqués est en cours de finalisation.

### 3.2.2. L'extraction de l'azote organique par séchage thermique

Il s'agit d'un procédé physique : Procédé SIRVEN (2<sup>ème</sup> étape). L'opération est réalisée dans un **concentrateur-sécheur** à surfaces raclées. Le **principe de la recompression mécanique de vapeur** (C.M.V.) utilisé, permet de réduire les coûts énergétiques (électricité) à leur minimum.

Cette étape est incluse dans une **filière complète de traitement** mettant en oeuvre deux autres étapes :

- une étape amont de **préchauffage-dégazage** préalable
- une étape aval **d'épuration** finale de la vapeur d'eau du lisier évaporé.

Il s'agit d'un procédé de traitement de type :

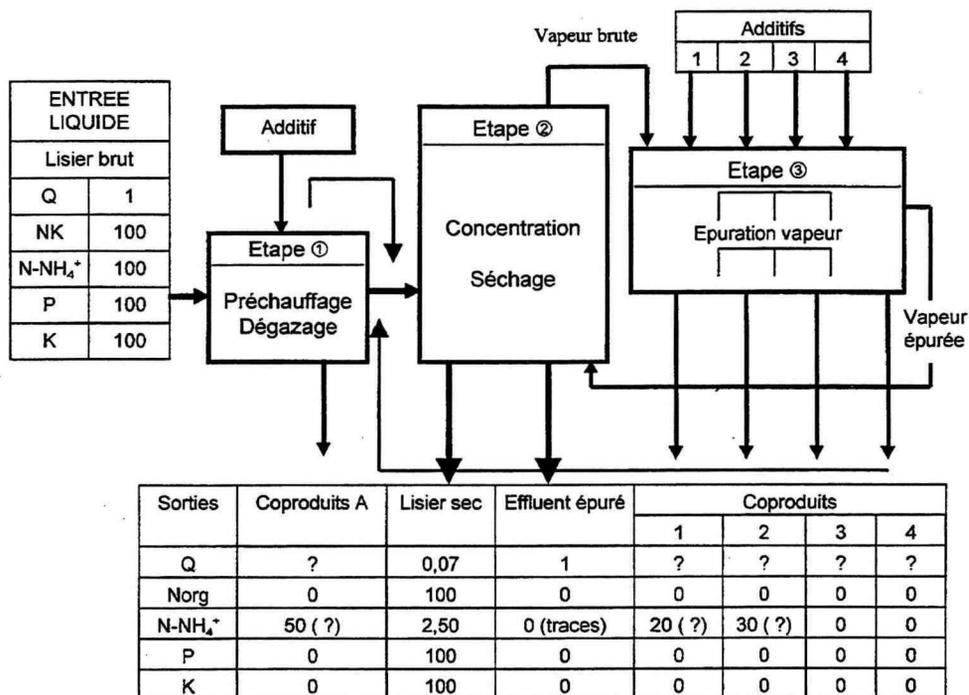
- **collectif décentralisé** pour le lisier à traiter (c'est-à-dire unités individuelles à la ferme)
- **collectif centralisé** des co-produits secs.

Il s'adresse prioritairement aux gros élevages de porcs fortement excédentaires situés en zones d'excédent structurel dans lesquelles les porcs sont fortement représentés. La forme d'azote extraite (et retenue) dans cette étape est l'azote

organique. Pour une plus grande efficacité de rétention de l'azote sous cette forme, on aurait intérêt à traiter du **lisier frais**.

Tout le phosphore et tout le potassium du lisier sont retenus dans le co-produit sec. A ce titre, c'est un procédé de **traitement global**.

Un **bilan matière simplifié** réel de la filière complète est proposé (**figure 9**).



**Figure 9** : Bilan matières simplifié théorique du procédé thermique SIRVEN (source Cemagref - J. COILLARD)

**Commentaires**

L'étape de concentration-séchage thermique délivre un seul coproduit appelé "LISIER SEC". Il contient :

- tout l'azote organique du lisier entrant, ainsi que tout l'azote ammoniacal capté sous la forme d'un sel non volatil (sulfate d'ammonium),
- tout le phosphore et tout le potassium.

Sa teneur en matière sèche est comprise entre 60 - 80 %.

Lors de cette étape, l'eau du lisier est évaporée et se retrouve sous forme de vapeur d'eau. Celle-ci est chargée en éléments volatils qui sont également entraînés (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, Acides gras volatils, phénols).

Après **épuration complémentaire**, la vapeur est condensée dans le processus de séchage par C.M.V. Elle constitue alors un **effluent** d'excellente qualité proche d'une eau distillée et hygiénisée. Cet **effluent** devrait pouvoir être :

- utilisé comme eau industrielle sur l'élevage,
- et/ou rejeté dans les eaux de surface.

