



HAL
open science

Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages

A. Grammont, J.L. Laurent, B. Cheze, J. Clement

► **To cite this version:**

A. Grammont, J.L. Laurent, B. Cheze, J. Clement. Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages. Cemagref Editions, pp.145, 1994, 2-85362-349-1. hal-02574832

HAL Id: hal-02574832

<https://hal.inrae.fr/hal-02574832>

Submitted on 12 Apr 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.

LE JAGREFF
Association
Généraliste des P. R. O. M.

PUB 02001412

Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages

Actes du colloque



CEMAGREF

16 février 1994 - Paris



Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages

**Actes du colloque
Paris – 16 février 1994**

Dans la même collection aux éditions du CEMAGREF

- Quelle mécanisation pour la forêt de demain ?, colloque *SIMA 93*, Paris, ISBN 2-85362-324-6, 1993, 192 pages – 200 F TTC.

- La conduite autonome des engins agricoles, colloque *SIMA 92*, Paris, ISBN-2-85362-266-5, 1993, 152 pages – 200 F TTC.

- Ressources naturelles et développement montagnard, colloque *SAM 92*, Grenoble, ISBN 2-85362-310-6, 1993, 154 pages – 200 F TTC.

- Montagne = Qualité ?, colloque *SAM 92*, Grenoble, ISBN 2-85362-332-7, 1993, 68 pages – 150 F TTC.

- Use of On-Machine Vision Systems for the Agricultural and Bio-Industries. Systèmes de vision embarqués pour l'agriculture et l'industrie agro-alimentaire, séminaire international, septembre 1991, Montpellier, *en anglais*, ISBN 2-85362-279-7, 1992, 176 pages – 200 F TTC.

- Recherche et société, 10 ans d'expérience du CEMAGREF, colloque octobre 1991, Paris, ISBN 2-85362-256-8, 1991, 204 pages – 200 F TTC.

- ACIPENSER, colloque international sur l'esturgeon, octobre 1989, Bordeaux, ISBN-2-85362-208-8, 1991, 520 pages (119 dessins, 35 photos) – 350 F TTC.

- Drainage agricole, séminaire international, février 1990, Le Caire, ISBN 2-85362-220-7, 1991, 340 pages – 220 F TTC.

Actes du colloque Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages – 16 février 1994.

Coordination de l'édition : Jacques Clément – Secrétariat d'édition : Valérie Goulette – Maquette de couverture : Françoise Cédra.

Mise en page : D. Guillonnet, 89800 Aigremont – Impression et façonnage : imprimerie Louis Jean, 05003 Gap – Diffusion : CEMAGREF-DICOVA, BP 22, 92162 Antony Cedex – Diffusion aux libraires : TEC et DOC Lavoisier, 19, rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex – ISBN 2-85362-349-1, dépôt légal : 1^{er} trimestre 1994 – Prix **200 F TTC**.

Colloque

Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages

Paris, 16 février 1994
INTERSIMA, Villepinte

Présidence :

André GRAMMONT

Directeur de l'Espace Rural et de la Forêt
Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

Jean-Luc LAURENT

Directeur de l'Eau
Ministère de l'Environnement

Coordination scientifique :

Bernard CHÈZE

Chef du département Équipements
agricoles et alimentaires

Jacques CLÉMENT

Chef du service Valorisation
Direction de la communication
et de la valorisation, CEMAGREF

Sommaire

Avant-propos	6
La réduction des charges polluantes en amont	
Influence de l'alimentation et des performances sur les rejets azotés des porcs J.-Y. Dourmad, Y. Henry	11
Le bâtiment sans lisier - Performances de cette nouvelle voie de traitement des déjections animales P. Marchal, L. Wallian, P. Groussard	29
La gestion des effluents	
Diagnostic d'exploitation, gestion et stockage des effluents, mise en conformité des équipements M. Tillie	41
ASPER : un système d'assistance pour un épandage raisonné F. Guiziou, M. Bertrand, J. Abrassart, G. Floch	55
Quelles évolutions pour les équipements d'épandage ? Z. Habib	71
Les traitements des effluents	
Les objectifs des traitements F. D'Anthenaise	91
Quels traitements pour les effluents d'élevage ? J. Coillard	93
Les aspects économiques	
Pratiques agricoles et respect de l'environnement : quelle insertion dans l'exploitation agricole ? N. Turpin, P. Jannot	115
Annexe	
Note de synthèse bibliographique N. Delherbe	135

Les débats de la table ronde : **Quels moyens pour maîtriser les pollutions dues aux élevages ?** réunissant :

- A. Grammont, directeur de l'Espace Rural et de la Forêt
- J.-L. Laurent, directeur de l'Eau
- J.-L. Verrel, directeur adjoint au GIP Hydro-Systèmes/CEMAGREF, et
- J. Salmon, éleveur, membre du bureau de la FNSEA chargé du dossier environnement

seront publiés dans un prochain numéro des *Informations Techniques* du CEMAGREF.

Avant-propos

Prévenir et maîtriser les pollutions dues aux élevages sont des enjeux dont l'importance va croissante depuis plusieurs années en France. Bien qu'ils ne soient pas seuls en cause, les principaux éléments polluants issus des élevages sont les déjections animales.

Dans certaines zones géographiques, les élevages ont connu un mouvement de concentration et d'intensification. Dans ces zones, les capacités d'utilisation, par le couple sol/cultures, des éléments fertilisants (azote, phosphore) provenant de ces déjections après épandage, sont devenues insuffisantes. Les conséquences directes de ce déséquilibre sont, après lessivage et ruissellement, la pollution des eaux par l'azote et le phosphore. Au regard des normes, ces pollutions sont à l'origine, dans certaines régions d'élevage intensif, de la « non-potabilité » de sources ou de forages. Par ailleurs, il convient de signaler les nuisances occasionnées pour les riverains par les odeurs issues de ces élevages

La collectivité nationale, mais en particulier les gestionnaires de l'eau et les responsables de l'agriculture, sont décidés à prendre toutes les mesures nécessaires pour limiter ces pollutions.

La multiplicité des acteurs et des situations en cause rend extrêmement complexe la définition d'une politique applicable à l'ensemble du territoire national. Il faut être capable de faire évoluer à bon escient les pratiques de chaque agriculteur en tenant compte des contraintes socio-économiques et des conditions particulières de l'environnement : nature des sols, hydrologie des nappes souterraines et des bassins versants, sensibilité des milieux récepteurs.

Les pouvoirs publics, tant français qu'européens, ont pris une série d'initiatives visant à réduire cette cause de pollution. Signalons en particulier la création du CORPEN en 1984 et la mise en application de la « directive nitrates » de 1991. Suite logique, l'accord passé en octobre 1993 entre les principales organisations professionnelles agricoles, le ministère de l'Environnement et le ministère de l'Agriculture et de la Pêche, va permettre la mise en œuvre d'un programme national de maîtrise des pollutions d'origine agricole.

L'objectif de ce programme est d'aider financièrement les éleveurs à réaliser les investissements nécessaires pour la maîtrise de leurs effluents. Par ailleurs, les élevages seront progressivement intégrés dans le dispositif des agences de l'eau selon le principe « non-pollueur, non-payeur ». Ce programme devrait avoir un impact sur la réduction des pollutions dues aux élevages.

Le CEMAGREF développe des connaissances¹ qui le situent au cœur de ces problèmes puisqu'elles portent sur :

- la maîtrise des pollutions à l'échelle des exploitations agricoles,
- les modes de transfert des éléments polluants au sein des bassins versants,
- l'impact des polluants sur les écosystèmes aquatiques.

Pour accompagner la mise en œuvre du programme national, il était donc normal que le CEMAGREF organise le colloque « Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages ». L'objectif est de présenter des interventions d'ordre technique et scientifique permettant d'enrichir la réflexion nationale sur les moyens à mettre en œuvre pour maîtriser ce type de pollution. Le présent ouvrage est constitué par les textes de ces contributions.

1. – Activités présentées dans le document *Connaissance et prévention des pollutions d'origine agricole*, CEMAGREF, 1992.

**La réduction
des charges polluantes
en amont**

Influence de l'alimentation et des performances sur les rejets azotés des porcs

Effect of feeding and performance on nitrogen excretion of pigs

Jean-Yves DOURMAD et Yves HENRY

INRA, Station de Recherches Porcines

35590 Saint-Gilles

Tél. 99 28 52 00 – Fax 99 28 50 80

Résumé. Dans les zones de production porcine intensive, l'élimination des déjections devient un problème crucial, en raison principalement des risques de pollution des eaux par les nitrates et des émanations d'ammoniac. L'azote excrété dans les urines et les fèces correspond à la fraction de l'apport alimentaire non retenue dans les protéines corporelles. 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 40 à 45 % par voie urinaire, soit au total environ 60 à 70 % de l'ingéré. La modélisation permet de prévoir avec précision l'importance des rejets azotés en fonction des apports alimentaires de protéines et des performances des animaux. Les différents résultats disponibles montrent qu'il est possible de réduire préventivement les rejets azotés des porcs, en modifiant la stratégie d'alimentation ou les 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 être envisagée, sans augmentation importante du coût alimentaire. On peut également souligner l'effet intéressant de l'amélioration du niveau des performances, sur la limitation des rejets. En période de reproduction, le paramètre le plus important est le nombre de porcelets produits par truie et par an, alors que chez le porc en croissance l'excrétion est principalement affectée par l'indice de consommation.

Abstract. In highly intensive pig production areas, manure disposal is a major problem especially for nitrogen, in relation to water pollution by nitrates and gaseous ammonia emissions. Nitrogen excretion, in urine and faeces, corresponds to the fraction of dietary nitrogen that is not retained by the animal. When we consider the growing-finishing pigs, 15 to 20 % of nitrogen intake is excreted in the faeces and 40 to 50 % in the urine, corresponding to a total excretion of 60 to 70 % of intake. In practical conditions, we can predict, by modelling, nitrogen excretion by pigs, from protein intake and performance.

The results from literature show that it is possible to reduce nitrogen output preventively, through modifications in the feeding strategy or improvement of performance level. 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 costs.

The positive effect of the improvement of performance level has also to be noticed. In breeding sows the most important parameter is the number of piglets produced per sow and per year, whereas for fattening pigs, feed conversion ratio is of primary importance.

Introduction

Dans les régions de productions animales intensives, l'élimination des déjections est parfois difficilement conciliable avec la protection de l'environnement. Au-delà du phénomène de concentration de l'élevage, l'intensification s'est accompagnée d'une production de plus en plus fréquente de lisier, associée à un niveau élevé de nuisances olfactives.

Ces déjections sont riches en éléments organiques et minéraux qui risquent d'entraîner des pollutions de l'air et de l'eau. En particulier, l'azote présent dans les déjections pose à la fois des problèmes liés aux émanations gazeuses (ammoniac et oxydes d'azote) impliquées dans les pluies acides ou l'effet de serre, et à l'enrichissement des eaux superficielles ou souterraines en nitrates (Fleming, 1991 ; Steffens et Benedetti, 1991).

L'élimination des déjections animales constitue de ce fait un problème crucial dans plusieurs régions européennes à forte densité de production (Pays-Bas, Danemark, Belgique, Italie, Bretagne...). Dans ces situations particulières, l'épuration locale des effluents par leur utilisation agronomique n'est plus suffisante et d'autres solutions doivent être envisagées.

La Commission des Communautés Européennes a subventionné un grand nombre d'études sur les techniques visant à réduire la teneur en azote des lisiers, dans le cadre d'un programme de recherches sur les effluents des élevages intensifs (Gasser, 1980). Un large éventail de procédés technologiques avait alors été exploré, mais l'élimination de l'azote résultait souvent d'une conversion des formes organiques en ammoniac, dégagé dans l'atmosphère. De plus, les coûts élevés d'investissement et de fonctionnement ont souvent limité le développement de ces techniques de traitement.

Des mesures préventives ont également été proposées, il s'agit essentiellement de réduire les pertes nutritionnelles d'azote et donc d'améliorer l'efficacité d'utilisation des protéines alimentaires par l'animal (Lenis, 1987 ; Schutte et Bosch, 1990 ; Tamminga et Verstegen, 1991 ; Dourmad et Guillou, 1991 ; Gatel et al, 1992).

L'utilisation des protéines par l'animal

L'azote excrété correspond à la fraction de l'apport alimentaire qui n'est pas retenue par l'animal sous la forme de protéines corporelles (porc en croissance) ou exportée (truite en lactation). On peut ainsi distinguer deux composantes principales :

- la fraction azotée non digérée et éliminée au niveau fécal (principalement sous la forme de protéines végétales ou bactériennes). L'importance relative de cette fraction par rapport à l'ingéré dépend essentiellement de la digestibilité des protéines du régime et donc des matières premières qui le constituent. On retrouve également dans les fèces une partie de l'azote endogène correspondant au renouvellement de la paroi intestinale et aux sécrétions digestives.
- la fraction excrétée au niveau urinaire, en grande partie sous la forme d'urée. Elle est issue de l'oxydation (principalement dans le foie) des acides aminés sanguins 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 d'acides aminés 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 40 à 45 % par voie urinaire, soit au total environ 60 à 70 % de l'ingéré (**fig. 1**).

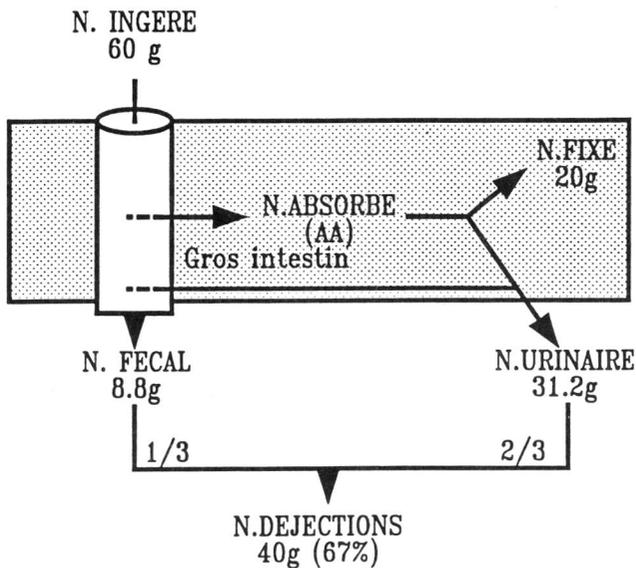


Fig.1 : Utilisation de l'azote ingéré par un porc de 60 kg. (source INRA)

Les fractions azotées excrétées dans les fèces (fraction solide) et les urines (fraction liquide) représentent alors respectivement un peu moins de 1/3 et un peu plus de 2/3 des rejets totaux. Au-delà des émissions fécales et urinaires, directement liées à l'animal et au régime alimentaire, l'azote des rejets subit des modifications sous l'effet des fermentations microbiennes, dans le sens d'une minéralisation sous forme d'azote ammoniacal et plus accessoirement en amines complexes.

La détermination des rejets azotés des porcs

La prise en compte des différents facteurs de variation de la rétention azotée (**fig. 1**) permet de déterminer l'excrétion des animaux à partir de leurs performances zootechniques et de l'ingestion de protéines. Un modèle de calcul des rejets azotés des porcs aux différents stades physiologiques a ainsi été développé par *Dourmad et al* (1992).

Dans ce modèle, le rejet azoté est obtenu par différence entre l'azote ingéré et l'azote retenu par l'animal. Pour la période de gestation, la rétention azotée est calculée en fonction des apports alimentaires de protéines et d'énergie, du numéro de portée et du stade de gestation. Pendant la lactation, le bilan azoté est calculé à partir de la croissance de la portée. Durant la période d'engraissement, la rétention azotée est déterminée en fonction de la vitesse de croissance de l'animal et du pourcentage de muscle dans la carcasse à l'abattage.

Ce modèle permet de considérer les effets des performances (productivité numérique, vitesse de croissance, indice de consommation et teneur en muscle) et des techniques d'alimentation (nombre et composition des régimes), et donne une estimation de la fraction azotée émise sous forme gazeuse avant stockage (**fig. 2**).

Type de bâtiment	Ventilation	émissions gazeuses		
		g par porc g/j	%(1)	%(2)
Caillebotis intégral	basse	9,6	100	25
Caillebotis intégral	haute	7,6	80	20
Caillebotis partiel	haute	6,8	70	17,5
Caillebotis intégral avec "flushing" du lisier	haute	3	30	7,5
Cage de digestibilité	-	-	-	4 - 7

(1) exprimé en pourcentage du caillebotis intégral avec ventilation basse.

(2) exprimé en pourcentage de l'excrété.

Fig. 2 : Estimation de l'influence du type de bâtiment sur l'importance des émanations gazeuses d'ammoniac en engraissement
(d'après *Pessara et al*, 1992 et *Hoeksma et al*, 1992)

A l'aide d'un tel modèle, on peut déterminer l'excrétion azotée d'un élevage naisseur-engraisseur de 100 truies (89 truies productives) produisant 1 900 porcs charcutiers par an. Le poids vif et le pourcentage moyen de muscle à l'abattage sont respectivement de 105 kg et 54 %. Les pratiques alimentaires retenues sont rapportées à la **fig. 3**

Stade	Quantité consommée	M.A.T. (%)
Gestation et ISSF	2,7 kg/j	14,0
Lactation	5,5 kg/j	17,0
P.S. 1er âge	(d'après IC)	21,0
P.S. 2ème âge	(d'après IC)	18,0
Croissance-Finition	95 % de l'ad libitum	16,5

ISSF : Intervalle sevrage-saillie fécondante

PS : Post-Sevrage

Fig. 3 : Pratiques alimentaires utilisées pour l'estimation de l'excrétion azotée aux différents stades physiologiques (source, INRA)

La répartition de l'excrétion azotée entre les différents stades physiologiques (**fig. 4**) souligne l'importance de la phase d'engraissement. L'excrétion azotée moyenne par porc

	Par animal					Elevage		
	Ingéré N g/j	Rejet N g/j	Rejet % ing	Rejet N kg	Effluent N kg (1)	Rejet N kg/an	Effluent N kg/an	% Total
Truies								
. Gestation	61	45	75			1064	819	9,3
. Lactation(2)	150	98	61			566	436	5,0
. ISSF(2)	61	47	78			143	110	1,3
. Renouvellement	65	53	80			96	73	0,8
. Réforme	61	50	82			109	84	1,0
Total / présente	75	53	71	19,5(3)	15,0(3)	1978	1522	17,3
Verrats	54	46	86	17,0(3)	13,1(3)	85	65	0,7
Post-sevrage	26	14	52	0,48(4)	0,37(4)	934	719	8,2
Engraissement	57	40	70	4,4 (4)	3,4 (4)	8401	6469	73,7
Total sevrage-vente				4,9 (4)	3,8 (4)	9335	7188	81,9
TOTAL ELEVAGE			68			11400	8775	100

(1) la quantité d'azote de l'effluent est calculée pour des bâtiments en caillebotis intégral, les émanations gazeuses représentant 23% de l'azote excrété par les animaux.

(2) y compris les rejets des porcelets allaités. ISSF : Intervalle sevrage-saillie fécondante

(3) par an.

(4) par porc produit.

Fig 4. : Répartition de l'excrétion azotée entre les différents stades physiologiques, pour une unité de 100 truies naisseur-engraisseur(89 truies productives) produisant 1 900 porcs par an (d'après Guillou et al, 1993)

produit s'élève à 6 kg dont respectivement 18 %, 8 % et 74 % sont rejetés au cours des phases de reproduction, de post-sevrage et d'engraissement. Dans le cas d'un bâtiment en caillebotis intégral, dans lequel les émanations gazeuses sont estimées à 23 % (fig. 2), on peut évaluer la quantité d'azote rejetée dans le lisier à 15 kg par truie présente et par an et à 3,8 kg par porc produit entre le sevrage et la vente, dont 3,4 kg après 25 kg. Si l'on fait l'hypothèse que la volatilisation de l'azote dans le bâtiment se fait en totalité sous la forme d'ammoniac, ceci correspond à 1,7 kg de NH₃ par porc produit ou encore à 3,2 tonnes par an pour l'ensemble de l'élevage.

Les possibilités de réduction préventive de l'excrétion azotée du porc par l'amélioration de l'alimentation

Différentes possibilités sont envisageables pour améliorer l'efficacité d'utilisation des protéines alimentaires et diminuer ainsi les rejets d'azote :

- réduire la fraction de l'azote excrété grâce :
 - 1) à une meilleure adéquation des apports protéiques aux besoins des animaux, suivant leur stade physiologique et leurs potentialités pour la croissance ou la reproduction,
 - 2) à la recherche d'un meilleur équilibre des protéines du régime en acides aminés, par une stratégie raisonnée au niveau de la formulation.
- réduire la fraction de l'azote indigestible, rejeté dans les fèces, grâce à une meilleure connaissance de la digestibilité des protéines du régime et notamment de la disponibilité des acides aminés,
- augmenter la rétention protéique de l'animal en améliorant son potentiel de production.

Une meilleure adaptation des apports quantitatifs de protéines aux besoins des animaux

Les besoins nutritionnels des porcs évoluent en fonction du stade physiologique. Pour l'énergie, une bonne adéquation des apports aux besoins peut être obtenue par la mise en place d'un plan d'alimentation. Par contre, pour les protéines et les acides aminés, l'adéquation aux besoins nécessiterait de pouvoir faire varier le rapport protéines/énergie en fonction du stade de croissance, ce qui n'est pas réalisable avec un seul aliment. En pratique, différentes formules sont proposées par les fabricants d'aliment, correspondant à des phases particulières de la vie de l'animal.

Au cours des dernières années, on a assisté à une réduction du nombre des formules utilisées au sein d'un même élevage, par souci de simplification et également en raison d'une conjoncture de faible coût des sources de protéines. Ainsi, pour le porc à l'engrais, on utilise souvent un aliment unique « croissance-finition » et, pour la truie reproductrice, un aliment unique « gestation-lactation ». Ces formules « uniques » doivent permettre la couverture des besoins pour chacune des périodes et présenter les caractéristiques correspondant à la phase la plus exigeante : la phase initiale de la croissance pour le porc à l'engrais et la lactation pour la truie reproductrice. Ceci entraîne un gaspillage de protéines et une augmentation des pertes fécales et surtout urinaires d'azote aux autres périodes. Par rapport à cette situation on peut évaluer l'impact, sur le rejet d'azote, d'une meilleure adéquation des apports aux besoins, à chaque stade physiologique.

Chez la truie reproductrice

Les besoins azotés de la truie au cours de la gestation et de la lactation sont très différents. En lactation, la truie exporte des quantités considérables d'azote dans le lait, ce qui se traduit par un besoin très important en protéines et en acides aminés. De plus, en raison d'un appétit insuffisant en lactation, il est souvent nécessaire d'augmenter la teneur de l'aliment en acides aminés afin d'assurer un apport journalier suffisant (Étienne et al, 1989 ; Dourmad et al, 1991). Aussi, dans les calculs qui suivent nous retiendrons une teneur en protéines des 17 % pour l'aliment de lactation. En gestation, au contraire, les besoins sont nettement moindres et un aliment présentant une teneur moyenne en protéines de 12 % permet de couvrir les besoins. Sur cette base, nous avons déterminé les quantités journalières d'azote fixé et rejeté en gestation et sur l'ensemble du cycle pour deux conduites alimentaires :

- **conduite 1** : aliment unique à 17 % de protéines, distribué en gestation et en lactation.
- **conduite 2** : aliment à 12 % de protéines en gestation et à 17 % en lactation.

Comme le montre la **fig. 5**, la conduite 1 (aliment unique gestation-lactation) s'accompagne d'une augmentation du rejet moyen journalier d'azote de 48 % en gestation et de 34 % sur l'ensemble du cycle. L'importance de la différence s'explique à la fois par l'écart existant entre les besoins de gestation et de lactation et par les durées respectives de chacune des phases.

Chez le porc à l'engraissement

La quantité journalière d'azote fixé chez le porc à l'engrais augmente légèrement entre 25 et 50 kg puis tend à se stabiliser par la suite, le niveau maximum étant fonction du type génétique et du sexe de l'animal. Le modèle proposé par Dourmad et al (1992) permet d'estimer cette évolution de la rétention azotée à partir de critères mesurables à l'élevage à savoir la vitesse de croissance et la teneur en muscle de la carcasse à l'abattage (**fig. 6**).

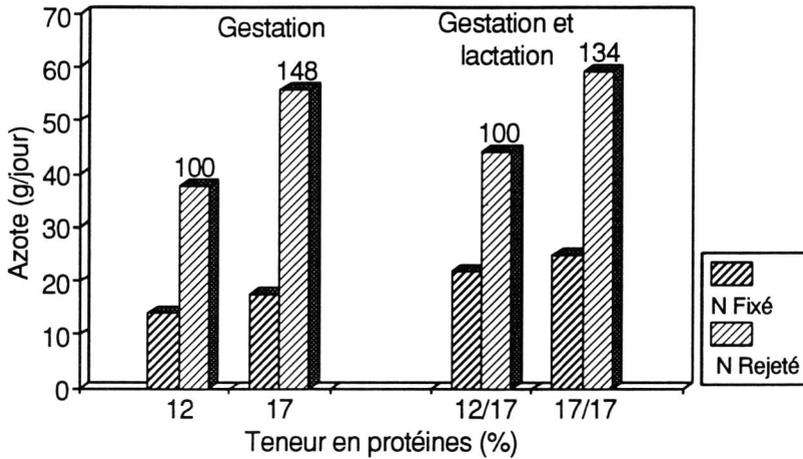


Fig. 5 : Influence de la conduite alimentaire de la truie sur l'excrétion azotée (g/j) en gestation et sur l'ensemble du cycle de reproduction. (source INRA)

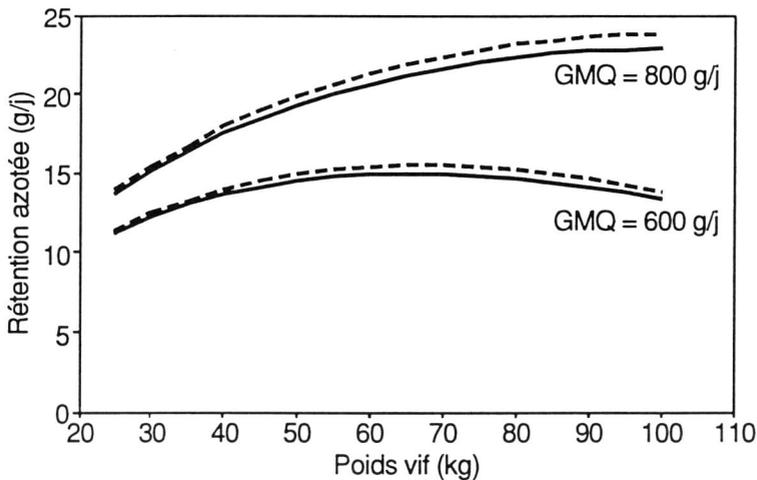


Fig. 6 : Prédiction de la rétention azotée (NR, g/j) entre 25 et 100 kg de poids vif, pour GMQ de 600 ou 800 g/j et une teneur en muscle à l'abattage de 52 % (trait plein) ou 56 % (pointillés). (source Dourmad et al, 1992)

Pour quantifier l'impact d'une meilleure adéquation des apports de protéines aux besoins, nous avons envisagé trois hypothèses de conduite alimentaire chez des animaux ayant en moyenne un indice de consommation de 3,0 kg/kg et une teneur en muscle de 54 % à l'abattage :

- **conduite 1** : aliment unique à 17 % de protéines.

- **conduite 2** : aliment à 17 % de protéines pour la période de croissance et à 15 % pour la période de finition (au-delà de 60 kg de poids vif).
- **conduite 3** : passage progressif d'un aliment à 17 % de protéines à 20 kg de poids vif à un aliment à 13 % de protéines à 100 kg. Ceci est obtenu en mélangeant deux aliments (17 % et 13 % de protéines) et en faisant varier progressivement la proportion de chacun d'entre eux. Cette technique d'alimentation, qualifiée parfois de « multi-phase », est maintenant envisageable grâce aux systèmes automatiques de distribution de l'aliment, en humide ou en sec.

Par rapport à la conduite basée sur des aliments différents en croissance et en finition (conduite 2), le régime unique (conduite 1) s'accompagne d'une augmentation de 10 % des rejets azotés, et le régime « progressif » (conduite 3) par une réduction d'environ 8 % (fig. 7). Au cours de la période de croissance, la différence de rejet azoté entre les trois conduites alimentaires reste modeste (- 6 % entre 1 et 3, à 60 kg), alors qu'en période de finition l'écart devient très important (- 30 % entre 1 et 3, à 100 kg). Globalement, sur l'ensemble de la période d'engraissement, l'excrétion azotée par porc diminue de 4,2 à 3,4 kg entre les conduites 1 et 3 et la quantité d'azote rejetée dans le lisier de 3,2 à 2,6 kg par porc. Une réduction plus importante et plus rapide des teneurs en protéines en fonction du stade de croissance serait sûrement envisageable, mais ceci nécessiterait d'adapter la conduite en fonction du potentiel de croissance des animaux (sexe, type génétique...).

Ces résultats ont été confirmés expérimentalement par la mesure de la quantité d'azote présente dans le lisier en fin d'engraissement (Latimier et al, 1993). Dans cet essai, le passage d'un aliment unique (17,8 % de protéines) à deux aliments (17,8 et 15,4 % de protéines) s'est accompagné d'une réduction du rejet d'azote dans le lisier de 0,22 kg par porc produit (2,64 *versus* 2,86 kg) soit de 8 % de moins (fig. 8), alors que les performances de croissance et la qualité des carcasses à l'abattage étaient maintenues.

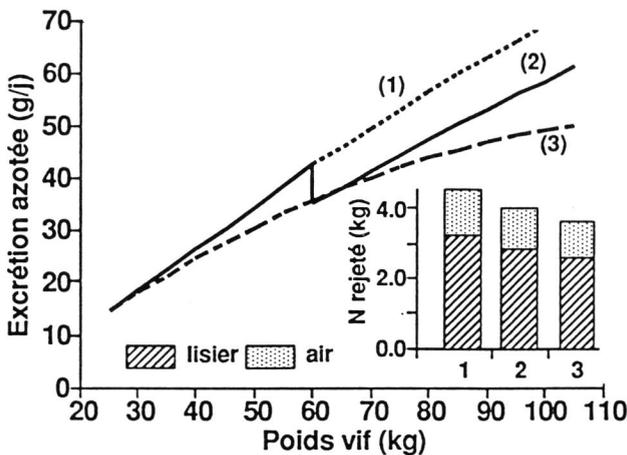


Fig. 7 : Effet de la stratégie alimentaire au cours de la période de croissance-finition (25-100 kg) sur le rejet azoté : évolution du rejet journalier (courbes) et cumul sur l'ensemble de l'engraissement (histogramme).

(1) régime unique à 17 % de MAT,
 (2) deux régimes : 17 % MAT de 25 à 60 kg puis 15 % ensuite
 (3) passage progressif de 17 % MAT à 25 kg à 13 % MAT à 105 kg.
 (d'après Dourmad et al, 1992)

Conduite alimentaire	R1	R2	R3
<hr/>			
Teneur en protéines de l'aliment,%			
croissance	17,8	17,8	16,2
finition	17,2	15,4	13,5
<hr/>			
Bilan azoté (kg/porc)			
Azote ingéré	5,70	5,35	4,79
Azote fixé (1)	1,74	1,74	1,75
Azote excrété	3,96	3,61	3,04
<hr/>			
Lisier produit (litres/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
<hr/>			
Emanations gazeuses(kg/porc)(2)	1,105	0,973	0,830

(1) Quantité d'azote fixé : calculé en fonction du poids début et fin, de la teneur en muscle de la carcasse (Dourmad et al., 1992)

(2) Emanations gazeuses = azote excrété - azote du lisier

Fig. 8 : Influence de l'utilisation de deux aliments en engraissement (R2) et de l'amélioration de la qualité des protéines (R3) sur le rejet azoté du porc.
(d'après Latimier et al, 1993)

Un meilleur équilibre des protéines du régime

Le profil des besoins en acides aminés du porc est assez proche de la composition des protéines déposées dans le muscle chez le porc en croissance (Sève, 1988) ou exportées dans le lait chez la truie en lactation. Les protéines utilisées pour couvrir ces besoins sont essentiellement d'origine végétale (céréales et tourteaux) et présentent un profil de composition en acides aminés différent de celui des besoins. En pratique, la combinaison de différentes matières premières permet de satisfaire au moindre coût les contraintes minimales de teneur pour les différents acides aminés. Cependant, ceci s'accompagne d'un apport excessif de certains acides aminés et plus généralement de protéines. Ainsi, pour le porc en croissance, un régime à base de céréales (1/3 Maïs – 1/3 Blé – 1/3 Orge) doit contenir 20 % de tourteau de soja pour assurer la couverture des besoins pour tous les acides aminés (Henry, 1988, **fig. 9**). Dans ce cas, l'acide aminé limitant primaire est la lysine, la teneur en protéines du régime est de 17 % et le rapport lysine/protéines de 5 %. Si l'on procède à une supplémentation en lysine industrielle, une incorporation de 14 à 15 % de tourteau de soja est suffisante, la teneur du régime en protéines est alors

de 15,5 % et le rapport lysine/protéines de 5,7 %. En supplémentant à la fois en lysine, en tryptophane, en thréonine et en méthionine, 7 % de tourteau de soja suffisent et la teneur en protéines du régime est de 12 % seulement. Le rapport lysine/protéines est alors de 6,5 %, soit une valeur proche de celle de la protéine idéale (7 %). Cet exemple montre bien les possibilités techniques de réduction de la teneur en protéines du régime par l'incorporation d'acides aminés industriels. L'opportunité économique de cette technique dépend du prix relatif des matières premières riches en protéines par rapport aux acides aminés industriels.

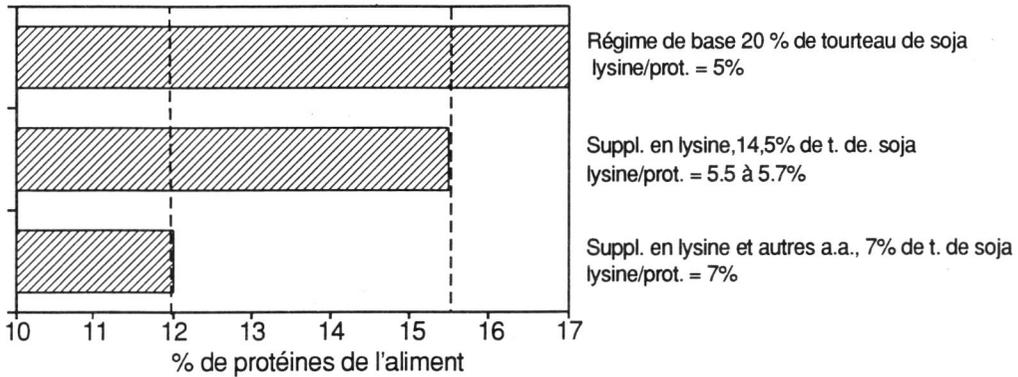


Fig. 9. : Influence de la supplémentation d'un régime céréales-soja par des acides aminés industriels sur sa teneur en tourteau de soja et en protéines. (Henry, 1988)

La réduction de la teneur en protéines du régime s'accompagne d'une diminution des rejets azotés, qu'on peut estimer à environ 8 % par point de diminution de la teneur en protéines (Dourmad et Guillou, 1991). Ceci a été confirmé expérimentalement par Latimier et al (1993). Dans cet essai, l'amélioration de l'équilibre en acides aminés des régimes de croissance et de finition s'accompagne d'une réduction de la quantité d'azote dans le lisier de 0,54 kg par porc (2,21 *versus* 2,64 kg), soit 20 %. Comparativement au régime unique à 17,8 % de protéines, la réduction est de 0,65 kg par porc produit (fig. 8). De même, Quiniou et al (1994) observent, pour différents types génétiques, une réduction de l'excrétion azotée à la suite d'une diminution de la teneur en protéines du régime (fig. 10). Lorsque le régime est correctement supplémenté en acides aminés industriels, on peut donc réduire la teneur en protéines sans modifier la croissance des animaux ou l'indice de consommation. Cependant, avec un régime à très faible teneur en protéines (10,5%), quoique rééquilibré en acides aminés, Kies et al (1992) notent une réduction des performances de croissance, ce qui révèle sûrement un apport globalement insuffisant en protéines. En pratique, on peut retenir chez le porc à l'engrais une valeur limite de 6,5 % pour le ratio lysine/protéines. Au-delà de cette valeur, qui est proche du ratio de la protéine « idéale », l'apport total de protéines risque lui-même d'être insuffisant (Henry et Dourmad, 1993).

Lot	Protéines	Large White		Piétrain x Large White		Stat ¹
		F	MC	F	MC	
N ingéré, kg/porc						
Rég. H	17,8%	5,79	5,82	5,40	5,64	
Rég. M	15,5%	4,92	5,16	4,73	4,79	
Rég. B	13,6%	4,32	4,56	4,03	4,38	R ^{***} , G ^{***} , S ^{***}
N retenu, kg/porc						
Rég. H	17,8%	1,72	1,74	1,83	1,81	
Rég. M	15,5%	1,81	1,74	1,80	1,84	
Rég. L	13,6%	1,75	1,70	1,84	1,83	G ^{***}
N excrété, kg/porc						
Rég. H	17,8%	4,07	4,08	3,57	3,83	
Rég. M	15,5%	3,11	3,42	2,93	2,95	
Rég. L	13,6%	2,58	2,86	2,19	2,55	R ^{***} , G ^{***} , S ^{***}

¹ Signification statistique : G effet du type génétique, R effet du régime, S effet du sexe (***) P<0.001).

Fig. 10 : **Influence du génotype, du sexe (F : femelles, MC : mâles castrés) et de la teneur en protéines du régime (%) sur l'utilisation de l'azote par le porc à l'engrais entre 30 et 103 kg de poids vif.**
(d'après Quiniou et al, 1994)

Concernant les effets sur la composition corporelle à l'abattage, certains travaux (Henry et Perez, 1986 ; Noblet et al, 1987) ont montré une augmentation de la teneur en gras de la carcasse lorsque le taux protéique du régime diminue. Cependant, dans la plupart de ces études les régimes étaient formulés en énergie digestible, la teneur en énergie nette étant alors plus faible pour les régimes riches en protéines. En effet, le catabolisme des protéines excédentaires s'accompagne de pertes énergétiques urinaires et d'une production d'extra-chalear plus importantes (Noblet et al, 1987). Une réduction de l'apport de protéines permet donc une « épargne » d'énergie et peut dans certaines conditions et selon le type de porc, s'accompagner d'un dépôt de lipides plus important. La formulation de régimes à faible teneur en protéines (rééquilibrés en acides aminés) doit donc se faire sur la base de l'énergie nette, afin d'éviter les effets négatifs éventuels sur la composition corporelle.

Une meilleure connaissance de la disponibilité des acides aminés

Jusqu'à présent les besoins des porcs en acides aminés ont généralement été exprimés en acides aminés totaux, alors que l'on sait que leur disponibilité varie en fonction des sources botaniques ou des traitements technologiques appliqués à chaque matière pre-

mière. Cette connaissance insuffisante des matières premières a conduit à prendre des marges de sécurité en augmentant artificiellement les besoins des animaux, ce qui s'est accompagné en général d'une augmentation de la teneur en protéines du régime. Les travaux en cours dans différents organismes français (INRA, ITCF, Rhône Poulenc) ou étrangers devraient rapidement permettre de raisonner les besoins en acides aminés disponibles ou digestibles au niveau iléal. Ceci est particulièrement important lorsque l'on formule des régimes à faible teneur en protéines, comme c'est le cas quand on cherche à réduire les rejets azotés. En effet, dans ces conditions les risques d'apparition d'un acide aminé limitant secondaire sont plus importants. Pour le moment il est cependant difficile de quantifier les conséquences directes sur les rejets azotés.

Les possibilités de réduction préventive de l'excrétion azotée du porc par l'amélioration des performances

Chez le porc en croissance, la quantité d'azote rejetée pendant la période d'engraissement varie de façon importante avec les performances, en particulier l'indice de consommation. Ainsi, l'augmentation de l'indice de consommation de 0,1 point au-dessus de la valeur moyenne de 3,1 entraîne un accroissement relatif des rejets azotés d'environ 3 %. D'une façon plus particulière, la diminution de l'indice de consommation, lorsqu'elle résulte d'un accroissement des dépôts de tissus maigres, conduit à une réduction supplémentaire du rejet d'azote. Dans ce cas, le rendement global d'utilisation de l'azote est amélioré.

De façon plus générale, on peut évaluer, à l'aide du modèle de Dourmad et al (1992), l'influence de l'indice de consommation (IC) et du taux de protéines moyen de l'aliment (pondéré en fonction des quantités distribuées) sur l'excrétion azotée ou la quantité d'azote produite dans le lisier (**fig. 11**). On constate ainsi que l'excrétion azotée varie largement en fonction de ces paramètres, de 3 kg par porc pour un aliment à 15 % de MAT et 2,7 d'IC à plus de 5 kg/porc pour un aliment à 17 % de MAT et 3,3 d'IC, ce qui correspond respectivement à 2,3 et 3,8 kg d'azote dans le lisier. Les résultats des simulations montrent également que pour une stratégie alimentaire et un IC donnés, le pourcentage de muscle a une influence limitée sur l'excrétion azotée (-0,014 kg de diminution par point de muscle en plus). Par contre, pour un IC donné, le gain moyen journalier n'affecte pas le rejet azoté par porc produit puisque la rétention azotée totale en croissance dépend du gain de poids total et non du GMQ.

De même, on peut calculer chez la truie reproductrice, l'influence de la productivité numérique sur l'excrétion azotée, pour différentes stratégies d'alimentation en gestation (**fig. 12**). La diminution de la teneur en protéines du régime de gestation, de 16 % à 12 %,

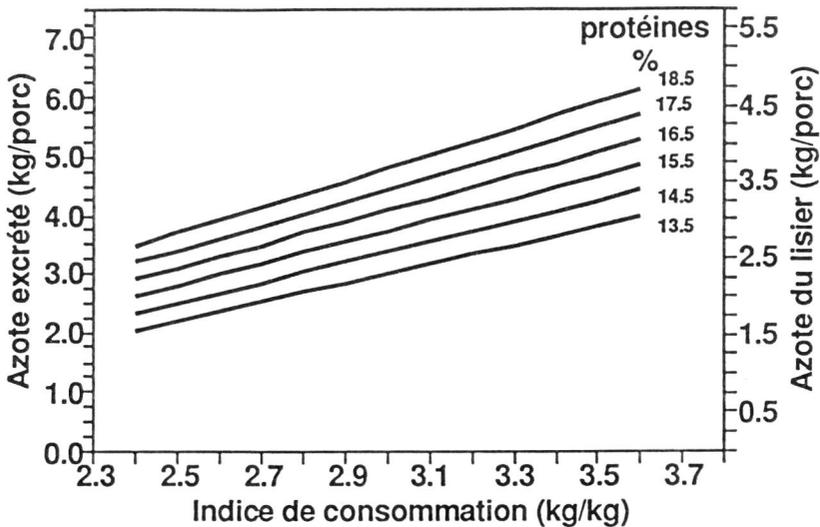


Fig. 11 : Influence du taux moyen de protéines de l'aliment et de l'IC sur le rejet azoté (kg/porc) en période de croissance-finition (25-100 kg). (Guillou et al, 1993)

permet de réduire l'excrétion azotée de 4,5 kg par truie et par an, soit de 20 %, alors que la productivité numérique a peu d'effet sur l'excrétion azotée : – 1 kg entre 18 et 24 porcelets sevrés par truie/an. Cependant, si l'on rapporte le rejet de la truie au nombre de porcelets sevrés (fig. 12), l'effet de la productivité numérique devient très important et l'excrétion azotée varie entre 1,3 kg/porcelet, pour une productivité faible et une teneur en protéines élevées, à moins de 0,7 kg par porcelet pour une productivité élevée et une teneur en protéines correspondant au besoin.

En définitive, l'amélioration de la productivité du porc, que ce soit par l'abaissement de l'indice de consommation associé à une stimulation de la production de viande maigre, ou par l'augmentation de la productivité numérique des truies, contribue à diminuer l'importance des rejets d'azote par porc produit. L'augmentation des performances peut être obtenue par l'amélioration génétique des animaux ou la manipulation de la croissance (facteurs de croissance). Ainsi, dans l'expérience de Quiniou et al, (1994, fig. 10), le rejet azoté est inférieur chez les animaux croisés Piétrain x Large White comparativement aux Large White (– 11 %), et chez les femelles comparativement aux mâles castrés (– 6 %).

L'amélioration des conditions d'élevage s'accompagne également d'une augmentation des performances. Ainsi, chez le porc à l'engrais, le coût alimentaire est étroitement lié à la température du bâtiment (Le Dividich et Rinaldo, 1989). On peut calculer, à partir de leurs données, que pour chaque °C supplémentaire, entre 20 et 25 °C, la quantité d'aliment nécessaire diminue d'environ 1,4 kg par porc. Ceci correspond à une réduction de 3 % des rejets azotés entre 20 et 25 °C. Pour des températures plus faibles, cet effet serait encore plus important.