Le **coproduit sec (« lisier sec »)**, également **hygiénisé**, pourra être géré collectivement :

- en **substitution** à certains engrais minéraux sur place,
- et/ou **exporté** de la région d'excédents vers une région d'accueil,

dans le cadre d'une stratégie de résorption des excédents mettant en oeuvre du traitement ;

Il s'agit d'un procédé encore en cours d'étude et de mise au point. Son principe et sa technique de fonctionnement sont validés sur plusieurs points. La **recompression mécanique de vapeur** fonctionne correctement. Sa validation technique définitive passe par sa fiabilisation, son automatisation et la simplification de sa conception en vue d'une industrialisation de sa construction et l'obtention d'un coût d'investissement supportable.

Il est encore trop tôt pour avancer des coûts globaux réels de traitement.

Le procédé SIRVEN est conçu et réalisé par la Société SIRIAL (centre de recherche privé situé à Grenoble).

Les professionnels partenaires de l'opération sont des groupements de producteurs de porcs du Finistère : LT, Prestor, Cofiporc, et la coopérative EVEN.

L'**opération pilote** basée sur ce procédé a été évalué sur de courtes périodes dans le Finistère à SIZUN (entre 1995 et 1997).

La **première unité industrielle** est en cours de mise au point à Loc-Eguiner (29) au GIE LOC - EPUR. Son **évaluation** sur une très longue durée en vue de sa **validation** par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, devrait pouvoir se dérouler courant 1999. Le protocole d'évaluation a été établi à cet effet par les différents évaluateurs impliqués dans cette opération (EDF-DER ; DCN Brest ; CETEGE ; Cemagref).

### 3.2.3 L'extraction de l'azote ammoniacal par concentration membranaire

Deux procédés de traitement du lisier de porc sont basés sur la concentration membranaire de l'azote ammoniacal. Il s'agit des procédés :

- LISIKIT développé par la société RHODIA
- SEFIPUR de la société LTN.

#### Procédé LISIKIT

Il a été développé par la société RHODIA -ECO SERVICES-, filiale de RHÔNE POULENC.

C'est un procédé physico-chimique de concentration. L'étape de concentration membranaire est incluse dans **une filière complète de traitement**.

Celle-ci comprend trois étapes :

- ① traitement primaire physico-chimique,
- ② ultrafiltration
- ③ osmose inverse

### ① traitement primaire physico-chimique

Il agit sur les matières en suspension et les matières organiques dissoutes. Ses bonnes performances assurent un fonctionnement correct des membranes en aval.

Il se décompose en deux étapes :

→ **tamissage** : le refus solide contient les matières en suspension grossières.

→ **coagulation - floculation - flottation** : la coagulation utilise une base de minéral comme agent actif. Cette étape physico-chimique permet de séparer les matières en suspension fines, le phosphore particulaire les colloïdes et les métaux lourds.

Les floes sont extraits après séparation par flottation. Ils sont gérés avec le refus de tamisage.

### ② ultrafiltration

L'**ultrafiltration** permet d'éliminer les particules très fines et les molécules organiques résiduelles de haut poids moléculaire. Toutes les particules et les matières en suspension de taille supérieure à 0,01  $\mu\text{m}$  sont retenues.

L'ultrafiltration permet donc un polissage sur les matières en suspension et prépare l'effluent au traitement par osmose inverse.

Une filtration en aval par osmose inverse sans risque d'encrassement rédhibitoire des membranes est alors possible.

### ③ osmose inverse

Le principe de l'**osmose inverse** est basé sur l'application d'une pression supérieure à la pression osmotique du liquide que l'on veut traiter. Les substances dissoutes ne traversent pas la membrane et sont concentrées en amont de celle-ci. En principe, seule l'eau est évacuée en passant à travers la membrane.

L'osmose inverse permet de retenir la plupart des **substances dissoutes**, en particulier les sels minéraux. Le degré de rétention des substances minérales dépend en particulier de la taille et de la nature des molécules et du **Facteur de Concentration Volumique** (F.C.V.) retenu. Le FCV est le rapport du volume du concentrat (fraction retenue) et du volume de liquide traité.

Il s'agit d'un traitement adapté à la filtration des sels dissous, en particulier les sels de potassium ( $K^+$ ) de sodium ( $Na^+$ ), le phosphore et les sels d'ammonium ( $NH_4^+$ ).

Le nettoyage des membranes s'effectue par rétrolavage : envoi d'eau à contre-courant

La qualité du traitement est fonction du **Facteur de Concentration Volumique** (FCV) recherché. Lorsque le FCV devient excessif, le volume du concentrat diminue sensiblement (effet positif) mais corrélativement, les performances de filtration se dégradent. D'où la recherche d'un point d'équilibre.