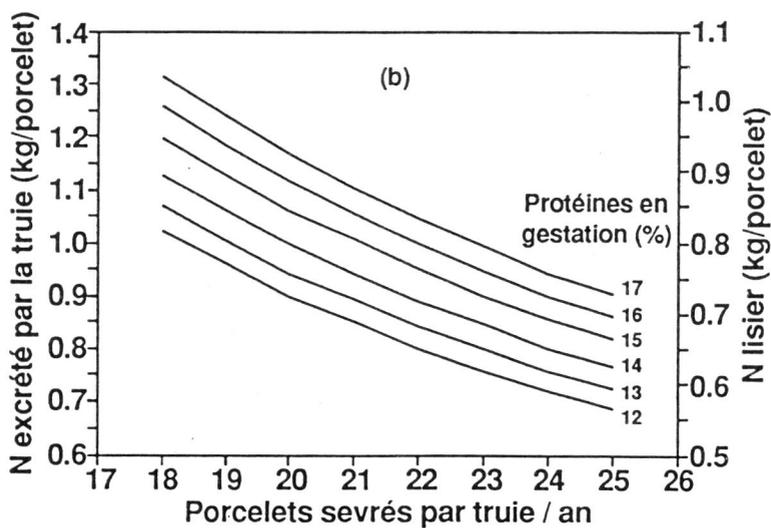
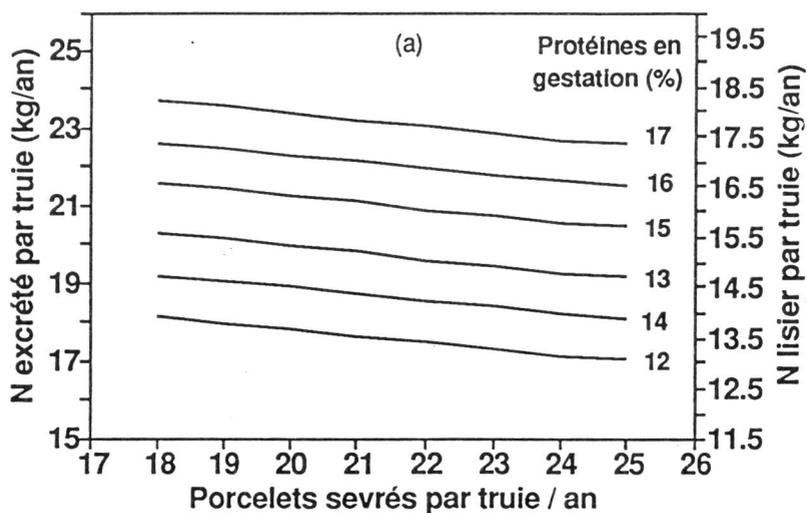


Fig. 12 : Influence du taux de protéines du régime de gestation et des performances de reproduction sur les rejets azotés par truie productive (a) ou porcelet sevré (b). (Guillou et al, 1993)

Conclusion

Les différents résultats présentés ici confirment la possibilité de réduire les rejets azotés des porcs en modifiant la stratégie d'alimentation. 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. On peut également souligner l'effet intéressant de l'amélioration du niveau des performances sur la limitation des rejets. En période de reproduction, le paramètre le plus important est le nombre de porcelets produits par truie et par an, alors que chez le porc en croissance l'excrétion est principalement affectée par l'IC, le GMQ n'ayant pas d'effet important.

La réduction des rejets azotés par l'alimentation nécessite cependant de prendre certaines précautions au niveau de la formulation des régimes. En particulier, il est souhaitable d'utiliser les acides aminés digestibles et le système énergie nette pour calculer les régimes. Par ailleurs, la prise en compte de l'évolution des besoins en fonction du stade de croissance nécessite une bonne connaissance du potentiel des animaux en fonction des conditions d'élevage, en particulier pendant la période de finition. Dans le futur, la mise au point de modèles de prévision des besoins et des performances devrait faciliter cette approche.

Remerciements : les auteurs tiennent à remercier la Commission des Communautés Européennes (DG VI contrat CT910112) pour le soutien financier qu'elle a apporté à plusieurs des études rapportées dans cette présentation.

Références bibliographiques

- DOURMAD J.-Y., GUILLOU D., 1991. *Maîtrise de la charge polluante des effluents des élevages porcins : influence du bâtiment, de l'alimentation et des performances*. AFMVP-SIMAVIP, Paris, pp. 35-46.
- DOURMAD J.-Y., ETIENNE M., NOBLET J., 1991. Contribution à l'étude des besoins en acides aminés de la truie en lactation. *Journées Rech. Porcine en France*, 23 : 61-68.
- DOURMAD J.-Y., GUILLOU D., NOBLET J., 1992. Development of a calculation model for predicting the amount of N excreted by the pig : effect of feeding, physiological stage and performance. *Livest. Prod. Sci.*, 31 : 95-107.
- ETIENNE M., NOBLET J., DOURMAD J.-Y., FORTUNE H., 1989. Étude du besoin en lysine des truies en lactation. *Journées Rech. Porcine en France*, 21 : 101-108.
- FLEMING G.A., 1991. *The production of animal wastes*. European Colloquium on Scientific Basis for a safe and Efficient Management of Livestock Farming, Mantova, Italy, 53 p.
- GASSER J.K.R., 1980. *Effluents from Livestock*. Applied Science Publishers LTD, London, 712 p.

- GATEL F., GROSJEAN F., 1992. Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 31 : 109-120.
- HENRY Y., 1988. Signification de la protéine équilibrée pour le porc : intérêt et limites. *INRA Prod. Anim.*, 1 : 65-74.
- HENRY Y., PEREZ J.-M., 1986. Effets de la supplémentation en lysine, associée à une réduction du taux de protéines dans des régimes à base de maïs ou de blé sur les performances de croissance du porc. *Journées Rech. Porcine en France*, 18 : 57-66.
- HENRY Y., DOURMAD J.-Y., 1992. Protein nutrition and N pollution in pigs. In : G. Piva (Ed.) : *2nd International Feed Production Conference*, February 25-26, Piacenza (Italy), pp. 191-208.
- HOEKSMAP., VERDOES N., OOSTHOEK J., VOERMANS J.A.M., 1992. Reduction of ammonia volatilization from pig houses using aerated slurry as recirculation liquid. *Livest. Prod. Sci.*, 3 : 121-132.
- KIES A., AUGIER A., VENUAT M., GRIMALDI J.-L., 1992. Diminution des taux protéiques : influence sur la quantité d'azote excrété et les performances zootechniques du porc charcutier. *Journées Rech. Porcine en France*, 24 : 219-226.
- LATIMIER P., DOURMAD J.-Y., CORLOUER C., 1993. Influence sur les performances et les rejets azotés du porc charcutier de trois conduites alimentaires différenciées par l'apport de protéines. *Journées Rech. Porcine en France*, 25 : 295-300.
- LE DIVIDICH J., RINALDO D., 1989. Effets de l'environnement thermique sur les performances du porc en croissance. *Journées Rech. Porcine en France*, 21 : 219-230.
- LENIS N.P., 1987. Contribution of pig to N-pollution and possible solutions via feeding measures. In : *Eurolysine/Gallenica feed industry symposium*, Billund, Denmark, May 6th 1987, 8p.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 65 : 717-726.
- PESSARA H., OLDENBURG J., BRENNER K.V., 1992. Lässt sich die Ammoniakemission senken. *Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion*, 5 : 144-146.
- 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 (sous presse).
- SEVE B., 1988. La protéine idéale chez les porcins : signification et intérêt. In : AFZ-ITCF. *Les acides aminés pour les porcs : évolutions récentes*. SIMAVIP, Paris, pp. 5-21.
- SCHUTTE J.B., BOSCH M.W., 1990. Nutritional possibilities to reduce nitrogen and phosphorus excretion in pigs and poultry. In : « *Manure and Environment* », Misset agriseminar, VIV-Europe, November 14th 1990, Utrecht, The Netherlands.
- STEFFENS G., BENEDETTI A., 1991. *Utilization of animals wastes : Nitrogen*. European Colloquium on Scientific Basis for a Safe and Efficient Management of Livestock Farming. Mantova, Italy, 57 p.
- TAMMINGA S., VERSTEGEN M.W., 1991. Protein nutrition and animal production : consequences for environments and some possible recommendations. In : *Proc. 6th Internat. Symp. Protein Metabolism and nutrition*. EAAP Publication N° 59. Nat. Inst. Anim. Sci., Foulum, Denmark.

Le bâtiment sans lisier

Performances de cette nouvelle voie de traitement des déjections animales

Separation of faeces and urine under slatted floor : a piggery without slurry

Philippe MARCHAL, Laurence WALLIAN, Philippe GROUSSARD

CEMAGREF, division *Technologie*
17, avenue de Cucillé, 35044 Rennes Cedex
Tél. 99 28 15 15 – Fax 99 33 29 59

Résumé. La conception d'un équipement de séparation des fèces et des urines sous caillebotis dans une porcherie d'engraissement a conduit à identifier les paramètres optima de base (efficacité de filtration, résistance mécanique, concept de fonctionnement). Les expérimentations réalisées pendant deux années définissent la composition moyenne des fèces (MS : 25 % – MO : 21 % – N : 1,2 % – P : 1,2 % – K : 0,8 % et des urines : MS : 2,4 % – MO : 1,3 % – N : 0,5 % – P : 0,1 % – K : 0,0 %).

La cinétique de production pendant la journée et la répartition des fèces et des urines dans une case ont été quantifiées et interviennent dans le choix du rythme de fonctionnement (quatre fois par jour) et la position du tamis filtrant (ratio largeur tamis/largeur salle = 1/2).

Abstract. *This paper describes the results obtained from a pilot plant research into the separation of faeces and urine under slatted floor in piggery. This separation provides a reduction of ammonia and odours emission. The solid part is removed from pig house 1 to 3 times per day and shows an average composition (MS : 25 % – MO : 20,8 % – N : 1,2 % – P : 1,1 % – K : 0,8 %) and compost naturally. The liquid part is spreaded on pasture and grasses with following composition (MS : 2,3 % – MO : 1,3 % – N : 4 % – P : 0,1 % – K : 0,03 %).*

Different mechanical devices (remove rate, type of filter...) have been studied to optimise the efficiency of filtration. The optimum average aperture of the net is 800 µm. The kinetic and the localisation (in the pen) of urines and faeces production have been measured to determine the position and dimension of the filtration system.

After three years of research this separation plant at farm scale is operating reasonably well and is used to increase the management of animal wastes. It can be considered as a pre-treatment of a complete process. Now, a company is producing this equipment for the farmers.

Introduction

Les différentes possibilités de traitement des lisiers par voie biologique ou physico-chimique ont été présentées (Héduit et Marchal, 1986 ; Schofield, 1987) ainsi que leurs contraintes et limites. Notre problématique scientifique s'est orientée vers le traitement au niveau des élevages et plus particulièrement les possibilités d'éviter la formation de lisier (Avnon, 1980) (fig. 1).

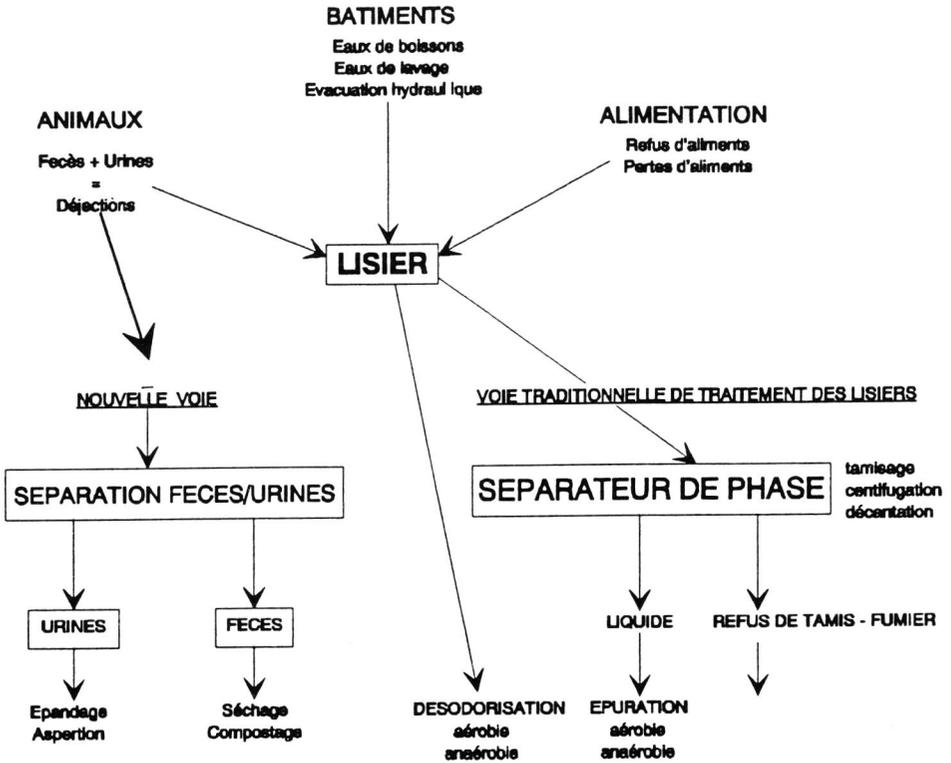


Fig. 1 : Une nouvelle voie, la séparation fèces urines.

(source CEMAGREF)

Une séparation des urines et fèces sous caillebotis a été envisagée pour deux raisons :

- éviter la formation de lisier et obtenir deux produits permettant une meilleure gestion de la fertilisation,
- améliorer les conditions d'ambiance dans les bâtiments par la diminution des teneurs en ammoniac et par la réduction des odeurs.

Les urines et les fèces sont des résidus du métabolisme animal avec des compositions moyennes caractéristiques (Ducho, 1978). Les fèces ont une valeur fertilisante élevée du fait de la concentration importante en azote et phosphore (Kroodsma, 1980) alors que celle des urines est faible bien que contenant une grande part du potassium excrété par l'animal.

Des expérimentations réalisées (Kroodsma, 1986 ; Gilbertson, 1987) avec des procédés de séparation urine-fèces démontraient que l'application d'urines sur prairie permettait une augmentation des apports de 35 à 50 % sur champs cultivés par rapport au lisier. D'autre part, la réduction des odeurs atteignait 50 % entre un bâtiment classique et un bâtiment équipé du système de séparation.

Période expérimentale : objectifs

Cette expérimentation a permis la conception et la réalisation d'un prototype de recherche à l'échelle 1 et de quantifier l'efficacité de séparation et l'aptitude à la fonction.

Ce travail a été réalisé à Quimper dans une salle d'engraissement contenant 94 porcs nourris avec une machine à soupe, de juin 1992 à juin 1993. Durant cinq périodes, l'influence des principaux paramètres (fréquence de fonctionnement, type de nettoyage, homogénéité de répartition des produits) a été étudiée (**fig. 2**).

Résultats et discussion

Les résultats de ces expérimentations sont présentés chronologiquement.

Première période expérimentale

L'étude quantitative retrace l'analyse des résultats concernant les variations organiques-pondérales sur deux paramètres principaux : la **matière sèche (MS)** et la **matière organique (MO)** selon deux critères de différenciation des tamis : le type de maille (aspect, dimension du maillage) et la place occupée dans la case.

Bande 0	tests mécaniques		
Bande I	1ère période n = 23	2ème période n = 60	3ème période n = 32
Bande II	1ère période n = 15		2ème période n = 54

- Bande 0 * tests mécaniques
- Bande I * 1ère période : fréquence de prélèvements toutes les 6 heures
* 2ème période : expérimentations sur le tamis
* 3ème période : fréquence de prélèvements toutes les 3 heures
- Bande II * 1ère période : prélèvements effectués sans brosse
* 2ème période : prélèvements effectués avec brosse

Fig. 2 : Protocole de la deuxième expérimentation.
(source CEMAGREF)

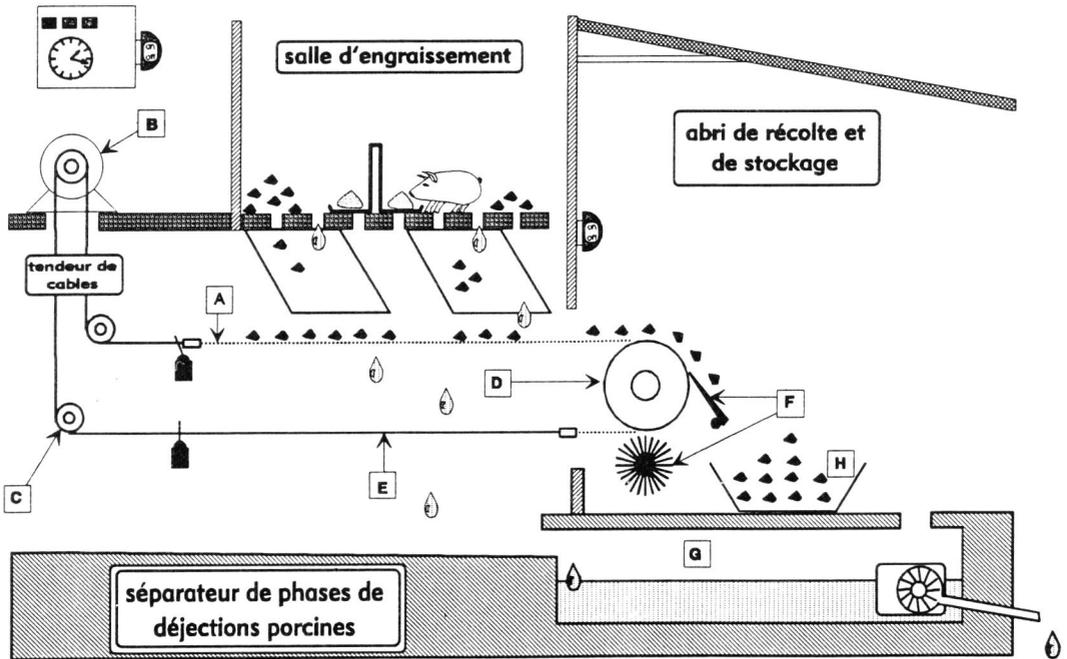


Fig. 3 : Schéma de principe de séparateur. (source CEMAGREF)

Le prototype est composé de plusieurs parties :

- un tamis **A**
- un module d'entraînement **B**
- une poulie de renvoi **C**
- un rouleau **D**
- un module de traction du tamis **E**
- un module de raclage et de nettoyage **F**
- une fosse intermédiaire pour récupérer les urines **G**
- un bac de réception pour récupérer les fèces **H**

Influence du maillage

L'évolution des teneurs en MS et MO des urines en fonction du maillage est proportionnelle à la taille du maillage (fig. 4).

En effet, les valeurs moyennes de matière sèche MS varient de 1,95 % à 2,65 % avec une moyenne située à 2,27 % ; parallèlement, la taille du maillage a augmenté dans un rapport de 1 à 10.

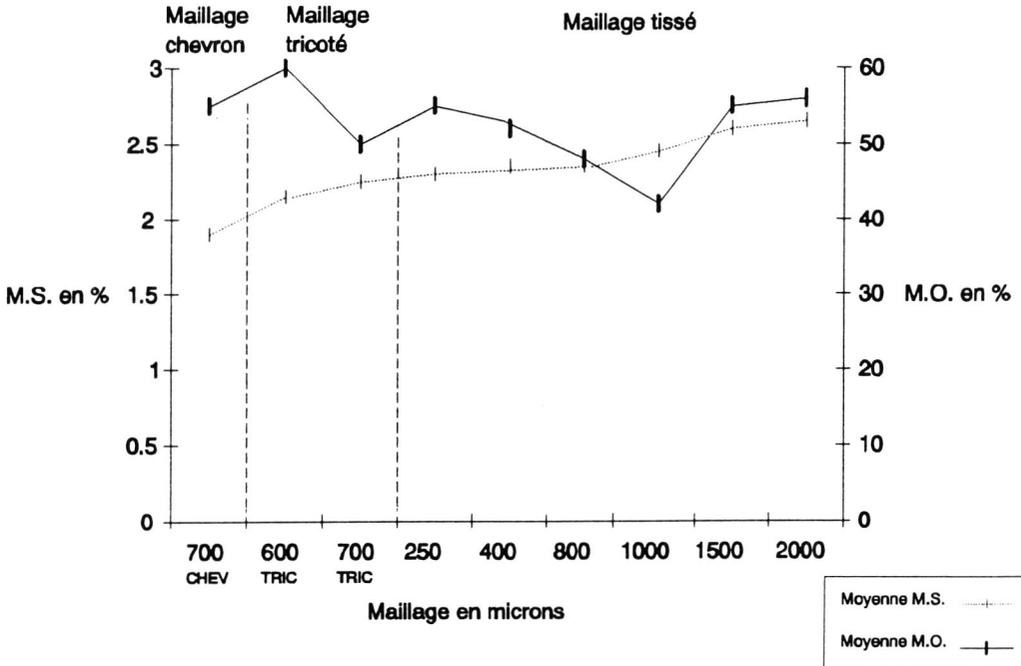


Fig. 4 : Évolution comparée des moyennes MO et MS des urines.
(source CEMAGREF)

Influence du type de maille

Les premières études effectuées par vision en laboratoire avaient déjà mis en évidence la singularité de trois tamis à porosité horizontale ou latérale (tamis tricotés et chevron). Leur pouvoir filtrant est supérieur ; en effet, ils permettent l'obtention d'urines pauvres en MS. Les courbes de teneur en MS et MO des urines selon le maillage permet donc de définir une échelle de filtration en fonction du type et de la taille du maillage. Cependant, les variations constatées sont faibles.

Influence de la place sous caillebotis

Les résultats obtenus permettent de localiser d'une manière assez précise différentes zones sous les caillebotis et principalement, les influences respectives de la mangeoire et de l'abreuvoir (fig. 5 et 6).

L'effet « **mangeoire** » se démontre par une augmentation globale de la matière sèche des urines pour tous les tamis lorsque les bacs sont situés près de la mangeoire (variations moyennes pour les MS des urines de 2,2 % à 6,85 %). D'autre part, la concentration en MS des urines est plus élevée : pour le tamis 600 μm (4,48 %) que pour le tamis de 250 μm (6,84 %).

La zone de gisoir concerne les quatre sites restants qui sont géographiquement situés à l'opposé des points d'abreuvement et d'alimentation. Les valeurs de matières sèches sont dans cette zone plus homogènes et proches des références bibliographiques (urines et fèces à 2 et 25 % respectivement, de MS en moyenne).

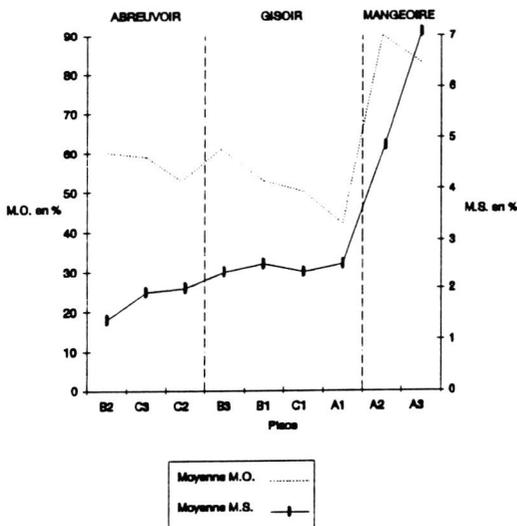


Fig. 5 : Évolution comparée des moyennes MO et MS.
(source CEMAGREF)

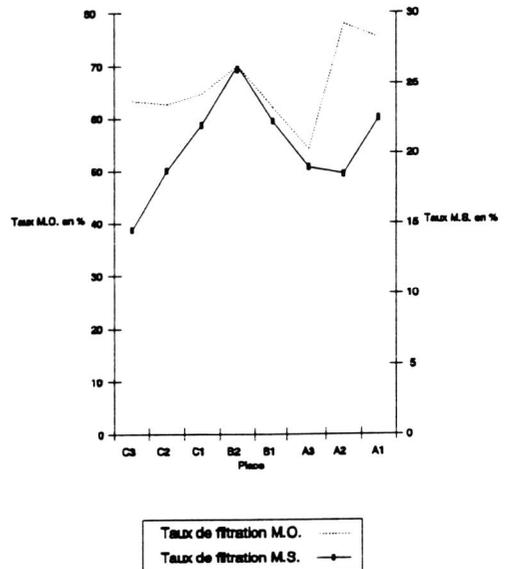


Fig. 6 : Évolution des taux de filtration MS et MO.
(source CEMAGREF)

On observe dans cette zone homogène un comportement des tamis relativement proche de la tendance générale à savoir :

- plus le maillage est grossi : (> 800 μm), plus la teneur en MS des urines est élevée,
- par contre, la MS des fèces correspondants suit l'évolution inverse.