Les essais menés par RHODIA permettent d'obtenir les **performances globales** suivantes, pour un FCV = 5 :

- ⇒ une DCO de l'ordre de 300 à 400 mg/L de perméat,
- ⇒ un abattement >90 % sur la matière organique et l'azote total,
- ⇒ un abattement >98 % sur le phosphore et les métaux.

### **Devenir des coproduits issus du traitement**

Le **perméat** (liquide traité) pourrait être rejeté dans les eaux de surface via une parcelle d'infiltration avec du matériel d'irrigation. Il pourrait aussi être utilisé par l'élevage en eau technique (lavage...).

Le **concentrat liquide** contient théoriquement tout l'ammoniac et le potassium.

L'ensemble des **filtrats** et **concentrats** subissent un traitement de **stabilisation** et d'**assèchement** par biotraitement (compostage). Il subsiste quand même une interrogation quant au devenir de l'azote ammoniacal contenu notamment dans le concentrat.

Le concepteur (RHODIA-ECO SERVICES) est à la recherche d'un élevage pouvant accueillir une unité pilote, grandeur réelle.

En ce qui concerne l'unité de traitement mobile basée sur le même principe (procédé SEFIPUR) et soutenue par des entrepreneurs de travaux agricoles du Finistère (société GESTES-PEN-AR-BED), nous ne disposons, à ce jour, d'aucune information sur l'état d'avancement de sa mise au point.

### **3.2.4. L'extraction de l'azote ammoniacal par précipitation chimique de l'ammoniaque**

Ce procédé appelé A.V.D.A. est de type physico-chimique. L'opération est réalisée dans un réacteur dans lequel on crée des conditions permettant la **co-précipitation** de l'ammoniaque du lisier à l'aide de réactifs chimiques (acide phosphorique et magnésium). Les formes d'azote extraites sont l'azote ammoniacal et une partie de l'azote organique restant encore dans le lisier prétraité.

Cette étape est incluse dans une filière complète de traitement mettant en œuvre deux autres étapes :

- une **étape de prétraitement** de type **séparation mécanique de phases poussée** permettant de décharger le lisier de sa matière organique,
- une **étape de traitement final** de l'effluent traité, après séparation de son précipité, avant son rejet en rivière.

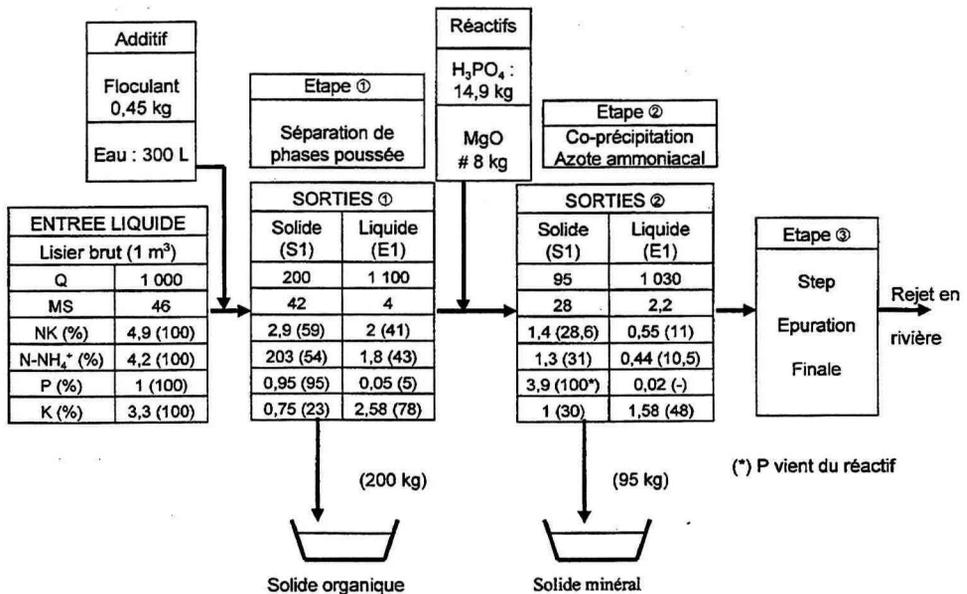
Conçu par l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de RENNES, il s'agit soit :

- **d'une filière de traitement de type collectif centralisé.** Cette approche du traitement en unité centralisée s'adresse :

- \* à **des régions** où les excédents de lisier de porc sont représentés par la production de faibles **excédents individuels** par de nombreux élevages de taille petite à moyenne,

- \* à des régions pour lesquels le recours de **traitement individuel** peut difficilement être envisagé pour des raisons technico-économiques.

- **d'une filière de traitement de type collectif en unité mobile.** Elle s'adresse alors au même type de clientèle dans des zones où le traitement centralisé n'est pas possible.



**Figure 10** : Bilan matière simplifié réel du procédé AVDA  
(Source ENSCR - E. BRIONNE)

## Commentaires

Cette étape aboutit à la formation d'un **précipité minéral**. Environ 70 % de l'azote ammoniacal contenu dans le lisier prétraité et entrant sur cette étape, se retrouve dans ce **précipité minéral**. Celui-ci se présente sous la forme d'un solide (**solide minéral S2**) après une séparation mécanique de phases.

Le **phosphore** qu'il contient provient de l'acide phosphorique utilisé comme **réactif de précipitation**. Il contient également 40 % du **potassium** entrant sur cette étape.

Sa teneur en matière sèche est de l'ordre de **30 %**. Il représente **100 kg/m<sup>3</sup>** de lisier brut traité.

Le **liquide traité** contient encore de l'azote ammoniacal (400 mg/l N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Il a également une DCO de 2 300 mg/l et une DBO<sub>5</sub> de 1 100 mg/l. Il doit subir un traitement d'épuration complémentaire de type **nitrification-dénitrification** avant de pouvoir être rejeté dans les eaux de surface (= rejet en rivière), dans le cas de l'unité centralisée.

Le **co-produit minéral** (solide S2) pourra être **vendu** pour être utilisé comme **matière première** pour la fabrication de fertilisants minéraux composés.

Le **surcoût global** lié à ce traitement et compte tenu de la revente du solide minéral S2 sera de l'ordre de 60 F/m<sup>3</sup> de lisier brut traité. Ce surcoût inclut les frais d'approche du lisier et de traitement final de l'effluent avant rejet en rivière (unité centralisée).

Il s'agit d'un procédé validé dans son principe et également techniquement sur pilote. Sa réalisation par la SAUR à SAINT-JEAN-BREVELAY dans le Morbihan, dans une unité centralisée traitant 100 000 t/an de lisier brut, dépend essentiellement du contexte économique et juridique.

L'unité mobile est en cours de mise au point dans un élevage des Cotes d'Armor à PLELO par COOPAGRI Bretagne (Landerneau) en partenariat avec la SAUR.

Son **évaluation** en vue de sa **validation** par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne devrait être réalisée courant 1999.

### 3.2.5. L'extraction de l'azote ammoniacal par volatilisation et traitement de l'air chargé

L'extraction par volatilisation est réalisée de différentes manières :

- au cours d'un traitement aérobie intensif de désodorisation (= compostage liquide),
- par voie physico-chimique.

Le traitement de l'air chargé est réalisé également de différentes manières suivant que l'on souhaite **conserver** ou **éliminer** l'ammoniac extrait. Ces procédés étant en cours d'étude, nous présentons ici que les performances (théoriques) des deux procédés physico-chimiques **BALCOPURE®** et **SMELOX-IFP**.

### 3.2.5.1. Le Procédé BALCOPURE® (figure 11).

Ce procédé comprend deux étapes successives :

- **La première étape** permet une **volatilisation à taux modulable** de l'azote ammoniacal (« à la carte ») suivant les besoins de l'élevage qu'elle équipe. Elle permet de plus, du fait que tout le lisier produit est traité, de le désodoriser et de pouvoir le **gérer sans nuisance**.

La volatilisation de l'ammoniac est réalisée par élévation du pH basique à différents niveaux et agitation du milieu.

- **La seconde étape** permet l'épuration de l'air extrait par lavage acide. Il s'agit dans ce cas d'une **filière conservatrice** de l'azote. L'air épuré peut être rejeté dans l'atmosphère.

Une épuration par biofiltration de l'air sur **lit de tourbe** (par Nitrification-Dénitrification) peut également être envisagée. Il s'agit dans ce cas d'une **filière d'élimination de l'azote**.

Il s'agit dans la **version physico-chimique** :

- d'un procédé individuel lorsqu'il est installé à poste fixe,
- d'un procédé semi-collectif dans sa version embarquée déplaçable (si **sa puissance supposée de traitement** est confirmée).