Conclusion partielle

L'analyse des résultats concernant les teneurs en MS et MO démontre le bon comportement des tamis étudiés. Les objectifs sont d'obtenir des urines faiblement chargées en MS et de fèces très riches en éléments minéraux. La prise en compte des différents critères de sélection (résistance mécanique, taux de filtration, nettoyage, salissement...) nous a conduit à retenir le type de maille de 800 μm . Le positionnement du tamis sous le caillebotis doit tenir compte de l'hétérogénéité de production dans la case. La fréquence de fonctionnement est un compromis entre le rythme de production et le degré de salissement.

Deuxième période expérimentale : expérimentations avec « lisier »

L'influence de la présence de déflecteurs a été étudiée en période 2 de la Bande 1 par mesure de la répartition des fèces sur le tamis. Les différences obtenues ne sont pas significatives α 5 % pour la matière sèche et la matière organique, malgré des accumulations locales (fig. 7).

Deux systèmes de nettoyage ont été utilisés (bande 2 – périodes 1 et 2). L'utilisation conjointe d'un système brosse-racleur a un effet significatif sur la composition des fèces et des urines (MS, MO).

Le changement de fréquence de déchargement du tamis de huit à quatre fois par jour (périodes 1 et 3) a une influence sur la composition des fèces et des urines (au seuil de α = 5 %) (fig. 8 et 9).

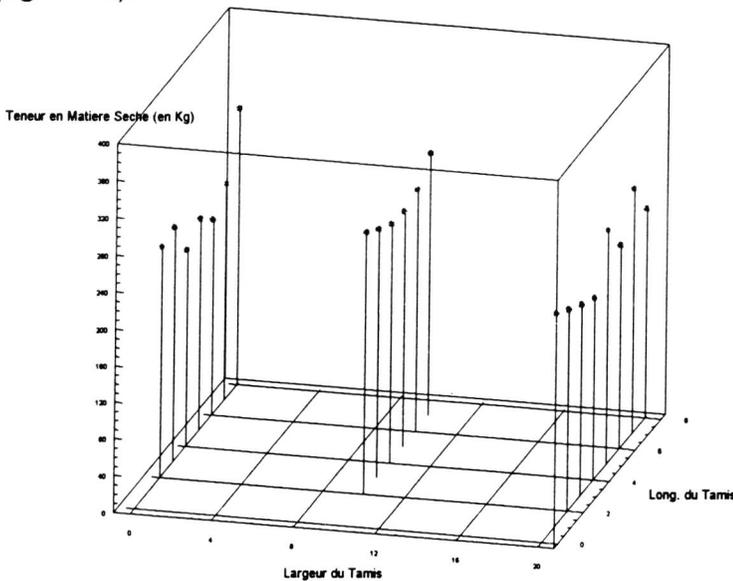


Fig. 7 : Teneur en matière sèche des fèces en fonction du lieu de prélèvement. (source CEMAGREF)

	Période 1			Période 3		
	Moyenne	Variance	Écart-type	Moyenne	Variance	Écart-type
Humidité	75,08 %	8,46	2,91	73,59 %	3,95	1,99
Matière sèche	24,92 %	8,46	2,91	26,41 %	3,95	1,99

Fig. 8 : Composition des fèces de la bande 1. (source CEMAGREF)

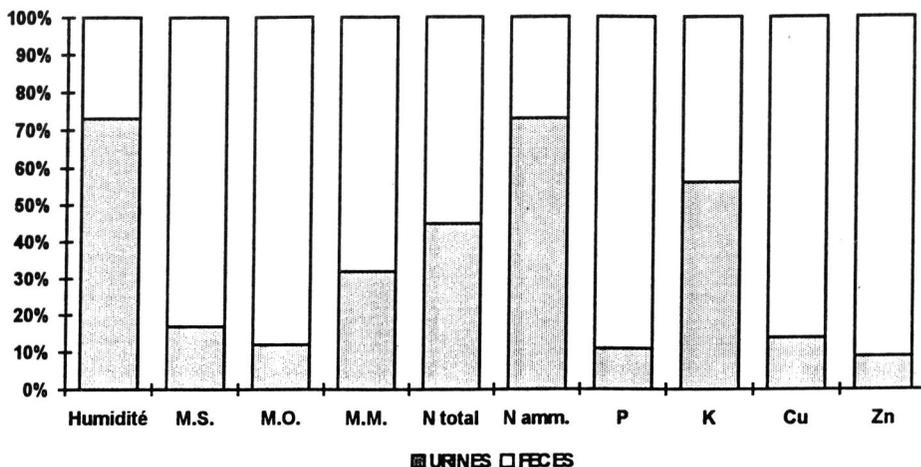


Fig. 9 : Répartition de la production entre urines et fèces. (source CEMAGREF)

Conclusion

Les différentes étapes de la conception de ce séparateur fèces-urines pour porcherie ont permis la confirmation des résultats bibliographiques (efficacité de filtration, composition des produits).

Le transfert actuel de cette technologie à un industriel nécessite la validation des post-traitements associés à cette séparation (compostage,...) et une approche technico-économique dans le contexte actuel des élevages porcins.

Références bibliographiques

AVNONA A., 1980. Problems in choosing Equipments for liquids and solid separation. A Case study. *Livestock waste : A renewable resource*. ASAE.

- DEGREMONT, 1978. *Mémento technique de l'eau*. 8^{ème} édition.
- DUCHO P., JURICEK J., KOVAK S., 1978. Specific weight of pig excrements. *Acta Technologica Agriculturae*, Nitra, CSSR.
- GILBERTSON C.B., SCHULTE D.D., CLANTON C.J., 1987. *Dewatering Screen for hydraulic Settling of Solids in swine Manure*. Transactions of ASAE vol. 30, N° 1, pp. 202-206.
- HEDUIT M., MARCHAL P., 1986. *Les effluents de porcherie dans le porc et son élevage, bases scientifiques et techniques*. (PEREZ, MORNET, RENAT), éditions Maloine.
- KROODSMA W., 1986. Separation of pig faeces from urine using synthetic nets under slatted floor. *Livestock waste : A renewable Resource*. ASEA.
- KROODSMA W., 1986. *Separation and removal of faeces and urine using filter nets under slatted floors in piggeries*. The British society for research in agricultural engineering.
- SCHOFIELD C.P., 1987. *Livestock waste characterisation for the design of handling systems*, national institute of agriculture engineering (AFRC), UK.

**La gestion
des effluents**

Diagnostic d'exploitation, gestion et stockage des effluents, mise en conformité des équipements

Michel TILLIE

Institut de l'élevage

149, rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12

Tél. (1) 40 04 51 50 - Fax (1) 40 04 52 75

DEXEL

Diagnostic Environnement de l'eXploitation d'ELevage

La finalité de DEXEL

DEXEL est plus précisément une démarche d'évaluation des risques de pollution de l'eau, à l'échelle de l'exploitation d'élevage.

Cette démarche a été élaborée par l'Institut de l'élevage pour aider les éleveurs dans la prévention de ces risques et les accompagner dans la mise en conformité de leurs installations par rapport aux nouvelles réglementations sur la protection de l'eau. Pour cela DEXEL a comme objectif de faire le point sur les équipements et les pratiques de gestion de la fertilisation s'y rapportant.

Contexte d'élaboration

L'élevage contribue à l'entretien des paysages et à la préservation de l'environnement. Mais comme toutes les activités humaines, il peut être source de pollution, en particulier bactériologique ou nitratée. En limiter les effets est la principale raison du dispositif réglementaire qui se met actuellement en place (installations classées, directive nitrates de la CEE, redevance « pollution »). Un grand nombre d'éleveurs seront concernés à terme par ces dispositions. Un dispositif d'aides publiques est instauré parallèlement à cette réglementation pour aider financièrement les exploitations à s'adapter.

Dans ce cadre, les éleveurs, les techniciens, les pouvoirs publics ont besoin de méthodes et d'outils fiables et équitables pour repérer, hiérarchiser les problèmes et proposer des solutions chiffrées, afin de raisonner les choix techniques et l'attribution des aides poten-

tielles. Les partenaires nationaux concernés¹ ont ainsi souhaité que l'Institut de l'élevage élabore une démarche nationale de référence satisfaisant ces attentes. Un processus d'élaboration méthodologique a été mis en place par l'Institut de l'élevage au second semestre 1992, s'appuyant sur des travaux antérieurs et en concertation avec ses principaux partenaires.

Après une phase de test par des utilisateurs, un document descriptif précis formalisant la démarche et servant de guide pour la formation, ainsi que les documents de prise d'information, d'analyse et de restitution ont été élaborés. Sur ces bases, près de cent cinquante agents ont été formés au cours de l'année 1993. Une version définitive de DEXEL sera élaborée au premier trimestre 1994 en concertation avec les OPA, les administrations et organismes concernés, après la prise en compte des propositions d'amélioration de ces premiers utilisateurs et du comité de suivi d'un programme de maîtrise de pollution d'origine agricole.

La méthode de diagnostic proposée constitue la première étape d'une prestation de conseil à l'éleveur, lui permettant dans une démarche volontaire de réduire les risques de pollution dont il est responsable et de s'adapter à la réglementation. Il ne s'agit donc pas d'un outil de contrôle externe.

Les résultats attendus

La mise en œuvre de DEXEL dans un élevage a pour but :

- d'identifier et hiérarchiser les facteurs potentiels de pollution (nitrique et bactérienne d'origine fécale) d'une exploitation d'élevage pour orienter les changements de pratiques ou les modifications d'ouvrages sur les risques les plus élevés,
- de fournir à l'éleveur les éléments de vérification de la conformité de son exploitation aux réglementations (installations classées et redevance).

La méthode : une approche globale

Les risques de pollution d'un élevage peuvent être ponctuels, par rejet direct dans le milieu, ou diffus par une gestion imparfaite dans le temps ou dans l'espace des engrais organiques ou chimiques.

Pour les détecter, DEXEL s'intéresse à l'exploitation dans son ensemble, en prenant comme porte d'entrée la chaîne des déjections, du rejet par animal à l'épandage au champ, mais sans réaliser d'emblée une expertise exhaustive très fine. On focalise l'attention sur les points susceptibles de présenter des risques, en cherchant à les hié-

1. - ministère de l'Agriculture et de la Pêche, organisations Professionnelles Agricoles (FNSEA, FNB, FNPL, APCA), ministère de l'Environnement et agences de l'eau.

chiser afin de raisonner les priorités. Ainsi, à partir d'observations sur le site et des informations fournies par l'éleveur, l'agent qui réalise le diagnostic identifie des situations d'alerte et affine l'investigation seulement lorsque cela s'impose du point de vue technique et/ou réglementaire.

La mise en œuvre

Durée de réalisation : DEXEL est conçu pour être réalisé en une journée (une demie journée pour la collecte des informations et une autre pour leur analyse et leur synthèse). Si l'exploitation est aux normes et les pratiques satisfaisantes, la prestation peut s'arrêter. Cependant, le diagnostic doit généralement être suivi de la formulation de conseils ou de propositions d'aménagement et de l'évaluation des coûts qui en résultent. Cette dernière phase est de durée variable selon l'ampleur du projet.

Compétences et formation : DEXEL a pour but d'offrir au technicien opérateur une méthode codifiée, lui permettant de travailler autrement qu'à dire d'expert, et de réduire ainsi la variabilité d'appréciation personnelle. DEXEL a vocation à s'insérer dans la carte de service des organismes compétents de conseils aux éleveurs. Compte tenu du nombre d'exploitations concernées (le chiffre de 60 000 est souvent évoqué pour les prochaines années), les outils de diagnostic sont conçus pour pouvoir être utilisés par une large gamme de techniciens ; des spécialistes ou des généralistes qui pourront si nécessaire transmettre le dossier aux spécialistes pour les conseils particuliers. Quelle que soit la situation d'utilisation, une acquisition de la démarche et un apprentissage du maniement des outils et supports sont indispensables. Cette formation est dispensée par l'Institut de l'élevage.

Les domaines techniques observés et analysés

Les déjections sont au centre de la démarche DEXEL. Le diagnostic comprend deux volets, bâtiment et agronomie, avec une entrée bâtiment sachant qu'il y a interaction entre les deux. Les deux domaines sont solidaires et ne peuvent être appréhendés séparément, les éléments d'analyse et de compréhension des problèmes procédant de leur étude synthétique.

Pour le bâtiment, il s'agit de repérer les risques dans chaque unité fonctionnelle de la chaîne de production des déjections, estimer leur gravité et la pondérer par le volume concerné.

La chaîne de production des déjections est analysée en six postes présentant des risques de pollution directe (**fig. 1**) :

- le bâtiment et l'évacuation des déjections,
- leur stockage au siège de l'exploitation,
- leur stockage au champ,

- les effluents de traite ou de silo,
- les animaux en plein air l'hiver,
- la gestion des épandages et présence des animaux à proximité des points d'eau.

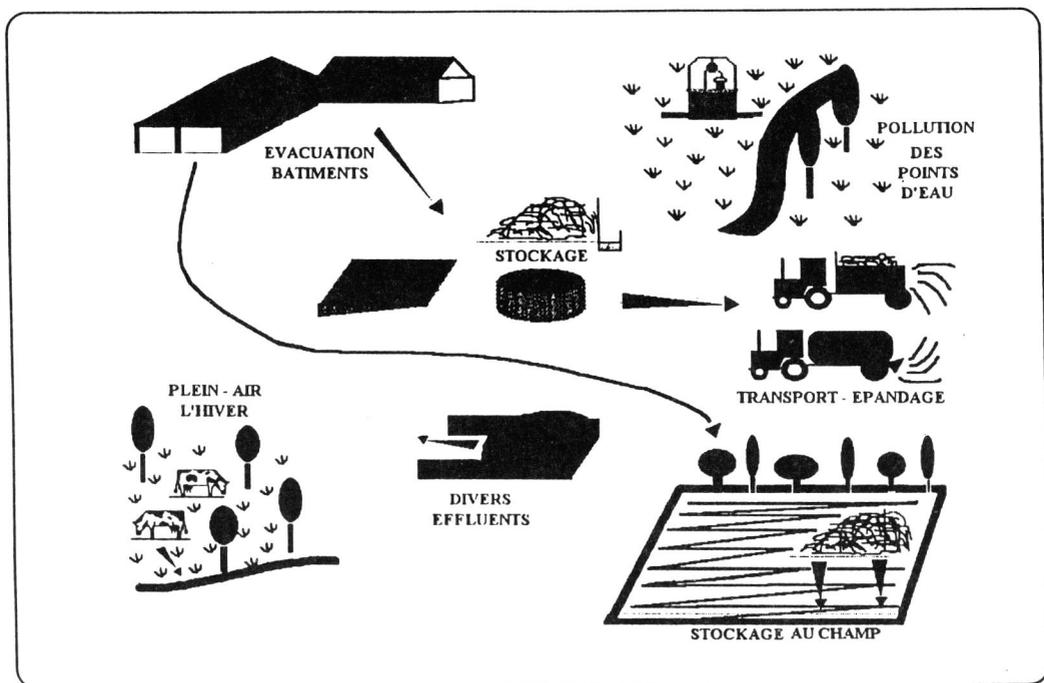


Fig. 1 : Bâtiments et environnement.
 La chaîne des déjections analysée de la production à la valorisation.
 (source Institut de l'élevage)

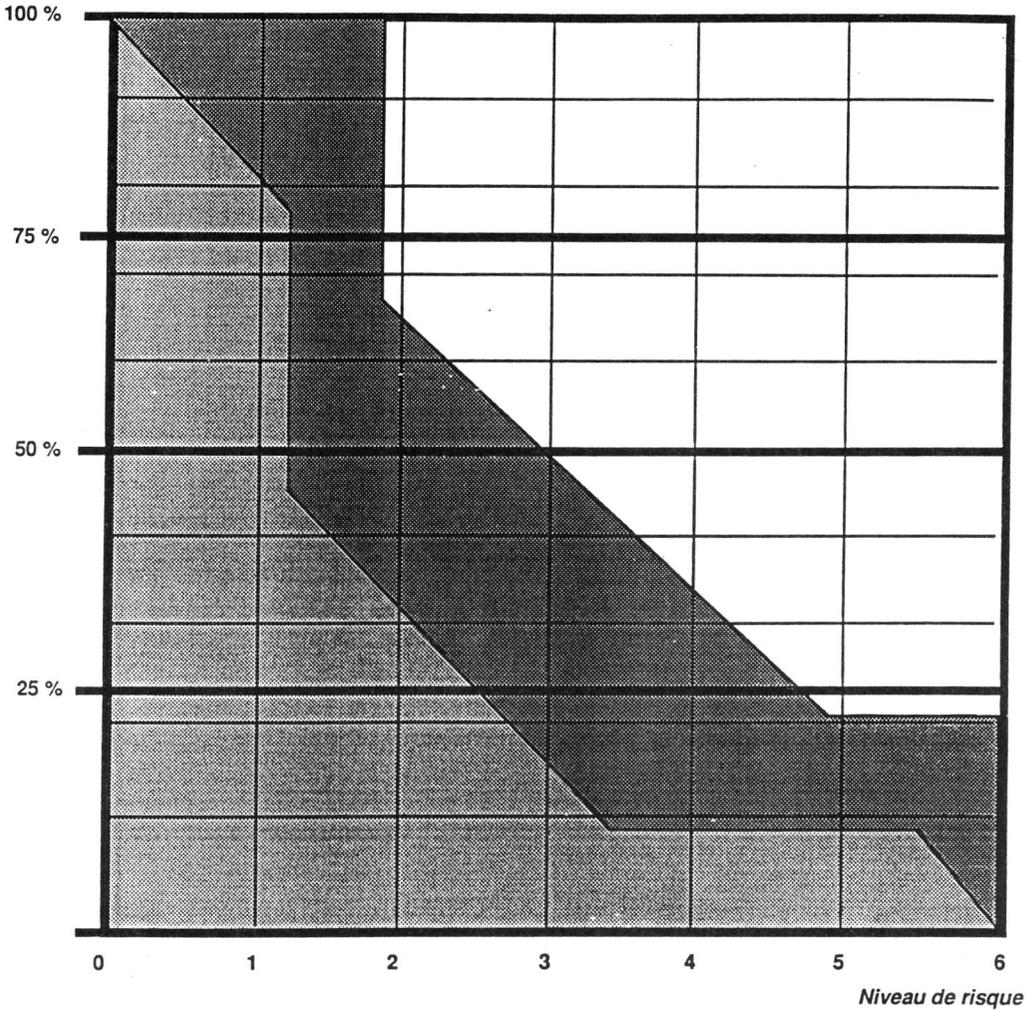
Chaque bâtiment, chaque lieu de stockage peut présenter un certain nombre de risques, qu'il s'agit de repérer et d'évaluer à l'aide « d'arbres d'évaluation » pour affecter un niveau relatif de gravité technique de 0 à 6 à chaque situation tout en repérant leur conformité à la réglementation.

Une représentation graphique synthétique (fig. 2) permet de visualiser la hiérarchie des problèmes. Ces niveaux sont repris en abscisse du graphique. En ordonnée est représenté le pourcentage de déjections de l'exploitation concernée par le problème. Ainsi, les risques seront d'autant plus importants qu'ils présentent un niveau élevé et concernent un fort volume de déjections.

Dans le domaine agronomique (fig. 3), les risques peuvent venir du ruissellement ou du lessivage des nitrates. Ces risques peuvent résulter des structures de l'exploitation ou des pratiques mises en œuvre.

Le lessivage des nitrates dans le sol, source de pollution diffuse dans les nappes provient de la combinaison de trois conditions :

Importance relative



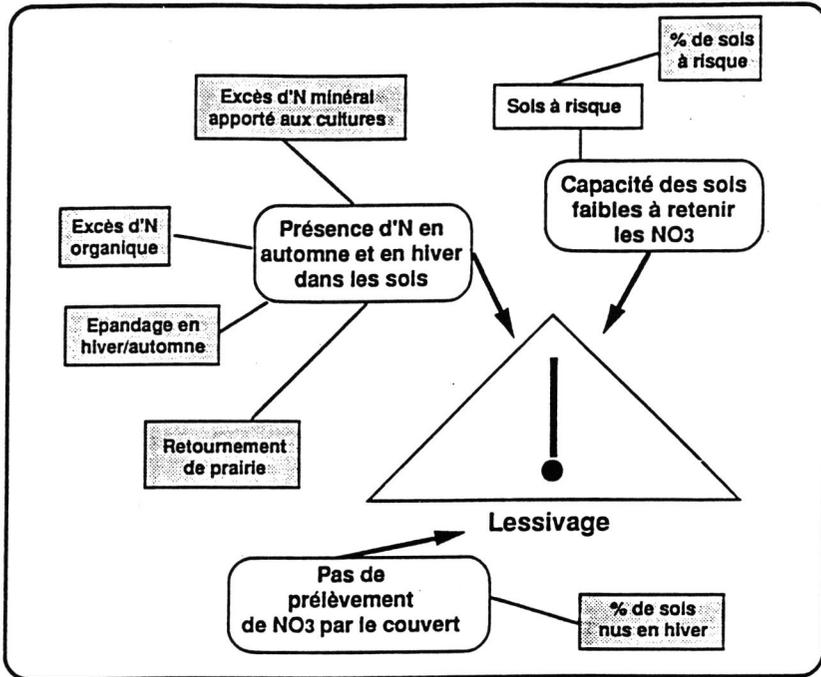
-  Evacuation
-  Stockage ferme
-  Stockage champ
-  Transport
-  Plein-air hiver
-  Effluents
-  Points d'eau


Absolument
pas prioritaire


A voir ensuite


A faire
immédiatement

Fig. 2 : Synthèse bâtiments
(source Institut de l'élevage)



Indicateur à relever dans l'enquête

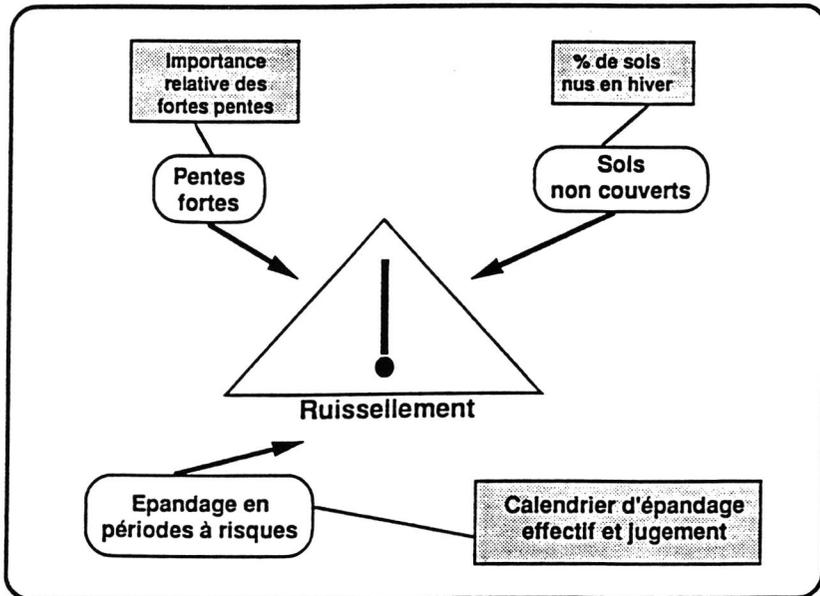


Fig. 3 : Agronomie. Analyse des risques liés au lessivage et au ruissellement. (source Institut de l'élevage)

- la présence d'azote dans le sol en hiver,
- une pluviométrie hivernale forte avec des sols filtrants,
- l'absence d'un couvert végétal actif.