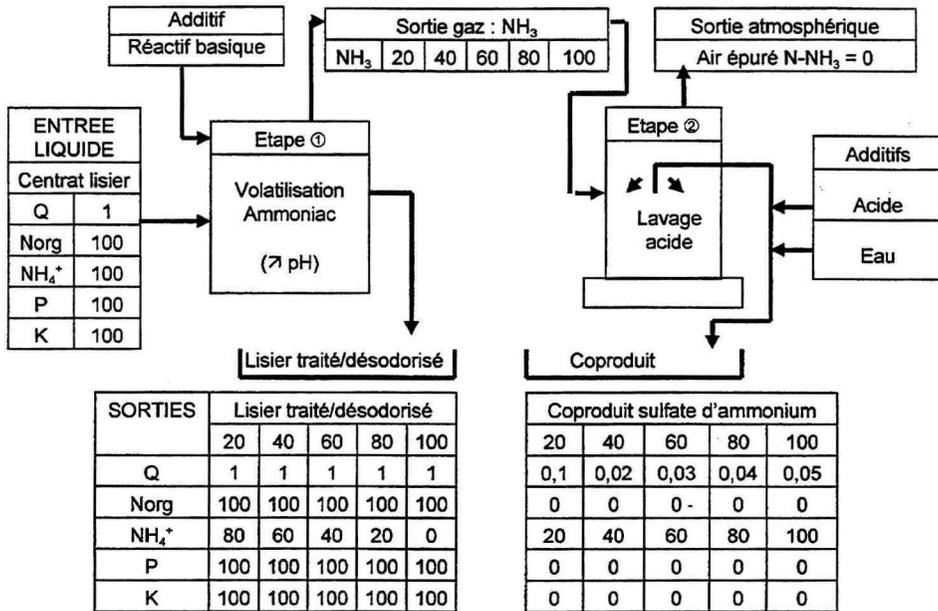
Il s'adresse prioritairement, dans sa version fixe, à des élevages moyens à grands, excédentaires en azote d'origine animale, voulant gérer tout leur **lisier sans odeur** et ayant la possibilité de **substituer** aux engrais minéraux azotés, le **co-produit** issu de la deuxième étape : **sulfate d'ammonium** sous forme liquide et concentré.

Il peut traiter du lisier brut complet (ou tamisé). Du **lisier « âgé »** permet une extraction plus importante de l'azote (sous forme ammoniacale), de la phase liquide.

#### **Commentaires**

**Dans la première étape** le niveau d'extraction de l'azote ammoniacal par **volatilisation** peut être modulé en fonction des paramètres suivants :

- niveau de **pH** atteint : celui-ci est fonction des doses de **réactif basique** incorporé,
- niveau d'agitation
- temps de séjour dans le réacteur,
- débit d'air de balayage.



**Figure 11 : Bilan matières simplifié théorique du procédé BALCOPURE ®**  
(source Cemagref - J. COILLARD)

Différents pourcentages d'extraction sont visés (20 % à 100 % de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> contenu initialement dans le lisier). Une partie de l'azote organique pourrait également être "extraite" du fait de l'action de minéralisation de la matière organique par la chaux.

Le lisier traité, désodorisé de manière stable et hygiénisé est stocké. Il peut être épandu ensuite sans odeur et en respectant les quantités d'azote imposées par les cultures.

**Le phosphore** particulière piégé par le réactif basique sera facilement décantable. Sa **gestion différenciée** de celle de l'azote pourra être envisagée après **décantation gravitaire**. **Le potassium n'est pas traité** et reste dans le liquide.

**Dans la deuxième étape**, le lavage acide de l'air permet de **produire** un engrais azoté liquide qui est du sulfate d'ammonium lorsque l'on utilise de l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Sa concentration visée 400 g/l de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> et de 80 UN/m<sup>3</sup> en fait un engrais azoté concentré intéressant.

Il peut être utilisé sur place en substitution aux engrais azotés minéraux utilisés par les agriculteurs, ou exporté et vendu comme matière première à des fabricants d'engrais minéraux.

**La quantité produite** est fonction du taux d'extraction de l'azote ammoniacal souhaité dans la première étape.

Le lavage acide de l'air permet aussi **d'épurer** l'air et de pouvoir le rejeter dans l'atmosphère sans pollution.

Compte tenu de sa compacité et de sa puissance de traitement espérée son coût d'investissement devrait être peu élevé.

Fonctionnant dans ses deux étapes en mode automatisé (régulation par le pH et la conductivité) ses coûts de fonctionnement pourront être optimisés et seront représentés essentiellement par des coûts de réactifs (base et acide) et d'énergie électrique.

**Le surcoût global de traitement** visé ne devrait pas dépasser 30 F/m<sup>3</sup> de lisier traité.

**L'unité pilote fixe** basée sur ce principe et développée par la **société Balthazard et Cotte**, est en cours d'évaluation sur une très longue durée en vue de sa validation par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

L'unité pilote se trouve dans un élevage de la Coopérative Paysanne d'Erquy à Saint Alban dans les Côtes-d'Armor.

**L'unité pilote mobile** du même procédé est également en cours de mise au point dans un élevage des côtes d'Armor près de Plancoët

### 3.2.5.2. *Le procédé SMELOX-IFP. (figure 12)*

Il s'agit d'un procédé physico-chimique de type « **destructeur** » de l'azote ammoniacal. Il a été conçu par l'Institut Français du Pétrole (I.F.P.). Ce procédé comprend deux étapes successives :

- **La première étape** permet une **volatilisation modulable** de l'azote ammoniacal « **à la carte** » suivant les besoins de l'élevage. Elle permet en plus, du fait que tout le lisier produit est traité, de le désodoriser par oxydation catalytique (en phase homogène), de l'hygiéniser et ainsi de pouvoir le gérer **sans nuisance**.

La volatilisation de l'ammoniac est réalisée élévation de la température (70 - 90°) dans **une tour de lavage par ruissellement**.

- **la seconde étape** permet l'épuration de l'air extrait par **combustion catalytique** de l'ammoniac à haute température (réaction catalytique en phase hétérogène).

Il s'agit d'un procédé individuel lorsqu'il est installé à poste fixe, semi-collectif dans sa version embarquée déplaçable (si **sa puissance supposée de traitement** est confirmée). Il s'adresse prioritairement dans sa version fixe à des élevages moyens à grands, excédentaires en azote d'origine animale et voulant éliminer cet excédent proprement et gérer tout leur lisier sans odeur.

Tel qu'il est conçu, il ne peut traiter que du lisier :

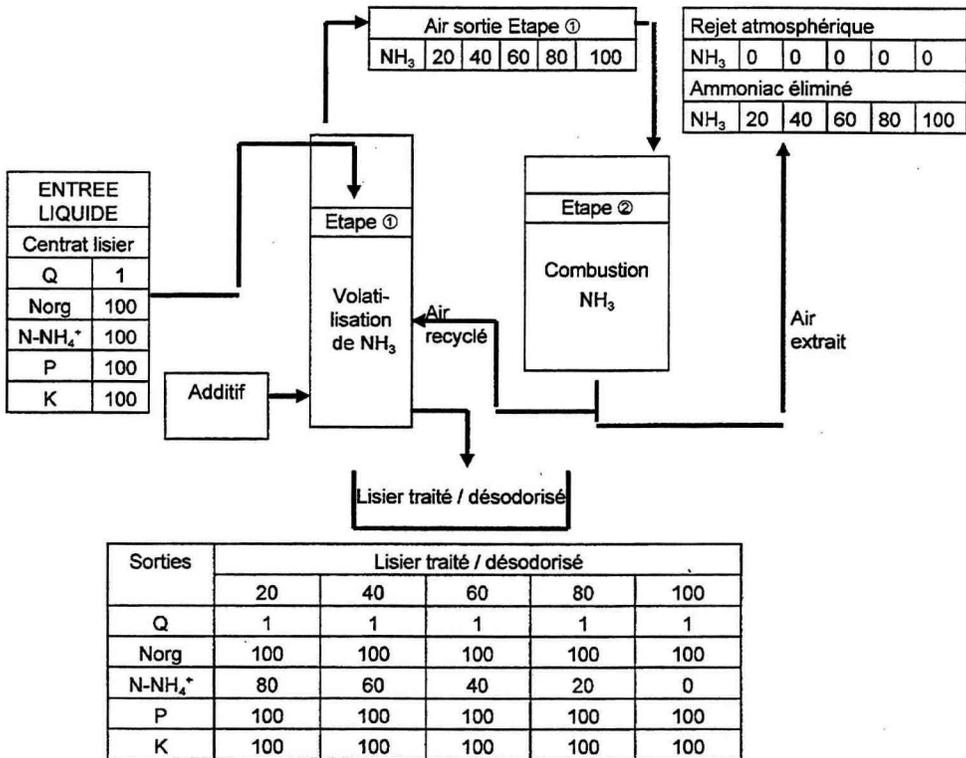
– ayant subi une **séparation mécanique de phases poussée** (par décanteuse centrifuge à axe horizontal) afin de ne pas encrasser :

\* le réacteur de volatilisation,

\* ainsi que l'échangeur thermique à plaques (lisier entrant – lisier sortant).

**N.B. :** Au cours de cette étape (traitement primaire) 90 % du phosphore total et 40 % de l'azote Kjeldahl sont retenus dans le refus solide extrait.

– **concentré** afin de pouvoir être "autotherme" (c'est à dire ne pas utiliser d'énergie d'appoint).



**Figure 12 :** Bilan matière simplifié théorique du procédé SMELOX  
(Source Cemagref - J. COILLARD)

## **Commentaires**

Dans sa première étape, le **niveau d'extraction** de l'azote ammoniacal par **volatilisation** peut être modulée en fonction des paramètres suivants :

- niveau de température,
- (niveau de pH),
- temps de séjour.