Le ruissellement, source de pollution directe des cours d'eau est possible :

- s'il existe de fortes pentes,
- si les sols ne sont pas couverts,
- si les épandages ont lieu à des périodes à risque.

Plusieurs facteurs peuvent favoriser ces situations. Certains sont d'ordre structurel (s'il s'agit de caractéristiques de l'exploitation) que seul un bouleversement du système d'exploitation pourrait faire évoluer. Ils constituent des risques de pollution, mais s'ils sont bien gérés, celle-ci peut être évitée. Il s'agit, par exemple, du type de sol, des surfaces pouvant recevoir des déjections, du type de déjections, de la pression en azote organique. D'autres sont liés à des pratiques dont on sait qu'elles peuvent être préjudiciables pour le milieu, mais sont modifiables sans transformer profondément le fonctionnement de l'exploitation. Ces facteurs représentent les marges de progrès. Il s'agit, par exemple, du pourcentage de sols nus, des périodes d'épandage, des bilans azotés par culture ou par rotation...

Ces deux types d'indicateurs sont représentés sur deux graphiques de synthèse (profil nitrates, éléments structurels et pratiques, **fig. 4 et 5**) qui permettent de tracer deux profils caractérisant l'exploitation et mettant en évidence ses points forts, ses points faibles et ses marges de manœuvre.

Du diagnostic au conseil

A partir des figures **1** et **3**, les pistes de solutions peuvent être raisonnées. Il est fondamental de concevoir l'amélioration de chaque facteur de risque en fonction de ses conséquences sur les autres points. Par exemple, la présence d'épandages en période non recommandée peut être solutionnée par un accroissement des capacités de stockage, la surfertilisation par une meilleure répartition des déjections organiques... La proposition de solutions peut être globale au niveau de l'exploitation et discutée avec l'éleveur en fonction de ses possibilités financières, techniques et organisationnelles.

Un relevé des points de non conformité est également réalisé afin de permettre à l'agriculteur de se situer par rapport à la réglementation.

A ce diagnostic peuvent également s'articuler des outils plus ou moins élaborés ou formalisés (plan de fumure...) pour l'aide au conseil.

Ainsi, DEXEL est un outil d'aide à l'analyse de la situation des exploitations d'élevage par rapport à la pollution de l'eau. Il fournit des indicateurs techniques et réglementaires et permet de hiérarchiser les risques pour raisonner des solutions techniques et économiques. Essentiellement conçu pour le conseil individuel, il trouve également sa place dans des diagnostics locaux ou régionaux. Réalisé sur un échantillon d'exploitation, il permet

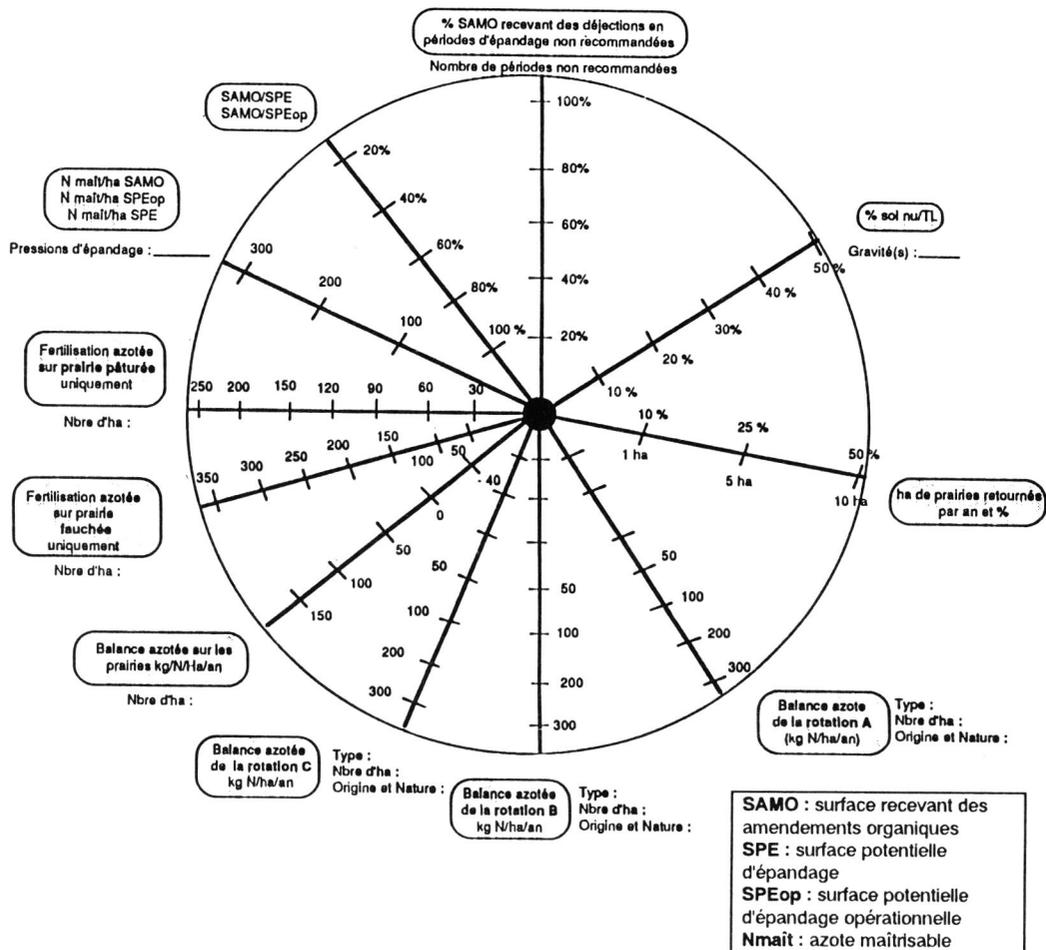


Fig. 4 : « Pratiques » profil nitrates.
(source Institut de l'élevage)

de typer des situations à risques, de chiffrer le coût de la prévention et de simuler des stratégies d'intervention.

Gestion et stockage des effluents

La volonté de gérer et stocker les effluents d'élevage laisse supposer que des données de production de déjection sont disponibles et fiables. En fait, la bibliographie sur le sujet est relativement importante mais reste très imprécise. Les résultats proposés n'indiquent que très rarement, dans une espèce donnée, à quel type d'animal ils correspondent et de

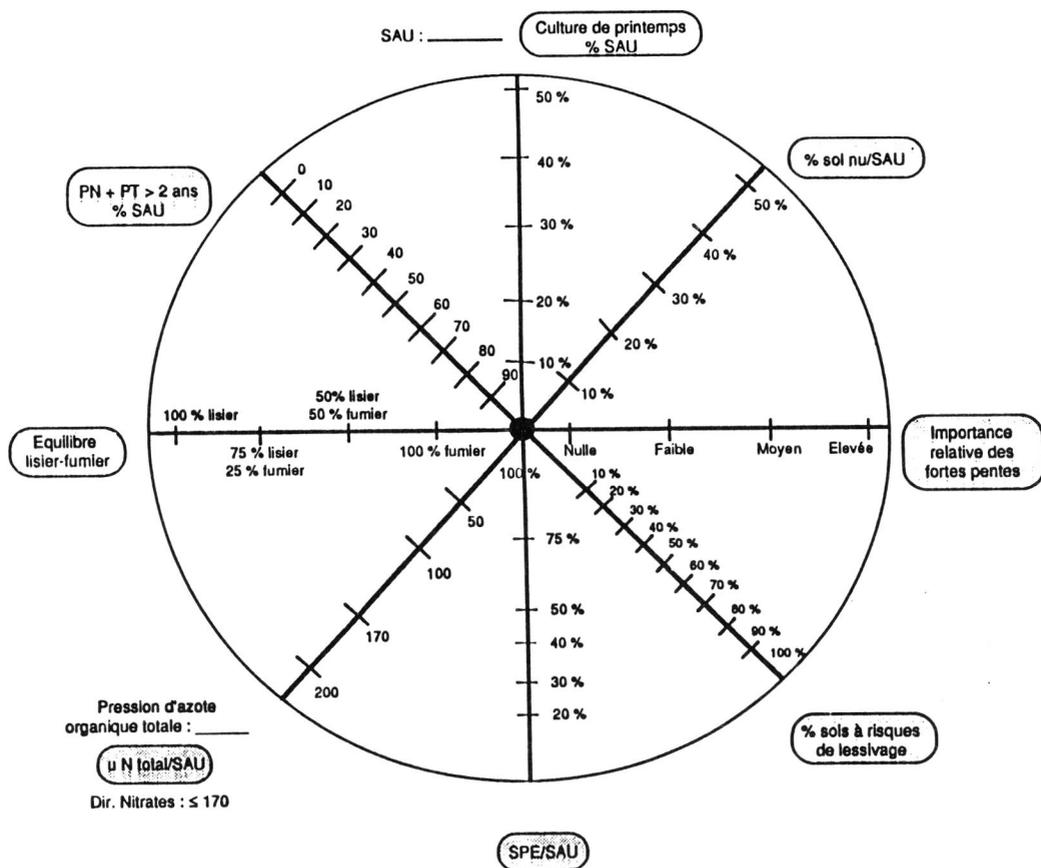


Fig. 5 : « Éléments structurels » profil environnement d'exploitation.
(source Institut de l'élevage)

quel mode de logement il s'agit. Or, dans l'espèce bovine, la référence au mode de logement et au type de production est essentielle.

La quantité et la nature des déjections sont très dépendantes de l'âge et du type d'animaux : génisses, taurillons, vaches laitières ou allaitantes... et du mode de logement, entravé ou libre avec ou sans paille, avec exercice couvert ou non.

En production porcine, les modes de logement sont moins diversifiés et les types d'animaux limités : truies, porcelets, porcs à l'engrais.

Les investissements en matière de stockage sont importants, il était nécessaire d'appré-

cier au mieux les quantités de déjection à stocker selon l'animal et son mode de logement. L'Institut de l'élevage a conduit durant deux années une étude sur quarante étables bovines pour définir les quantités. L'Institut Technique du Porc a précisé les données de cette production. Parallèlement, la nature et la composition de chacun des différents types de lisier et fumier ont été analysées.

Diversité des produits à stocker

La difficulté du choix des systèmes de stockage émane de la diversité des produits pouvant provenir de la même étable et dont la teneur en matière sèche varie dans le temps. Selon les périodes, la quantité de paille utilisée, la nature de l'alimentation, on peut passer d'un produit liquide à mou, à un produit de type fumier.

Entre ces deux natures de produit, les modes de stockage sont très différents.

Les produits liquides : purin, lisier de porcs, lisier de bovins dilué par des eaux pluviales sont bien connus ; techniquement on sait les stocker et les reprendre. Tous les types de fosse offerts sur le marché français permettent le stockage de ces produits.

Le lisier de bovins non dilué présente l'avantage d'être riche en matières sèches mais l'inconvénient de se dessécher en surface et de former une croûte. Les fosses doivent être équipées de mixer qui travaillent le produit au moins une fois par semaine.

Les produits mixtes se situant entre le fumier qui se tient en tas et la boue qui s'étale au sol, doivent être stockés dans des fosses d'un modèle particulier : les fosses universelles, à la fois fumières et fosses.

Les fumiers ne présentent pas tous les mêmes caractéristiques physiques selon le type d'étable dont ils proviennent. La capacité du produit à se tenir en tas sur une hauteur de 1 à 3 mètres est très différente d'un mode de logement à l'autre.

Un fumier de litière accumulée peut être stocké sur des hauteurs qui n'ont pour limite que celle de la fourche des engins utilisés pour les manipuler.

Le fumier de paille a tendance à glisser sous sa propre charge et demande à être relevé régulièrement.

Le fumier de logette paillée à 2,5 kg au moins est un produit qui peut tenir en tas s'il provient d'un système tout couvert et s'il est relevé après le raglage.

Le fumier d'étable entravée tient en tas facilement.

Il apparaît qu'il n'est pas possible de ne donner qu'une seule référence de stockage, soit en volume, soit en surface.

Volume et surface de stockage

La dimension des ouvrages de stockage est définie par la production donnée sur une unité de temps et la période de production considérée. La référence journalière n'est pas fiable. La quantité de déjections variant en fonction des quantités d'aliments ingérés et de l'eau de boisson absorbée, les quantités de déjection produites quotidiennement varient dans la même proportion. Les données proposées ont été établies par l'observation des productions de déjections sur plusieurs semaines consécutives, rapportée à une période de un mois. Pour les liquides, on a retenu la notion de m³ et pour les fumiers afin d'éviter toute surprise inhérente à la nature du produit, la notion de m².

La dimension des ouvrages est donc le produit de la surface ou du volume nécessaire pour un mois par le nombre de mois souhaité.

Durée de stockage : une gestion active

La réglementation a fixé un nombre minimum de quatre mois. Dans un élevage, la durée de stockage est déterminée en fonction de l'ensemble des paramètres techniques de l'exploitation dans le but premier de valoriser au mieux les déjections par un épandage aux périodes optimum. Le calendrier d'épandage, défini pour l'exploitation, selon le climat local, la nature des cultures et la capacité des sols est la base de la définition de la durée du stockage. Le calage des épandages sur ce calendrier permet de gérer au mieux les engrais de ferme et de prévoir les excédents éventuels de tel ou tel produit.

Cette même approche peut induire une nouvelle démarche dans la gestion de ces engrais, réduction de lisier au profit de fumier, ou l'inverse, réalisation de compostage du fumier.

Les durées de stockage peuvent s'étaler de quatre à plusieurs mois selon les besoins.

Cas particulier des litières accumulées

Le fumier est extrait périodiquement et généralement en totalité. C'est toute la production de la période qui est mise en stock en une seule fois. Le fumier doit être stocké sur un sol étanche jusqu'au terme des quatre mois pour respecter la réglementation. Mais sous réserve de l'avis d'un hydrologue agréé, ce fumier peut être stocké sur la parcelle où il sera épandu (dans le respect du calendrier d'épandage prévu). Par exemple, un fumier extrait en janvier qui est enfoui par les labours de mars.

Les ouvrages

Que les produits soient solides ou liquides, la règle de l'étanchéité s'applique pour tous.

Les fosses

Les conditions de réalisation des fosses de stockage sont définies par un cahier des charges qui vise à assurer la résistance mécanique et l'étanchéité. Il s'agit de garantir la

protection des nappes. Il est notamment prévu un drainage sous radier des fosses enterrées pour vérifier la qualité de l'étanchéité.

Il n'y a pas d'exclusivité quant aux matériaux utilisables, hors le fait qu'il faille utiliser les matériaux adaptés au type de fosse à réaliser : enterrée ou hors-sol, par exemple.

Les fumières

Autant les fosses sont réalisées le plus souvent dans la règle de l'art autant les fumières reçoivent moins d'attention. Pourtant, elles présentent les mêmes risques de polluer qu'une fosse. Les radiers des fumiers sont soumis à de fortes contraintes lors de la reprise du fumier. Outre la nécessité d'une mise hors gel de périphérie, le radier doit être réalisé sur un sol parfaitement stabilisé.

Un autre facteur de risque est la collecte des eaux de ruissellement ou lixiviats. Les jus très pauvres en azote restent dangereux sur le plan bactériologique ; c'est à ce titre qu'il faut surtout les collecter et les stocker. La forme de la fumière et la pente du sol doivent permettre cette collecte. Les fumiers seront mieux maintenus sur la fumière et occuperont moins de surface si le périmètre du radier est équipé au moins sur faces de parois en béton armé.

La fosse universelle

Il s'agit d'une fumière en forme de fosse dans laquelle les engins motorisés peuvent descendre pour reprendre le fumier. L'extrémité de la fosse est composée d'une paroi filtrante en communication avec la fosse de stockage. Avant d'extraire le fumier, il faut vidanger les liquides. L'intérêt de ce procédé réside dans sa capacité à stocker des fumiers peu pailleux, voire des lisiers en cas de pénurie de paille, en système logette, par exemple.

Optimiser l'investissement

On ne peut traiter du choix d'un système stockage sans avoir analysé la cohérence de la chaîne « production, collecte, stockage et reprise des déjections », de l'interférence des types d'effluents entre eux. Par exemple, stocker les effluents de traite avec le lisier des vaches peut en faciliter la reprise ainsi que l'épandage et être plus économique que la création d'un système de traitement.

Augmenter les capacités de stockage en lisier peut être plus avantageux que de créer une fumière (si l'épandage de lisier reste possible). Il faut savoir, qu'augmenter les capacités de stockage de liquide de 50 % n'entraîne qu'un accroissement de l'investissement de 20 %. La recherche de solutions cohérentes par rapport à la nature du produit à stocker et son usage final, aux équipements existants et aux périodes d'épandage est une nécessité technique et économique pour permettre une réelle maîtrise de stockage et d'épandage.

Référence bibliographique

TILLIE M., CAPDEVILLE J., JAUBOURG J., 1993. *Bâtiments d'élevage bovin et porcin : réglementation et préconisations relatives à l'environnement*. Institut de l'élevage, CEMAGREF, 96 p.



ASPER : un système d'assistance pour un épandage raisonné

F.A.S. Flurry Spreading Alert System

**Fabrice GUIZIOU, Marcel BERTRAND,
Johann ABRASSART (1) et Gérard FLOCH (2)**

(1) CEMAGREF, Division *Production et économie agricoles*,
17 avenue de Cucillé. 35044 RENNES Cedex
Tél. 99 28 15 15 - Fax 99 33 29 59

(2) MÉTEO-FRANCE, Centre départemental de la météorologie
Aéroport de Saint-Brieuc-Armor, 22440 Tremuson
Tél. 96 94 94 09 - Fax 96 94 99 24

Résumé. Les risques de pollution issus de l'entraînement des nutriments et des bactéries par ruissellement, après épandage de lisier, peuvent être réduits en pratiquant les épandages sur des sols aptes. Cette aptitude peut être définie et basée sur l'analyse de l'état hydrique du sol et des prévisions météorologiques.

Un système automatique, appelé ASPER, a été développé pour traiter ces types d'information et pour fournir des messages de conseils, disponibles chaque jour sur minitel. Durant l'hiver 1992/1993, le système a recommandé l'épandage uniquement dix-neuf journées.

Abstract. *Risk of pollution by run-off of nutrients and bacteria following slurry application can be reduce by land spreading on suitable soils. Suitability can be defined and based on soil moisture status and meteorological prediction.*

A automatic system called ASPER was developed to take in account these kinds of information and to provide advises and messages, available day by day from the home terminal of the French telecommunication network. During the winter 1992/1993, the system showed only 19 days with land spreading possibility.

INTRODUCTION

La Bretagne présente une des plus fortes concentrations de production porcine de l'union européenne. En France, elle représente la principale région de production animale avec plus de 50 % des porcs produits sur seulement 7 % de la surface agricole utile. Cette production, juxtaposée aux autres productions animales (volailles de chair et de ponte, bovins) est à l'origine de l'existence d'effluents (lisiers, fientes, fumiers) en quantités importantes (Abrassart et al, 1993).

La principale voie de valorisation et d'épuration de ces déjections demeure leurs épandages à des fins de fertilisation. Cependant, quand ces produits sont en excès par rapport à la surface disponible, ou quand les épandages sont pratiqués dans de mauvaises conditions, ils peuvent être à l'origine de différentes pollutions.

Pour éviter la pollution de la ressource conchylicole (Bouedo et al, 1991; Champ, 1991) due à l'accumulation de bactéries pathogènes issues de ruissellement suite aux épandages de lisier, certains départements disposent d'une législation interdisant les épandages d'hiver (novembre à février). La législation nationale sur les installations classées exige de disposer de quatre mois de stockage des effluents et de présenter un plan d'épandage équilibré par rapport au potentiel d'exportation d'éléments fertilisants des cultures.

Afin de disposer de la durée de stockage requise, les éleveurs vident leurs fosses avant la période d'interdiction sans gérer agronomiquement les produits. De plus, les systèmes culturaux pratiqués nécessitent des apports d'azote durant cette période d'interdiction. Ces apports sont faits à partir d'engrais minéraux de synthèse et peuvent alors déséquilibrer le bilan de fertilisation et accroître le risque de lessivage des nitrates.

Les sols ont des comportements différents vis-à-vis des phénomènes de ruissellement et de lessivage. Selon leurs caractéristiques, ils présentent une aptitude à l'épandage variable, notamment en fonction des saisons (Buson, 1981).

L'objectif du système ASsistance Pour un Epandage Raisonné (ASPER), décrit dans cet article, est de localiser les périodes hivernales favorables à l'épandage, en analysant les prévisions météorologiques et l'état hydrique du sol. L'étude préalable (Rolland, 1991) à l'installation de ce système était de vérifier que les épandages réalisés durant les séquences appropriées en janvier et février, n'aggravaient pas les autres risques de pollution. Après avoir réalisé cette étude, le système automatisé a été installé et testé sur une partie du bassin versant du Gouessant (Côtes d'Armor, France).

Pour être utile, ASPER doit travailler en temps réel. Les informations requises pour son fonctionnement sont transformées en indices qui permettent la composition automatique de messages disponibles sur Minitel.

Nous présentons ci-après la définition de l'aptitude des sols, la structure d'ASPER et les premiers résultats acquis lors de la campagne 1992-1993.

Matériels et méthodes

Aptitude des sols à l'épandage

L'aptitude des sols à l'épandage, hormis la culture ou la végétation qu'ils supportent, peut être évaluée en les classant par rapport aux deux grands types de facteurs d'environnement physique et humain.

Les facteurs liés à l'environnement physique concernent les sols, la topographie, le réseau hydrographique et le climat. Ils sont respectivement caractérisés par la durée d'engorgement ou le niveau d'apparition de l'hydromorphie et la profondeur du sol, la pente du terrain, la proximité des cours d'eau et des points de prélèvement, la notion de déficit hydrique hivernal.