**Le temps de séjour** dans le réacteur de volatilisation est fonction du débit d'alimentation en lisier (il est au plus de quelques heures).

**L'énergie** nécessaire à l'obtention du niveau de température de traitement souhaité provient de la combustion, dans l'étape suivante, de l'ammoniac extrait et des échanges thermiques (eau-eau et air-air) placés en différents points des circuits de liquide et de gaz.

L'objectif est d'être autotherme. Quand ce n'est pas le cas, une source d'énergie d'appoint (F.O.D.) peut être utilisée.

**La désodorisation** est obtenue conjointement par incorporation d'un **catalyseur d'oxydation** (brevet I.F.P.) permettant de transformer les mercaptans volatils et odoriférants en disulfures moins volatils et inodores. Le lisier traité est désodorisé de manière stable et hygiénisé. Il est stocké avant d'être épandu sans odeur en respectant les charges d'azote imposées par les cultures.

Différents pourcentages d'extraction sont visés (20 % à 100 % de  $\text{NH}_4^+$  contenu initialement dans le lisier).

**Le phosphore** dissous non retenu au cours du traitement primaire **et le potassium** ne sont pas concernés par le traitement et se retrouvent intégralement dans l'effluent traité.

Dans la deuxième étape, la combustion catalytique de l'ammoniac extrait dans l'air permet de transformer cette forme d'azote en **azote gazeux** ( $\text{N}_2$ ) qui peut être rejeté dans l'atmosphère sans pollution.

Ce procédé est encore en cours d'étude et de mise au point. Compte tenu de sa compacité et de sa puissance de traitement espérée (0,2 t/h à 16 t/h suivant la taille de l'unité) son **coût d'investissement** devrait être peu élevé. Mais il nécessite en tête de filière une étape de prétraitement (tamisage) qui alourdit ce coût.

Il fonctionne dans ses deux étapes en mode automatisé. De ce fait, ses **coûts de fonctionnement** pourront être optimisés. Pour cela il est important que le système puisse fonctionner de manière autotherme, c'est-à-dire, sans appoint d'énergie thermique extérieure.

Cela sera possible à trois conditions :

- traiter du lisier (tamisé) riche en azote ammoniacal (= lisier concentré),
- extraire des quantités importantes de cette forme d'azote (taux d'extraction élevés),
- éviter les remises en route trop fréquentes du système.

Le **surcoût global** de traitement visé ne devrait pas dépasser 30-40 F/m<sup>3</sup> de lisier brut traité.

Le **coût de fonctionnement** visé devrait être inférieur à 10 F/m<sup>3</sup> de lisier traité.

L'**unité pilote fixe** basée sur le procédé **SMELOX-IFP** et construite par Armor-Industrie est en cours d'expérimentation dans le Finistère dans un élevage du Groupement d'éleveurs PORFIMAD près de Pleyben avec le Cemagref. Son évaluation sur une très longue durée en vue de sa validation par l'Agence de Loire-Bretagne devrait pouvoir être réalisé en 1999.

Le concepteur prévoit également la mise en œuvre du procédé en unité mobile

## CONCLUSION

Cet exposé présente les principales techniques de traitement des lisiers de porc étudiées en France ces dernières années. Certaines sont validées, d'autres sont en cours d'évaluation. Ces techniques constituent, par leur diversité, une large panoplie des procédés envisageables pour contribuer, en complément des autres solutions préventives, à résoudre les problèmes d'environnement posés par les élevages de porcs en Bretagne. Elles montrent aussi l'inventivité et le savoir faire des techniciens français qui ont recherché et recherchent des **solutions** mieux adaptées aux pratiques et contextes régionaux.

Certaines d'entre elles pourront trouver également (et trouvent déjà) des applications dans certains élevages situés dans d'autres régions françaises (et européennes).

On constate également un effort de recherche important en vue de mettre au point des procédés physico-chimiques en unités fixes et aussi également en unités mobiles.

L'objectif est bien de pouvoir maîtriser les excédents d'azote mais aussi de phosphore de manière collective par le traitement.

D'autres procédés de traitement ont également été mis au point et étudiés récemment. Ils ne sont pas présentés dans cet exposé. Il s'agit de procédés de **désodorisation aérobie par « compostage liquide » (procédé AMOLIS)**, de **lagunage naturel** et de **évaporation naturelle** (procédé NUCLEOS). Ils constituent également des solutions de traitement plus particulièrement adaptées à d'autres régions d'élevages moins intensives.