Les facteurs liés à l'environnement humain concernent les nuisances dues aux odeurs qui excluent les épandages dans les zones situées près des tiers, et durant certaines périodes. La juxtaposition de ces différents facteurs entraîne des limitations de surfaces épandables dont l'aptitude peut être distinguée en trois classes principales (**fig.1**) :

Une étude (Deschamps et al, 1983) sur deux communes des Côtes d'Armor et une commune d'Ille et Vilaine, faisait apparaître 39 à 52 % de la surface totale dans la classe 0 et 13 à 25 % de la surface totale dans la classe 2. Cependant, les distances minimum d'épandage par rapport aux tiers peuvent être réduites en introduisant des pratiques qui minimisent les nuisances olfactives (enfouissement, désodorisation). Ramenée à la Surface Agricole Utile (SAU) qui représente 78 à 86 % de la surface totale, la classe 0 représente 23 à 39 % alors que la classe 2 englobe 16 à 28 % des sols.

En 1986, la même méthodologie appliquée sur une partie des bassins versants du Gouessant et de l'Urne, soit 26 000 ha de surface totale (Sté SCET-AGRI, 1986) montrait que la classe 2 concernait 35 % de la SAU (9 900 ha). L'avertissement à l'épandage concernera donc ces sols qui présentent des séquences de déficits hydriques hivernaux.

Principe de l'avertissement à l'épandage

Les méthodes de réduction des risques de contamination bactérienne des eaux de surface s'appuient outre sur la réduction de leur charge dans l'effluent à épandre, sur (i) l'amélioration de la fixation des bactéries par le sol, et (ii) la réduction du risque de leur entraînement par ruissellement et érosion.

La fixation des bactéries sur le sol est d'autant plus forte que ce dernier est sec en surface (Bouedo et al, 1991). L'avertissement doit donc fonctionner de façon à déterminer les périodes de déficit hydrique suffisant, en s'appuyant sur un suivi de l'état hydrique des horizons de surface au jour le jour.

Classe	Aptitude	Engorgement	Sol Profondeur	Déficit hydrique	Relief et topographie	Réseau hydrographique	Environnement humain
0	Inapte toute l'année	Quasi permanent	Faible	Absence de déficit hydrique	Pente supérieure à 7 %	Présence de cours d'eau à moins de 35 m ou de point de prélèvement à moins de 300 m	Présence de tiers à moins de 200 m
1	Inapte en hiver	Temporaire	Moyenne	Absence de déficit hydrique en hiver	Pente inférieure à 7 %	Absence de cours d'eau à moins de 35 m et absence de point de prélèvement à moins de 300 m	Absence de tiers à moins de 200 m
2	Apte toute l'année	Absence	Bonne et importante	2 à 4 semaines de déficit	Pente inférieure à 7 %	Absence de cours d'eau à moins de 35 m et absence de point de prélèvement à moins de 300 m	Absence de tiers à moins de 200 m

Fig. 1 : Facteurs d'environnement physique et humain définissant les classes d'aptitude à l'épandage. (d'après Deschamps et al, 1983)

0 : terres inaptes toute l'année

1 : terres inaptes en hiver

2 : terres aptes toute l'année

Les risques de ruissellement sont d'autant plus faibles que le sol présente un pouvoir d'infiltration instantanée élevé et qu'aucune forte précipitation ne soit prévue dans les jours post-épandage. L'avertissement doit donc prendre en considération les prévisions météorologiques.

Le système comporte donc des limites. En effet, les conditions climatiques hivernales (humidité, basses températures, amplitudes thermiques journalières faibles) sont favorables à la survie des pathogènes.

De plus, les connaissances que les exploitants ont sur la pédologie, le fonctionnement hydrique, la pente de leur parcelle, et donc de leur aptitude, restent succinctes.

Le système d'Assistance Pour un Epandage Raisonnable concerne donc essentiellement le risque ruissellement (Guiziou, 1993). Les autres risques de pollution ne sont pas abordés.

Description du système

Le fonctionnement du système ASPER s'appuie sur des informations d'origines et de formes différentes, et dont le traitement varie selon leur importance.

Les sources d'information

La première information dont doit disposer ASPER pour fonctionner provient de l'agriculteur et concerne l'aptitude des sols sur lesquels il envisage d'épandre. Cette aptitude devrait être connue à l'issue de l'instruction pour la constitution du dossier d'installation classée.

La capacité hydraulique du sol à recevoir un épandage est définie d'après deux sources d'information : les prévisions météorologiques et l'état hydrique. Des prévisions météorologiques concernant l'ensemble du département sont fournies quotidiennement par le centre départemental de la Météorologie des Côtes d'Armor pour les probabilités de précipitation, gel, direction et intensité du vent.

Des enregistreurs électroniques de données (SAB600-AGM12, CR2M, Massy, France) connectés à des capteurs tensiométriques (DTPC 1000, NARDEUX-HUMMOL, Saint Avertin, France) installés sur des sols représentatifs de larges unités pédologiques, sont interrogés quotidiennement.

Formes des informations

Pour permettre le fonctionnement automatique du système, toutes les informations sont disponibles sur support informatique.

Ainsi, l'aptitude «réglementaire» des parcelles peut être consignée dans un fichier comportant les coordonnées Lambert et être gérée par l'utilisation d'un système d'information géographique.

Les informations météorologiques concernant à la fois les prévisions pour le département et les données des stations d'enregistrement sont disponibles sous format vidéotex.

Les prévisions sont mises à jour quotidiennement avant 17 heures et sont transcrites en codes alphabétiques pour chaque paramètre. Les probabilités de précipitation pour les quatre jours à venir font de cette sorte apparaître la dimension et la forme de l'éventuel événement pluvieux à travers respectivement 4 et 3 lettres. Les prévisions de gel distinguent uniquement le risque de gel persistant ou non.

Enfin les probabilités de vent sont annoncées par des caractères définissant huit secteurs et une possibilité de vent changeant (fig. 2).

Paramètre	Dimensions	Formes
Précipitation	S = sec ou < 1 mm l = faible, < 5 mm M = moyenne, < 15 mm F = forte, > 15 mm	C = continue ou quasi continue D = discontinue O = orage
Gel	N = absence de gel D = risque de gel nocturne avec dégel diurne G = risque de gel continu sur 24 h (pas de dégel diurne)	
Vent	N, NE, E, SE, S, SO, O, NO (8 secteurs) CH = changeant	Possibilité de définir une vitesse probable pour référencer la diffusion des odeurs en utilisant des modèles rustiques.

Fig. 2 : **Codification des prévisions météorologiques** délivrées par Météo-France. (source CEMAGREF)

Les données météorologiques enregistrées sur des stations automatiques sont disponibles sous forme numérique quotidiennement à 8 h et concernent les valeurs des températures de l'air et du sol, des précipitations, de l'évaporation potentielle, la direction et la vitesse du vent.

Les données sur l'état hydrique du sol sont issues du calcul de la valeur moyenne journalière de vingt-quatre enregistrements horaires de potentiels de charge hydraulique (Zimmer, 1988, Mulqueen, 1991), mesurés à cinq profondeurs dans le sol. Ces données sont également disponibles sous format vidéotex.

Traitement des informations

L'objectif d'ASPER est de fournir le soir du jour J un conseil à l'agriculteur pour un éventuel épandage au jour J+1. Toutes les informations évolutives sont donc intégrées dans le système à 18 h du jour J et sont traitées dans deux niveaux successifs distincts. La première étape consiste à traiter chaque type d'information pour en extraire des indices de premier ordre qui permettront de construire dans une seconde étape un indice global «d'épandabilité».

Les prévisions météorologiques sont analysées en comparant chaque ligne de paramètres de J+1 à J+4, aux combinaisons favorables ou défavorables inscrites dans une base de données. Pour l'instant, seules les prévisions sur les paramètres précipitation et température sont traitées. Les conditions favorables pour l'établissement d'un indice de premier ordre positif sont résumées dans le **tableau** ci-dessous. Quand les prévisions sont défavorables, le caractère restrictif de chaque paramètre est retenu en mémoire pour être utilisé dans la suite du programme.

Paramètre	N(*), J + 1, N + 1	J + 2	J + 3, J + 4
Précipitations maximum admises = P	P < 1 mm	P < 5 mm sans caractère discontinu	Un événement avec P < 5 mm sans caractère discontinu
Gel	Absence de gel	Absence de gel	Un gel sans dégel et un gel avec dégel
		Gel avec dégel	Un gel sans dégel ou un gel avec dégel
		Gel sans dégel	Absence de gel

(*) N : nuit, suivant l'établissement, de la prévision et l'émission du conseil.

J + 1 : jour pour lequel est émis le conseil d'épandage.

Fig. 3 : Prévisions météorologiques favorables pour l'obtention d'un indice de premier ordre positif. (source CEMAGREF)

Les valeurs de potentiels de charge hydraulique sont dans un premier temps transformées en potentiels matriciels pour chaque point de mesure (profondeur) puis utilisées pour le calcul des gradients de charge hydraulique dans les quarante premiers centimètres du sol. Pour l'obtention d'un indice de premier ordre positif, plusieurs conditions sont requises aux niveaux (i) des valeurs de potentiels matriciels et des gradients hydrauliques

et (ii) de leurs évolutions quotidiennes. Les potentiels et gradients doivent présenter des valeurs qui indiquent respectivement un état hydrique correspondant à une phase post-ressuyage et une amorce de déstockage de l'eau du sol par les phénomènes d'évapotranspiration, caractérisés par l'apparition d'un gradient ascendant. L'existence et l'accentuation de ces états durant trois jours consécutifs permettent de délivrer un indice de premier ordre positif. Cette dernière condition est relativisée car les phénomènes de redistribution de l'eau dans le sol en phase de dessiccation peuvent provoquer une discontinuité temporaire de la tendance des gradients.

Les données météorologiques sont analysées pour renforcer l'analyse des informations tensiométriques. Les données de précipitations et d'évapotranspiration sont analysées en suite de bilans climatiques journaliers pour les sept derniers jours, qui sont en outre comparés avec des valeurs seuils représentant les capacités du sol à ressuyer. Les valeurs de température permettent également de s'affranchir des dysfonctionnements hydriques du sol en cas de gel. En effet, l'eau du sol en surface n'est plus mobile lors de tels épisodes, ce qui provoque l'apparition de gradients de charge hydraulique ascendants et pourrait laisser croire, à leur seule lecture, au développement d'une phase de dessiccation. Le traitement de cette information aboutit donc à la construction d'un troisième indice de premier ordre, positif ou négatif.

La juxtaposition de ces trois indices permet ensuite la construction de l'indice global « d'épandabilité » (fig. 4). Ces deux types d'indice sont alors utilisés pour choisir les messages et conseils qui seront diffusés.

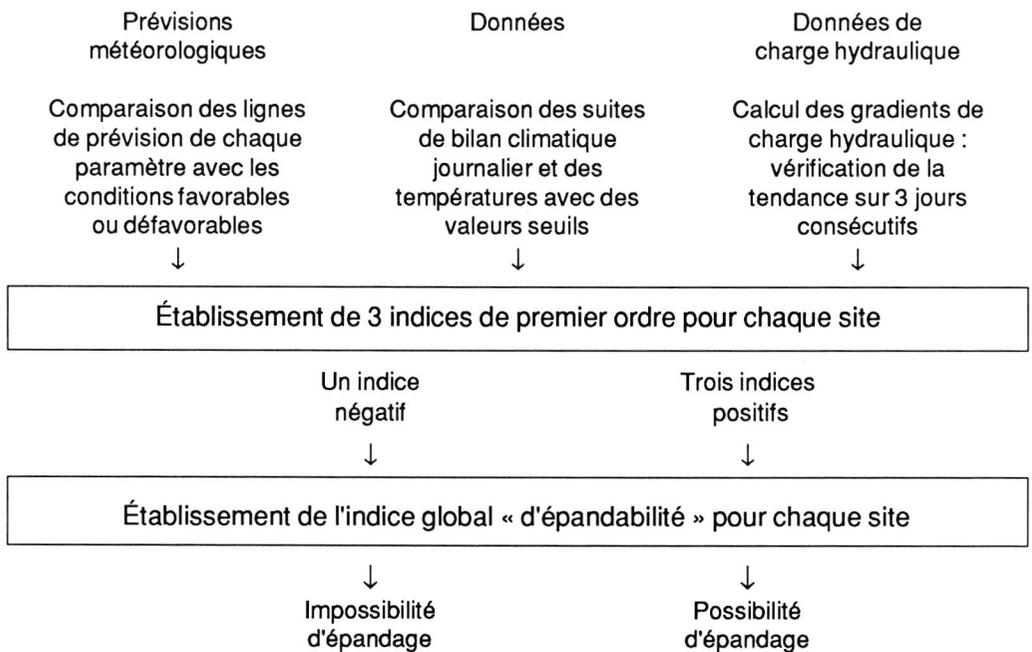


Fig. 4 : Schéma du traitement et de la mise en indices des informations.
(source CEMAGREF)

Établissement des messages et conseils

Le Minitel est le mode de diffusion retenu à ce jour pour le fonctionnement de l'avertissement à l'épandage. De ce fait et afin d'éviter à l'interrogateur de passer trop de temps devant cet appareil, les messages sont succincts et structurés sur trois niveaux principaux qui représentent des entités géographiques. L'information dite «d'épandabilité réglementaire», du fait de sa non-transcription sous format informatique, n'est pas abordée dans le système pour le moment. Le premier message disponible sur le service concerne l'espace départemental couvert par les prévisions météorologiques. Lorsque le message indique un conseil négatif d'épandage, il en explique l'origine en utilisant les valeurs des indices de premier ordre. Dans le cas contraire, le message développé invite l'interrogateur à sélectionner un secteur géographique auquel est rattachée une station de mesure de l'état hydrique du sol. Dans ce cas le message inscrit dans ce second niveau peut être différent d'une station à l'autre, en fonction soit du fonctionnement hydrique du sol, soit des données météorologiques enregistrées près du site. Le contenu de ces messages s'efforce, comme dans le 1^{er} niveau, d'expliquer la faisabilité ou non de l'épandage. Quand le conseil est positif, l'interrogateur a alors la possibilité de sélectionner quatre types d'options (fonctionnement hydrique et topographie de sa parcelle, six choix, produit à épandre, seize choix) qui permettent de construire le message du troisième niveau et qui donne un conseil agronomique et technique sommaire. Ce message comporte quatre zones qui informent respectivement l'interrogateur sur ces choix, la valeur fertilisante du produit, l'ajustement de sa fertilisation et sur la bonne utilisation de son outil d'épandage (adéquation avec le produit utilisé, sens d'épandage, recouvrement,...).

Actuellement, 8, 13 et 576 messages sont respectivement disponibles au 1^{er}, 2^e et 3^e niveau.

Durant la campagne 1992-1993, le système a fonctionné sans être accessible aux interrogateurs. Il est composé de deux micro-ordinateurs de type PC. L'un d'eux est dédié à la réception des informations, à leur traitement, puis à l'établissement des messages des premiers et seconds niveaux. Une connexion vers le deuxième PC, dédié en serveur, permet une mise à jour des messages. Toutes ces opérations se déroulent chaque soir entre 18 et 19 h. Le tableau synoptique du système est présenté **fig. 5**.

La durée de connexion nécessaire à l'interrogateur pour accéder au message du troisième niveau est d'environ trois minutes.

Résultats et discussion

Le système ASPER, malgré quelques problèmes techniques (transfert de données) a permis d'obtenir des résultats du mois d'octobre 1992 au mois d'avril 1993. Les valeurs des indices de premier ordre et globaux sont analysées sur 3 périodes principales afin d'établir une comparaison avec les restrictions réglementaires. Les principaux résultats sont synthétisés ci-après (**fig. 6**).

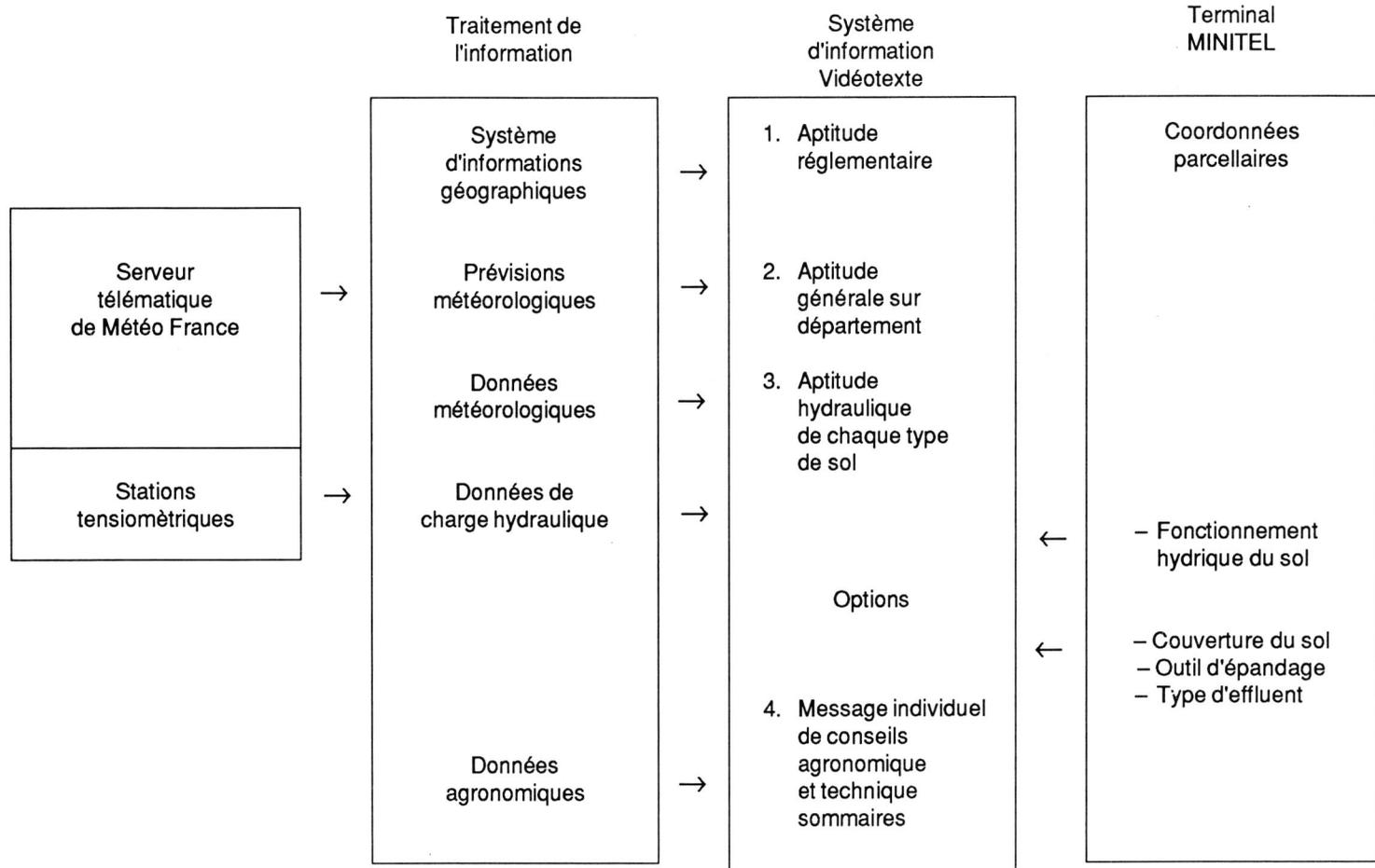


Fig. 5 : **Synoptique du système d'assistance pour un épandage raisonné.** (source CEMAGREF)

Périodes	Prévisions de la valeur négative de l'indice issu des prévisions météorologiques			Indices positifs		
	Prévisions de précipitations seule (1)	Prévisions simultanées de précipitation et de gel (2)	(1) + (2)	Prévisions météorologiques	Gradient	Global
octobre 1992 à avril 1993 (200 jours)	58,9 % (109 jours)	12,9 % (24)	71,9 (133)	16,7 (31)	27,0 (54)	9,5 (19)
janvier 1993 à avril 1993 (103 jours)	50,5 (51)	6,9 (7)	57,4 (58)	29,7 (30)	43,7 (45)	18,4 (19)
janvier et février 1993 (45 jours)	39,5 (17)	13,9 (6)	53,9 (23)	32,5 (14)	46,6 (21)	20,0 (9)
mars et avril 1993 (58 jours)	58,6 (34)	1,7 (1)	60,3 (35)	27,5 (16)	41,4 (24)	17,2 (10)

Fig. 6 : Résultats : distribution des indices sur les différentes périodes. (source CEMAGREF)

L'indice de prévisions météorologiques

Durant la campagne de fonctionnement, l'indice issu du traitement des prévisions météorologiques a été positif pour seulement 17 % des jours. L'apparition d'une prévision de précipitation défavorable représente 58,9 % des cas. Ce chiffre s'élève à 71,9 % si l'on y ajoute les cas de prévision simultanée de précipitation et gel.

Si l'on analyse uniquement les quatre premiers mois de l'année 1993, l'indice de prévision météorologique est positif dans 29,7 % des cas et représente trente jours de disponibles contre trente-un pour la période entière. De janvier à avril 1993, les prévisions de précipitation provoquent l'apparition d'un indice négatif pour 50,5 % des jours. L'addition des prévisions simultanées de précipitations et de gel porte ce chiffre à 57,4 %.

Etant donné que la réglementation interdit les épandages en janvier et février, il nous a semblé opportun de scinder les quatre premiers mois 1993 en deux bimestres, janvier/février et mars/avril. Durant le premier bimestre, l'indice issu des prévisions météorologiques est positif pour 32,5 % des jours, contre 27,5 % pour le second bimestre. L'origine d'un indice négatif provient d'une prévision de précipitation pour 39,5 % des jours durant le premier bimestre, contre 58,6 % des jours en mars/avril. La prise en compte des prévisions simultanées de précipitations et de gel porte respectivement ces chiffres à 53,9 et 60,3 % pour le premier et le second bimestre 1993.

L'indice de données météorologiques

Cet indice a présenté une valeur négative uniquement durant trois courtes séquences en novembre 1992.

L'indice de gradients de charges hydrauliques

D'octobre 1992 à avril 1993, cet indice a été positif durant cinquante-quatre jours, soit un taux de 27 %. Durant le dernier trimestre 1992, seulement neuf jours répartis en cinq séquences ont présenté une phase de ressuyage prononcée. Ceci s'explique en partie par les phénomènes de réhumectation continue de l'ensemble du profil et se traduisant par l'apparition d'un gradient descendant.

Durant les quatre premiers mois de l'année 1993, l'indice de gradients de charge hydraulique a été positif pour quarante-cinq jours (43,7 % de la période), distribués en six séquences de un à quatorze jours de durée. Ces quarante-cinq jours se répartissent respectivement en vingt-un et vingt-quatre jours sur les bimestres janvier/février et mars/avril, soit des taux respectif de 46,8 % et 41,4 %.

L'aptitude hydrique des sols à l'épandage est donc équivalente durant les deux bimestres.

L'indice global d'épandabilité

L'indice global d'épandabilité résulte de la juxtaposition des trois indices de premier ordre.

Cet indice global est négatif pour 90,5 % des jours sur la période octobre 1992/avril 1993. Au cours du dernier trimestre 1992, la valeur de l'indice est négative dans 100 % des cas, aucune des cinq séquences de ressuyage observées ne se situant lors d'une prévision météorologique favorable.