Ces travaux de recherche ont été **initiés et coordonnés** par les pouvoirs publics :

- Etat : Ministère de l'Agriculture : DERF, DEPSE, Ministère de l'Environnement : Mission Eau-Nitrates du CORPEN ;
- Agences : ADEME, Agence de l'Eau Loire-Bretagne ;
- Collectivités régionales et départementales (Région Bretagne, Conseils Généraux) dans le cadre du Programme « Bretagne-Eau-Pure ».

**Les recherches ont été réalisées** conjointement par :

- les Instituts de Recherche Publics (CEMAGREF, INRA, Ecole de Chimie de Rennes, etc...) et Privés (SIRIAL, IFP, RHODIA-ECO-SERVICES, ELF-ATOCHEM Grande Paroisse, E. COFIT), en liaison avec les Instituts Techniques, les Chambres d'Agriculture et la profession (coopératives, groupements de producteurs,...), ainsi que par de nombreuses sociétés privées qui se sont investies dans ce domaine avec des procédés souvent innovants (certains sont issus du concours d'idées « BRETAGNE-EAU-PURE » de septembre 1991).

En pratique, les choix des **solutions les mieux adaptées basées sur le traitement** qui devront être réalisés dans un proche avenir, ne sont pas simples, car ils doivent :

- **être faits individuellement**, par chaque éleveur concerné, en fonction de son propre problème et de critères techniques, économiques et pratiques, qui lui sont propres,
- **s'intégrer à la stratégie de résorption des excédents** des différentes déjections animales élaborée dans chaque département.

Il semble que l'on aura recours à ces techniques de traitement dans les régions excédentaires dans un proche avenir. Leur mise en œuvre aura un **impact économique** sur la filière porcine bretonne.

- **les aides financières** liées au paiement des redevances devraient permettre de rendre leur coût d'investissement supportable,
- **les coûts de fonctionnement et de maintenance** qui seront intégralement à la charge des éleveurs, devront être les plus bas possibles. Le coût de l'énergie électrique, relativement bas en France, est un gage de réussite dans ce sens.

Il conviendra également de former le personnel d'encadrement qui aidera les éleveurs ayant recours au traitement. Ces formations permettront :

- de faire fonctionner les systèmes et d'assurer leur efficacité,
- de gérer au mieux les différents co-produits issus de ces dispositifs de traitement.

## BIBLIOGRAPHIE

BERTRAND, M. (1994) - De la production à l'épandage : la gestion des lisiers de porcs, Bulletin technique d'information (BTI), n°14, p.53-71.

BRIONNE E. (1993) - Recherche sur les conditions de valorisation des déjections animales. Quantification du phosphore - extraction de l'azote. Thèse de Doctorat, Université de Rennes, U.F.R. Ecole Nationale Supérieure de Chimie, 17/12/1993, 140 p.

COILLARD J., VASSEUR J. (1978) - La désodorisation du lisier de porc par stockage aéré. Etude d'une installation témoins. B.I. CNEEMA, n° 242-243, p.23-28.

COILLARD J. (1978) - Voyage d'étude sur les « Banques de lisier » en Pays-Bas. B.I. CNEEMA, n° 249 - Octobre 1978, p.37-46.

COILLARD J. (1989) - Le traitement en Unités Centralisées. Génie Rural n° 10 - Octobre 1989, p.45-54.

COILLARD J. (1990) - Procédés de traitement des lisiers de porcs. TECHNIPORC, 13/04/90, p.45-55.

COILLARD J. (1990) - Le traitement des lisiers de porcs excédentaires. COURANTS, n° Juillet-Août, p.40-48.

COILLARD J., TEXIER C. (1993) - Le traitement à la ferme des lisiers de porcs excédentaires : une étude de cas, l'unité de traitement de la CAM (JRP 94).

COILLARD J. (1994) - Quels traitements pour les effluents d'élevage ? Colloque INTERSIMA 16/02/94 « Maîtrise des pollutions dues aux élevages » - p.93-111.

COILLARD J., PRADAL G., BUATIER C. (1995) - Le traitement à la ferme des lisiers de porcs. Une étude d'un procédé extensif de type « lagunage naturel » TECHNIPORC, 18/1/95, p.29-45.



La concentration et l'intensification des productions porcines posent le problème de la capacité des zones de production à valoriser les déjections et à assurer la gestion des excédents afin de diminuer et de maîtriser les pollutions. Réduire les nuisances et la charge polluante, valoriser les effluents en conciliant le revenu des producteurs, restent des objectifs difficiles à atteindre. Les différentes expériences européennes sont commentées avec la participation des éleveurs et des services publics ; les solutions techniques et pratiques de gestion sont étudiées et débattues dans le cadre du nouveau contexte réglementaire.

ISBN 2-85362-513-3

Prix : 220 F TTC



9 782853 625135