Durant les quatre premiers mois de 1993, l'indice global a été positif pendant dix-neuf jours (18,4 %). Le fractionnement de cette période en deux bimestres laisse apparaître respectivement neuf jours et dix jours de disponibles pour l'épandage, en janvier/février et mars/avril, soit des taux de 20 % et 17,2 %.

La possibilité d'épandage était donc aussi importante en janvier/février qu'en mars/avril. Cette possibilité d'épandage est distribuée en six périodes de un à trois jours sur le premier bimestre, et en trois périodes de un à sept jours pour le second bimestre. L'observation des réalisations de prévision météorologique après épandage, ne montre qu'un seul événement pluvieux supérieur aux seuils fixés, et ce pour la prévision du jour J+4. Cela représente un taux d'erreur de prévision de 11 % en terme de séquence (1/9), ou de 5,2 % en terme de jours d'émission de conseil positif (1/19).

Par contre, l'analyse des données météorologiques observées durant les séquences où les valeurs négatives de l'indice global étaient causées par l'existence d'un indice de prévisions météorologiques négatif, alors que l'indice de gradient était positif, montre déjà certaines limites du système. En effet, lors de ces vingt-six jours, redistribués en treize séquences de un à quatre jours sur la période janvier/avril 1993, le taux de réalisation des prévisions de précipitation et de gel est faible. Seule une séquence d'événements pluvieux défavorables et une séquence de basses températures sont observées. Cependant, quatre séquences pluvieuses et trois séquences avec des températures minimum inférieures à 0^o C sont enregistrées. Il faut garder à l'esprit que les météorologistes établissent des prévisions et qu'il leur est encore difficile de préciser l'intensité (ou la dimension) des événements à venir. Quand une incertitude existe dans cette discipline, le pessimisme naturel l'emporte.

CONCLUSION

La campagne précédente d'observations (hiver 1991-1992) nous avait permis de mettre à jour les problèmes généraux du système ASPER et de réorienter et reformuler plusieurs points :

- meilleure codification des prévisions météorologiques,
- relativisation de l'analyse des tendances de gradient,
- réorganisation de la structure du serveur.

La campagne de fonctionnement 1992-1993 a permis de valider ces modifications et démontre qu'il existe des jours disponibles pour l'épandage durant les mois de janvier et

février. Les risques de ruissellement induits par des précipitations ultérieures aux épandages, demeurent durant cette période, mais doivent être considérés comme identiques à ceux existant lors des précipitations estivales et à caractère orageux.

Des dérogations aux réglementations nationales et départementales sont souhaitables pour la mise en place d'ASPER. L'agriculteur et la collectivité, trouveront respectivement un intérêt pour une meilleure gestion agronomique et une meilleure maîtrise et prévention des risques de pollutions dues aux élevages.

Ces travaux doivent également s'inscrire dans d'autres programmes, tant au niveau national (code des Bonnes Pratiques Agricoles) qu'au niveau européen (directive Nitrates), qui vont modifier les modalités de stockage et d'utilisation de ces produits d'ici l'an 2000 (Voorburg, 1981).

La création et le développement d'outils de stockage différencié (discontinuité d'alimentation), de séparation de phases (extraction des matières solides) et de traitement par aération (baisse des charges azotées et bactériennes), permettront de gérer différemment les produits et coproduits.

Remerciements : ce programme est financé par le Conseil Général des Côtes d'Armor, avec le soutien du ministère de l'Agriculture et de la Pêche et du ministère de l'Environnement.

Nous tenons également à remercier H. ZOURE pour son dévouement au développement informatique du système.

Références bibliographiques

ABRASSART J., BERTRAND M., HERVE A.M., 1993. Bilan global des éléments fertilisants d'origine animale à différentes échelles géographiques. *Informations Techniques* du CEMAGREF, septembre 1993, n° 91, note n° 1, 8 p.

BOUEDO A., BERTRU G., GUIZIOU F., BERTRAND M., 1991. Etude du risque de contamination fécale des eaux après épandage de lisier. *Informations Techniques* du CEMAGREF, décembre 1991, n° 84, note n° 1, 8 p.

BUSON C., 1981. The spreading of animal manure without run-off. The interest of a soil survey. In : *Nitrogen losses and surface run-off from land spreading of manure*. J.C. Brogen, Publ. M. Nijoff, pp. 18-35.

CHAMP T., 1991. The impact of land spreading manures on fisheries resources. In : *Proceedings of environmental impact conference. Management, treatment and land spreading of manures and wastes*. The Institute of Engineers of Ireland, 24 p.

DESCHAMPS V., BERTRAND M., JEHANNO J., 1983. Détermination des surfaces agricoles utilisables pour les épandages de déjections animales (lisiers). CEMAGREF, B1 n° 302, pp. 35-42.

- GUIZIOU F., 1993. *The development of a Slurry spreading Alert System (SAS), to prevent nutrient run-off following the lands preading of animal slurries*. Report of visit, Commission of the European Communities, Bruxelles, 7 p.
- MULQUEEN J., 1991. Hydraulic aspect of the land application of agricultural slurries and soiled water. In : *Proceedings of environmental impact conference. Management, treatment and land spreading of animal mesures and waste*. The Institute of Engineers of Ireland, 21 p.
- ROLLAND J., 1991. *Avertissement à l'épandage*. Étude préalable, DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, CEMAGREF, Rennes, 43 p.
- VOORBURG J.H., 1981. Draft guidelines for the prevention of water pollution caused by run-off of animal manures. In : *Nitrogen losses and surface run-off from land spreading of manures.*, J.C. Brogan, Publ. M. Nijoff, pp. 92-101.
- ZIMMER D., 1988. *Transferts hydriques en sols drainés par tuyaux enterrés*. Thèse de Doctorat,



Quelles évolutions pour les équipements d'épandage ?

Which evolutions for spreaders in future ?

Ziad HABIB

Fédération Nationale des Coopératives
d'Utilisation de Matériel Agricole (FNCUMA),
service *Machinisme et hydraulique*
48, rue Montmartre, 75002 Paris
Tél. (1) 45 08 59 23 – Fax (1) 45 08 08 47

Résumé. Les observations de chantiers d'épandage de déjections organiques des exploitants agricoles menées par les CUMA et leur réseau fédératif constituent une première en France. Ces observations permettent de constater qu'il y a des améliorations à apporter aux pratiques d'épandage des agriculteurs (ces derniers en sont conscients et sont prêts à agir dans ce sens), mais surtout des améliorations à apporter au matériel d'épandage : matériel plus spécialisé, plus robuste et surtout plus précis.

Abstract. CUMA and their federate network realise a wide operation to control animal evacuation spreading sites of farmers. 350 controls are planned for the first semester 1994. These controls permit to establish that farmers spreading practices can be and must be improved, and that the most important improvements must be brought to spreaders so they will be more specialised, more robust and especially more precise.

Introduction

A la fin du 19^{ème} siècle, les déjections organiques étaient considérées comme de véritables engrais de ferme et utilisées à ce titre. La découverte et la commercialisation des engrais minéraux ont beaucoup nuit à ces engrais organiques agricoles, à tel point qu'ils sont devenus parfois, aux yeux d'exploitants agricoles, des « déchets embarrassants » dont il faut à tout prix se débarrasser, avec toutes les conséquences que cela peut avoir : pollution (nitrates), nuisances (odeurs),...

Aussi, ces déjections peuvent être aujourd'hui à l'origine de la contamination de la nappe phréatique par les nitrates (quand l'utilisation est mal maîtrisée). Ce phénomène devient de plus en plus préoccupant dans les régions d'élevage intensif. C'est pourquoi, la réglementation européenne est de plus en plus stricte et la directive adoptée par les douze

pays membres de la CEE limite la quantité de nitrates permise à l'hectare à 170 kilos. Elle sera appliquée dès 1999 et en France cela pourrait concerner près de 30 % de la surface agricole utile (bassins versants,...).

Suite aux contraintes réglementaires et environnementales, il est question de réintroduire ces déjections organiques dans le plan de fumure des exploitations agricoles. Cette réintroduction doit passer, obligatoirement, par le biais des exploitants agricoles à travers leurs pratiques d'épandage, quasiment inconnues jusqu'à aujourd'hui. Dans ce but, le réseau fédératif CUMA a entrepris, début 1992, une large opération d'observations de chantiers d'épandage de déjections organiques des exploitations agricoles.

Le cadre général de l'opération

Historique

Dans un premier temps, une convention a été signée en 1992 entre la DG XVII (Énergie) de la CEE, la commune de Plouzané, périphérique de Brest et la FRCUMA de l'Ouest. Elle prévoyait d'étudier, en terme de faisabilité, les questions d'épandage, de collecte, de stockage et de traitement des déjections organiques. Cette étude indiquera quelles sont les orientations souhaitables en matière d'innovations techniques et technologiques sur les matériels d'épandage et sur le mode d'organisation des chantiers (épandage et stockage). La FRCUMA de l'Ouest, en apportant son soutien technique à l'opération, s'était engagée à réaliser des observations de chantiers d'épandage dans la région sur trois sites pilotes : la commune de Plouzané, le district de Rennes et la commune de Plurien. Cette étude a servi de support à un programme national piloté par la FNCUMA sur les épandages de déjections organiques.

Les étapes du programme national

Protocole d'essais

Une première étape consistait à élaborer un protocole d'essais qui répond aux besoins, et qui soit le plus précis possible. Ce protocole, élaboré par la FNCUMA avec la collaboration du BCMA, de l'ADEME, du CEMAGREF et du ministère de l'Agriculture a servi et servira aux différents chantiers dans plusieurs régions de France.

Nombre total de chantiers observés et échancier

Au total, presque 350 chantiers sont programmés dans les différentes régions participant à l'opération, dont 300 dans la région du Grand Ouest. La réalisation de ces chantiers doit s'achever au premier semestre 1994.

Répartition géographique

Partis de l'Ouest, les chantiers d'épandage ont vite intéressé plusieurs autres régions. C'est le cas, dans l'immédiat, des deux régions d'Aquitaine et de Midi-Pyrénées avec une soixantaine de chantiers prévus jusqu'au premier semestre 1994 (fig. 1).

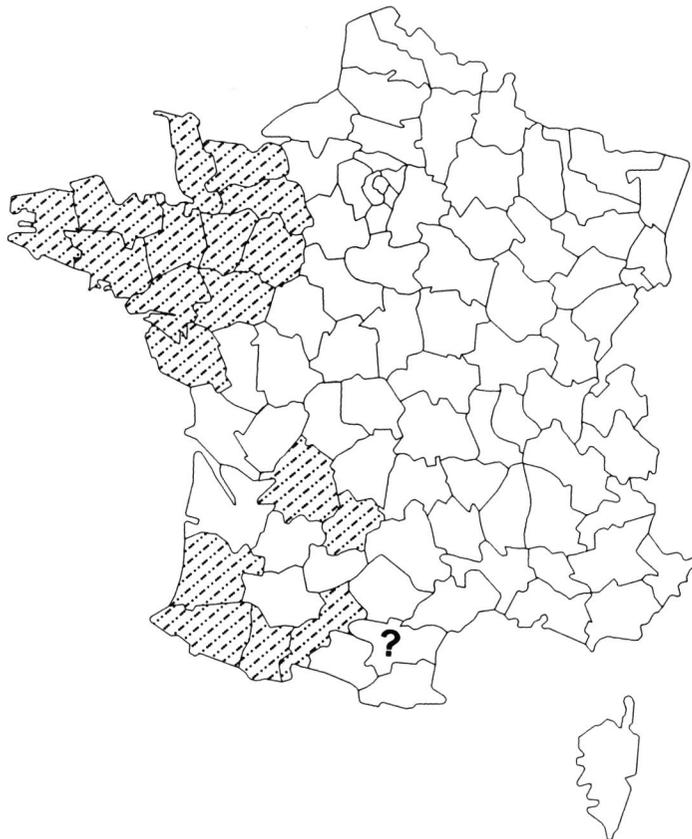


Fig. 1 : Contrôles de chantiers d'épandage de déjections organiques 1992 - 1993 - 1994.

(source FNCUMA)

Partenaires

Les partenaires de l'opération sont multiples et se situent à plusieurs niveaux. Le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, les FRCUMA de l'Ouest, d'Aquitaine et du Midi-Pyrénées, les FDCUMA qu'elles regroupent, des CUMA des trois régions, le CEMAGREF, le BCMA, l'ADEME, le SYGMA, les constructeurs des matériels d'épandage de déjections organiques et la FNCUMA.

Les observations de chantiers d'épandage

Description d'une observation d'un chantier d'épandage en CUMA

Il s'agit d'observer les **pratiques d'épandage** des déjections organiques animales par les exploitants agricoles, et ne peut en aucun cas s'agir d'essais expérimentaux.

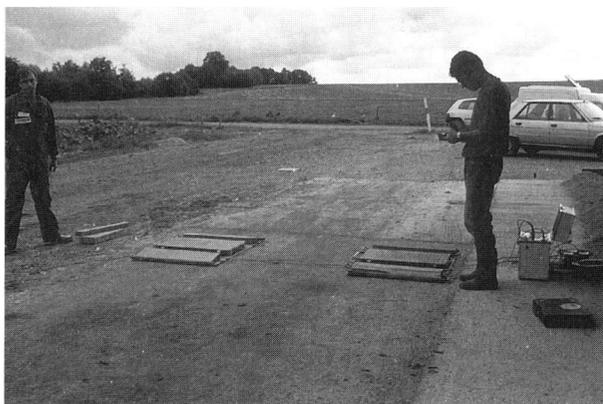


Photo 1 (source FNCUMA)

Le technicien se déplace chez l'exploitant agricole avec le kit de mesure, nécessaire pour effectuer les pesées (il se compose de deux plates-formes, deux rampes d'accès et d'un boîtier électronique). Une fois la mise à niveau des deux plates-formes réalisée (**photo 1**), le chantier démarre et le technicien du réseau CUMA note le temps de départ.

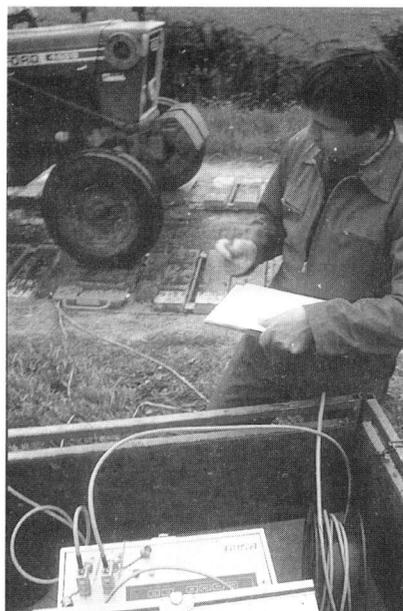


Photo 2
(source FNCUMA)



Photo 3 (source FNCUMA)

Un premier pesage de l'ensemble tracteur-épandeur ou tracteur-tonne est effectué à vide, essieu par essieu (d'après le constructeur des pesons, le risque d'erreurs est inférieur à 1 %) (**photo 2**). Les données sont enregistrées à l'aide du boîtier électronique. L'exploitant charge alors son matériel (épandeur ou tonne) comme il a l'habitude de

faire à chaque épandage (**photo 3**). Le temps de chargement est calculé par le technicien CUMA.



Photo 4 (source FNCUMA)

Un deuxième pesage est alors réalisé et les nouvelles données enregistrées. L'exploitant conduit son tracteur sur la parcelle à épandre. Le temps de transport en charge est noté par le technicien CUMA. L'exploitant effectue ensuite l'opération d'épandage (**photo 4**) et retourne au tas ou à la fosse pour un autre chargement et donc un autre passage.



Photo 5
(source FNCUMA)



Photo 6 (source FNCUMA)

Entre temps, le technicien CUMA note le temps de vidange et de retour à vide. Il mesure aussi, à l'aide d'une roue munie d'un compteur (**photo 5**), la longueur de vidange, la largeur d'épandage (pour obtenir, à travers la multiplication de ces deux données, la surface réellement épandue), ainsi que la surface totale de la parcelle sur laquelle s'effectue l'opération d'épandage. Des bacs sont aussi placés sur le passage de l'épandeur pour l'étude de la qualité de répartition du produit au sol. Une prise d'échantillon du produit est ensuite effectuée sur la parcelle et dans le tas ou la fosse (**photo 6**). Cet échantillon sera envoyé au laboratoire pour analyse. L'opération, du chargement jusqu'à la sortie de la parcelle et le retour au lieu d'approvisionnement en matière constitue un voyage. Un chantier d'épandage est constitué de plusieurs voyages.

Lors d'un chantier, des informations concernant le produit, le sol, le matériel de chargement, de traction et d'épandage sont notées par le technicien.

Pour le bon déroulement d'un chantier d'épandage, la présence de deux personnes est importante sinon obligatoire, surtout quand il s'agit de chantier avec simultanément plusieurs épandeurs.

Quelques premiers résultats (une quarantaine de chantiers concernés)

Nous nous sommes intéressés en premier à la relation entre la puissance du tracteur et la capacité du matériel d'épandage

En matière de fumier, il apparaît qu'une faible relation existe entre ces deux données (fig. 2). En effet, en règle générale, la capacité de l'épandeur et la puissance du tracteur évoluent dans le même sens, ce qui doit être évident. Cependant, nous avons remarqué que pour une même capacité donnée, la puissance du tracteur varie d'environ 40 %.

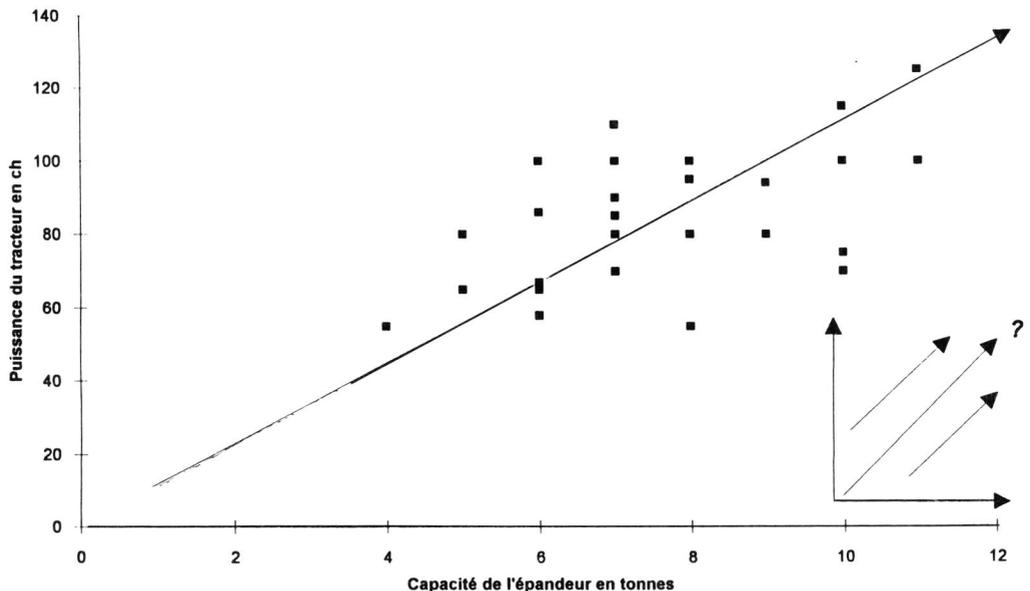


Fig. 2 : Fumier. Adéquation de la puissance du tracteur et de la capacité de l'épandeur. (source FNCUMA)

Exemple : pour un épandeur de 8 tonnes, la puissance du tracteur varie entre 60 et 100 CV. Ceci est valable pour les chantiers de lisier (pour une tonne de 8 000 litres, la puissance du tracteur varie entre 65 et 100 CV, soit 35 % de variation).

En règle générale, le taux de remplissage est très variable entre les chantiers (lisier ou fumier)

Il varie entre 70 et 95 % dans le cas du lisier, et entre 60 et 129 % pour le fumier (**fig. 3**). Cette variation est fonction de plusieurs facteurs : pratiques d'épandage (stockage et chargement), nature et état du produit, mais aussi techniques liées au matériel...

Données	Lisier	Fumier
Taux de remplissage du matériel en % (poids épandu/capacité annoncé par le constructeur)	Moyen 88 % Mini 70 % Maxi 95 %	Moyen 82 % Mini 60 % Maxi 129 %

Fig. 3 : Taux de remplissage fumier et lisier.
(source FNCUMA)

Aussi, les exploitants se plaignent de ne pas avoir le matériel leur permettant la maîtrise de la quantité épandue. Ce taux de vidange de la tonne ou de l'épandeur par voyage est calculé à partir du poids épandu (pour le même voyage). Ce taux de vidange n'est autre que le taux de remplissage par voyage, et pour le chantier global :

$$\text{Taux de remplissage} = \frac{\text{Poids épandu par voyage}}{\text{Capacité de la tonne ou de l'épandeur}}$$

En matière de lisier, nous avons pu remarquer l'influence de deux facteurs sur le taux de remplissage de la tonne (ce taux étant toujours inférieur à 100 %).

L'état du produit

Le taux de remplissage ne semble pas être en relation évidente avec l'état du produit (**fig. 4**). Cependant, pour chaque type de produit, une variation existe entre les différents taux de remplissage des différents chantiers contrôlés et correspondant à ce type de produit. Par exemple avec un produit liquide, le taux de remplissage varie entre 79 et 91 %.

L'agitateur dans la tonne (fig. 5)

La présence, ou pas, d'un agitateur dans une tonne à lisier est très importante pour l'homogénéisation du produit. Cette importance est confirmée, par l'exemple du tableau (**fig. 5**), par un taux de remplissage et donc de vidange de tonne supérieur de 3 à 9,5 % dans le cas d'une tonne équipée d'agitateur par rapport à une tonne qui ne l'est pas.

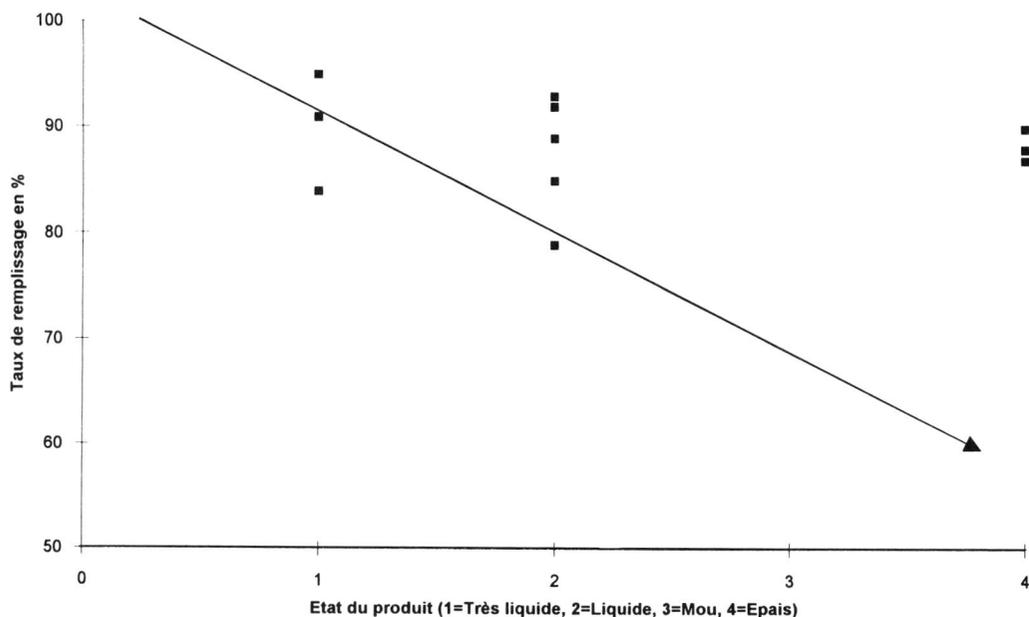


Fig. 4 : Lisier. Taux de remplissage des tonnes en fonction de l'état du produit. (source FNCUMA)

Données	Tonne n° 1	Tonne n° 2	Tonne n° 3
Agitateur	Oui	Non	Non
Capacité en litres	8 500	8 000	8 000
Poids moyen épandu/voyage, en kg	7 810	6 604	7 099
Taux de vidange (ou de remplissage) :	= 7 810/8 500 = 92 %	= 6 604/8 000 = 82,5 %	= 7 099/8 000 = 89 %
Différence	-	- 9,5 %	- 3 %

Fig. 5 : Lisier. Rôle de l'agitateur. (source FNCUMA)

En matière de fumier, la même tendance à l'augmentation est remarquée avec un produit de plus en plus mou (fig. 6). De même que pour le lisier et pour un même type de produit (une même appréciation du produit), les variations entre les taux de remplissage des différents chantiers sont conséquentes : de 60 %, elles passent à 129 % pour un fumier mou.

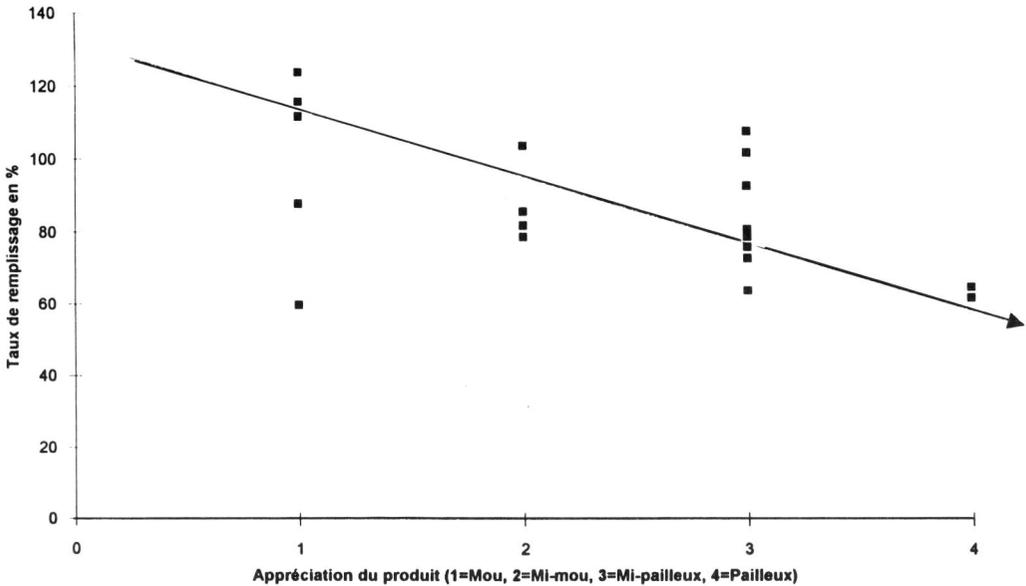


Fig. 6 : Fumier. Taux de remplissage de l'épandeur en fonction de l'état du produit. (source FNCUMA)

Les temps de travaux

Une analyse détaillée du temps passé sur un chantier d'épandage de déjections organiques à partir des observations de chantiers effectués en CUMA permet de tirer les conclusions suivantes :

- Pour l'ensemble des chantiers réalisés et quelle que soit la distance parcourue, le temps de transport à vide et en charge représente, en moyenne, 50 % du temps effectif total, ce dernier étant l'addition des temps de transport, de chargement et de vidange (fig. 7). Ceci représente une contrainte forte au niveau de l'exploitation agricole surtout si l'épandage doit s'effectuer en période chargée de travail. Quant aux temps de vidange et de chargement, il représente chacun, environ 25 % du temps effectif total du chantier.
- Entre le temps effectif d'un chantier et le temps total du même chantier existe une différence. Elle est due à plusieurs facteurs : réglage du matériel, discussions, etc. etc. Cette différence est d'environ 26 % en moyenne pour les chantiers de lisier, et de 21 % à 40 % en moyenne pour les chantiers de fumier selon le nombre d'épandeurs sur le chantier (fig. 7).

*Temps effectif d'un chantier = temps de chargement + transport + vidange.
Temps total d'un chantier = temps effectif + pertes de temps dues à des facteurs externes au chantier (discussions...).*

Données	Lisier	Fumier (1 chargeur + 1 épandeur)	Fumier (1 chargeur + 2 épandeurs)
Temps (en %)			
– de transport (à vide et en charge)	51,6 %	44,8 %	50,7 %
– de chargement	23,4 %	31,2 %	24,2 %
– de vidange	25 %	24,6 %	25,1 %
Perte de temps entre temps effectif ¹ et temps total ² d'un chantier (en %)	26,4 %	40 %	21,5 %

Fig. 7 : **Les temps d'épandage des chantiers de fumier et de lisier.**

1 = Temps de chargement + Temps de transport + Temps de vidange

2 = Temps de chargement + Temps de transport + Temps de vidange + Temps perdu
(source FNCUMA)

Une observation plus fine (par chantier) a permis de constater des différences significatives en temps de transport par rapport au temps effectif total des différents chantiers réalisés :

Fumier (fig. 8)

Selon que le fumier est stocké sur le champ ou pas, le temps de transport peut varier entre 16 et plus de 56 % du temps effectif total, en fonction de la distance parcourue.

Données	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Chantier 4	Chantier 5
Nombre de voyages	9	17	15	7	22
Temps de transport :					
1 voyage	2' 30"	7' 13"	9' 10"	13' 26"	11' 58"
1 chantier	22' 30"	2 h 2' 41"	2 h 17' 30"	1 h 34' 2"	4 h 23' 16"
Total temps effectif :					
1 voyage	15' 24"	17' 27"	21' 32"	25' 58"	21' 19"
1 chantier	2 h 18' 36"	4 h 56' 39"	5 h 23'	3 h 1' 46"	7 h 45' 18"
Temps de transport en % du temps total effectif d'un chantier	16 %	41,3 %	42,6 %	51,7 %	56,6 %
Distance tas/parcelle en mètres	sur place	50 m	350 m	500 m	750 m

Fig. 8 : **Le temps de transport des chantiers de fumier en fonction de la distance parcelle-tas de fumier.** (source FNCUMA)

Lisier (fig. 9)

La différence entre le temps de transport des différents chantiers contrôlés par rapport aux temps effectifs totaux est moins importante en lisier qu'en fumier. Elle varie par exemple, entre 41 % environ à 65 mètres de distance entre la fosse et la parcelle épandue, et 68,5 % à 2 100 mètres.

Données	Chantier 1	Chantier 2	Chantier 3	Chantier 4	Chantier 5
Nombre de voyages	6	5	4	4	5
Temps de transport : 1 voyage 1 chantier	3' 50" 23'	10' 16" 51' 20"	7' 27" 29' 48"	12' 26" 49' 44"	16' 23" 1 h 21' 55"
Total temps effectif : 1 voyage 1 chantier	9' 18" 55' 48"	17' 50" 1 h 29' 20"	14' 45" 59'	20' 12" 1 h 20' 48"	23' 54" 1 h 59' 30"
Temps de transport en % du temps total effectif d'un chantier	41,2 %	57,5 %	50,5 %	61,5 %	68,5 %
Distance fosse-parcelle en mètres	65 m	350 m	500 m	1 800 m	2 100 m

Fig. 9 : Le temps de transport des chantiers de fumier en fonction de la distance parcelle-fosse de lisier. (source FNCUMA)

Le cahier des charges « utilisateurs » relatif aux matériels d'épandage, à partir des contrôles de chantiers effectués par les CUMA

Actuellement, il existe sur le marché français des matériels susceptibles d'épandre toutes sortes de matières organiques (fumiers, lisier, boues de stations d'épuration, fientes de volailles...). Malheureusement, les équipements ne permettent pas de respecter une dose et d'épandre régulièrement et de ce fait, ne répondent pas parfaitement aux souhaits des utilisateurs. Les constructeurs de matériels d'épandage insistent souvent, dans leurs documentations commerciales, sur la « polyvalence » de leurs épandeurs de lisier ou de fumier qu'ils proposent sur le marché. Mais, nous avons constaté que dans la pratique, les choses sont différentes. Il nous a donc semblé intéressant de faire le point sur ce qu'attendent les agriculteurs de ce type d'équipement pour mieux fertiliser avec la matière organique dont ils disposent.

Ce cahier des charges, élaboré par la FNCUMA à partir des observations recueillies sur les chantiers contrôlés, est destiné aux constructeurs, pour qu'ils prennent en compte, lors de la fabrication de leurs futures gammes de matériels, les pratiques d'épandage et les desiderata des utilisateurs : fiabilité, robustesse et surtout précision.

Les tonnes à lisier

Les tonnes à lisier sont utilisées actuellement pour épandre des produits pompables dont le taux en matières sèches ne dépasse pas les 12/13 %.

Le système d'épandage le plus répandu sur ce type de matériel est le système buse-palette. Les constructeurs assurent de leur part que ce système est difficile, voire impossible à améliorer, et qu'il ne sera plus à considérer lors de l'élaboration du futur cahier des charges. Pour cela, d'autres alternatives à ce système sont présentées sur le marché :

- le système de rampes d'épandage,
- le système d'enfouisseurs.

En examinant les différents composants des tonnes à lisier et des différents systèmes d'épandage, voyons quelles sont les principales exigences souhaitées par les utilisateurs.

La cuve

Pour les tonnes à lisier, et surtout celles de grandes capacités, le ratio de charge utile/poids total roulant, est faible et souvent < à 60 %, ce qui entraîne des pertes de temps et d'énergie importantes (nécessité de puissances élevées pour tirer l'ensemble tracteur + tonne + équipement). Ceci est dû essentiellement au poids élevé des tonnes et des équipements (enfouisseurs...). Ces poids élevés demandent des pressions de gonflage des pneumatiques élevées (– 1,4 bars actuellement), avec toutes les conséquences que cela peut avoir (tassement du sol,...).

La recherche va toujours dans le sens de l'augmentation de la capacité du matériel (jusqu'à 20 000 litres aujourd'hui). Mais est-ce bien raisonnable, surtout que ce type de matériel demande souvent des équipements pneumatiques et des équipements d'épandage (enfouisseurs, rampes) qui dépassent la largeur d'encombrement réglementée (2,80 m au lieu de 2,50 m) !

Contrôle de remplissage et de vidange de la tonne

Sur toutes les tonnes commercialisées actuellement, il n'existe aucun moyen efficace de contrôle de remplissage, ni de vidange du matériel. Il en découle des pertes importantes de temps surtout que le taux de remplissage ne dépasse pas parfois les 70 % (fig. 5). Le problème de contrôle de vidange se pose surtout en matière d'enfouisseurs de lisier. Dans ce cas, le produit est enfoui et il est difficile de constater la fin de la vidange.

Bras de pompage et autres dispositifs de raccordement à la fosse

Pour limiter les pertes de temps et faciliter le travail, le matériel d'épandage de lisier doit être d'une fiabilité maximale en matière d'accrochage et de décrochage pour le remplis-

sage de la tonne. Pour cela, des dispositifs de branchements simples et commodes seront appréciés par les utilisateurs. La commande de l'ouverture et de la fermeture de la vanne de remplissage devrait être simple et facile d'accès pour les agriculteurs.

Homogénéisation du contenu de la cuve

La vidange de la tonne est souvent incomplète à cause, en partie, de l'absence d'un moyen de brassage ou de mixage à l'intérieur de la tonne. Ceci entraîne, en plus, une différence en matière de qualité de matière épandue au fur et à mesure de l'avancement de la tonne. L'homogénéisation du produit devrait alors être continue même durant le transport. Cette absence de moyen de brassage entraîne également le bouchage des sorties surtout quand la vidange arrive à sa fin (sur les enfouisseurs et les rampes ; pour cette dernière raison, les sorties sur les enfouisseurs sont d'un grand diamètre). Ceci est essentiellement dû aussi, à l'absence de broyeur à la sortie (ou à l'entrée) de la tonne pour homogénéiser le produit avant son arrivée, à la sortie pour le système buse-palette, ou aux différentes sorties avec les systèmes de rampes ou d'enfouisseurs.

Le compresseur

Le compresseur est l'élément moteur de l'épandeur de lisier. Il est nécessaire de connaître ses performances. Actuellement, celles-ci ne sont présentées par aucun constructeur. C'est pourquoi :

- une courbe de débit du compresseur, en litre d'air, en fonction de la pression de la pompe doit être fournie avec chaque matériel livré aux utilisateurs,
- les courbes de performances doivent également être fournies en fonction de la fluidité du produit.

Mais, tout cela ne signifie rien si la prise de force n'est pas précisée (540 ou 1 000 tr/mn). Les limites d'aspiration du compresseur doivent également être précisées : hauteur d'aspiration en fonction du diamètre de la canalisation, de sa longueur, ... Pour la dépression et la compression, un manomètre est nécessaire pour connaître leurs valeurs. Sa graduation doit être précise et lisible. Tous les compresseurs qui équipent les tonnes des différentes marques nécessitent des renforcements sur leurs pièces constituantes.

L'étanchéité du compresseur est très importante pour le bon déroulement de l'épandage. Elle est assurée par des palettes qui s'usent à l'usage et doivent, de ce fait, être changées au bout d'un certain nombre d'heures. Les constructeurs doivent alors recommander dans leurs manuels d'entretien, le nombre d'heures au bout duquel le changement des palettes doit être effectué. Ils doivent également préciser les autres modes d'entretien (changement d'huile, ...).

Les différents systèmes d'épandage

Le système buse-palette

Le système buse-palette est aujourd'hui le plus répandu sur le terrain pour l'épandage de lisier. Pour ce système, le débit à la sortie de la buse varie avec la pression de la pompe. Cette variation est également influencée par la forme et la position de la palette ou l'angle buse-palette. Les utilisateurs souhaitent à ce sujet avoir un dispositif sur le matériel qui leur permet de régler le débit d'épandage en fonction de la dose souhaitée, de la vitesse d'avancement réelle (système de mesure) et de la largeur d'épandage utile. Ce dispositif doit être intègre et bien intégré : intègre pour éviter les réglages et dérèglages fréquents et bien intégré pour éviter les déformations faciles. Il en est de même pour la palette parce qu'on assiste actuellement à de fréquentes déformations qui entraînent souvent des mauvais épandages dus à une mauvaise répartition du produit au sol.

Les utilisateurs demandent également à avoir des indicateurs de bon recouplement pour chaque réglage possible, selon la largeur d'épandage, la largeur entre deux passages,...

La rampe d'épandage

Il est vrai que le système à rampes réduit les émissions de particules organiques dans l'atmosphère (moins d'odeurs) et améliore la répartition au sol. Actuellement, les rampes d'épandage qui sont sur le terrain fonctionnent relativement bien, mais nécessitent encore plusieurs améliorations. Les rampes actuellement livrées sur le marché manquent de répartiteurs entre les différentes sorties, ce qui entraîne une différence de débit entre ces sorties et donc un épandage irrégulier.

On assiste souvent sur ce type de matériel, au bouchage d'une buse sur la rampe dû à la présence de corps étranger dans le produit. Ceci devient un problème quand la sortie se situe juste derrière la tonne et donc difficilement, voire non repérable par la personne qui conduit le tracteur. C'est pourquoi, un système simple pour repérer le non-écoulement du produit à chaque sortie serait d'une grande utilité. Le bouchage des sorties est aussi le résultat de l'absence de broyeur sur la tonne. Aucun système d'égalisation de répartition sur les différentes sorties n'existe, il en est de même pour les régulateurs de débit sur chaque tuyau déversant dans la rampe, pourtant ces deux systèmes sont jugés d'une grande utilité par les utilisateurs parce qu'ils permettent une alimentation régulière et égale de toutes les buses de sortie et de contrôler le débit à chacune des sorties (en fonction de la vitesse d'avancement).

Les utilisateurs enfin se demandent pourquoi ne pas installer sur les rampes un système de correcteur de dévers pour suivre la pente du sol, ainsi qu'un système de contrôle de variation de dosage en fonction de cette pente et du type de produit épandu. Il faudra bien indiquer aux utilisateurs les modalités de nettoyage après chaque utilisation.

Les enfouisseurs

La vente d'enfouisseurs en France est encore limitée en nombre (3 à 4 % des ventes de matériels d'épandage !). Les enfouisseurs sont actuellement un bon moyen pour la réduc-

tion des nuisances (odeurs). Cependant, avec ce type de matériel, on ignore complètement la quantité épandue à l'hectare de même que sa répartition. Donc, il est indispensable de disposer d'un moyen permettant de contrôler la quantité épandue globalement et individuellement (par sortie), pour pouvoir travailler sur labour, sur culture en localisé avec des écartements différents entre rangs et pour l'incorporation sur prairie. Cette dernière application risque de devenir le domaine privilégié d'utilisation des enfouisseurs. Les limites inférieures du matériel devront être indiquées. Un apport de 10 à 20 tonnes/ha devrait être facile à réaliser.

Des instructions doivent être données pour aider au mieux les utilisateurs à régler leur matériel. Un tableau pourra indiquer en fonction du diamètre de l'orifice de sortie, de la vitesse d'avancement et de la qualité du produit, la quantité obtenue à l'hectare. Le manuel d'entretien après chaque utilisation doit être très clair et pratique.

Sur les enfouisseurs, comme pour les rampes, livrés par les constructeurs français de ce type de matériels, les broyeurs manquent, ce qui entraîne des bouchages fréquents des sorties et donc une répartition très irrégulière du produit. Il en est de même pour les égalisateurs de répartition sur les sorties, les répartiteurs entre les différentes sorties et les régulateurs de débit sur chaque tuyau déversant dans les corps d'enfouissement.

Le système DPA

Le débit proportionnel à l'avancement (DPA) est très peu développé sur le matériel d'épandage, pourtant très efficace pour la maîtrise de la dose et de sa répartition. Sur le matériel existant actuellement en DPA, le problème se situe surtout au niveau de la pompe : celle-ci est « pneumatique » (à vide), beaucoup moins fiable et ne permettant pas la bonne maîtrise de débit que pourrait offrir une pompe « volumétrique ».

Pour le lisier, il existe actuellement sur le marché, du matériel permettant de calculer, sur le champ, la composition en azote ammoniacale du produit. Le « Quantofix » permet donc de calculer, relativement vite, la valeur fertilisante du lisier, et de ce fait, une meilleure maîtrise de la quantité à épandre. Ce matériel pourrait être intégré dans les tonnes livrées sur le marché, reste à définir sous quelle forme.

Les épandeurs de fumier

Les épandeurs de fumier sont utilisés pour épandre des produits dont le taux de matières sèches dépasse les 12 à 13 %. Quand ce taux est compris entre 12 et 18 %, l'épandeur doit impérativement être muni d'une porte à lisier, les pertes dues au transport seront ainsi minimales. Actuellement, il n'existe aucun moyen de pesée sur ce type de matériel. Souvent les quantités épandues à l'hectare ne correspondent pas aux quantités souhaitées par l'exploitant. Le taux de remplissage des épandeurs varie entre 60 et 129 % par rapport à la capacité annoncée par le constructeur (**fig. 7**). Ce taux est fonction des pratiques des exploitants (stockage et chargement), du type et de la nature du produit, mais surtout du matériel qui ne permet, en aucun cas, de contrôler le poids chargé. La régularité du char-



Photo 7 : **Épandage relativement correct en descendant la pente.**
(source FNCUMA)

gement est importante pour l'obtention d'une répartition régulière de la matière épandue. Cette régularité de chargement passe par des hauteurs de chargement faibles, ce qui n'est pas le cas actuellement. La largeur de la caisse est aussi élevée. Les utilisateurs estiment qu'avec des largeurs de caisse inférieures, l'alimentation du système d'épandage sera plus régulière.

Les limites inférieures de l'épandeur, c'est-à-dire pouvoir épandre des quantités allant jusqu'à 10 t/ha par exemple, ne sont pas communiées.

La largeur d'épandage devrait être optimale pour limiter les apports et les pertes de temps. A ce sujet, les hérissons verticaux apportent une amélioration par rapport au système horizontal traditionnel, mais pour les utilisateurs, ils ne constituent pas un objectif à moyen et long terme (très sensible au vent...).

Aucun moyen de déchiquetage n'existe sur de nombreux épandeurs (pour l'homogénéisation du produit avant l'épandage). Ainsi, les utilisateurs demandent que la phase de déchiquetage soit séparée de la phase d'épandage.

En ce qui concerne le fond mouvant à vitesse

constante, il n'existe actuellement aucun indicateur de la quantité épandue. Souvent, sur les trois ou quatre vitesses du fond mouvant du matériel, une seule vitesse est utilisable, les autres étant trop rapides.

Le **débit proportionnel à l'avancement (DPA)** est très important pour la maîtrise de la dose apportée et de sa répartition. Cette technique est peu développée et loin d'être vulgarisée sur le terrain. Elle doit permettre de :

- peser en permanence le produit dans le matériel pour modifier le débit en fonction de l'avancement du tapis et de la perte de poids,
- intégrer, en temps réel, la variation du poids de l'épandeur.

Pour le matériel d'épandage de lisier et de fumier en général, les utilisateurs manquent d'information en matière d'adéquation entre la puissance de traction et la capacité du matériel d'épandage. Ceci est très important parce que ça permet un gain important en matière de débit de chantier et de dose apportée à l'hectare. En effet, le manque de puissance peut entraîner, surtout si la parcelle est en pente, des surdosages (**photos 7 et 8**).



Photo 8 : Surdosage entraîné par un manque de puissance (en remontant la pente). (source FNCUMA)

Conclusion

Les exploitants agricoles en France prennent de plus en plus conscience de la pollution entraînée parfois par l'épandage des effluents d'origine animale. Cette prise de conscience se traduit par une volonté de connaître les quantités épandues à l'hectare, ainsi que la valeur fertilisante du produit pour l'intégrer dans le plan de fumure des parcelles. Elle est due à plusieurs facteurs d'ordre économique (réduction des apports d'engrais chimiques), écologique et réglementaire (réglementations européennes pour un meilleur respect de l'environnement).

Les observations réalisées par les CUMA permettent de connaître les pratiques d'épandage actuelles des exploitants agricoles (quantités épandues par rapport aux quantités souhaitées, les différents temps de travaux : chargement, transport et vidange, la date d'épandage, le compostage...), et d'agir, à l'avenir, dans le sens de leur amélioration. Ces observations ont également permis de constater qu'il ne s'agit pas uniquement d'améliorer les pratiques des exploitants, mais aussi les caractéristiques techniques du matériel livré sur le marché français. En effet, des améliorations s'imposent pour que ce matériel puisse répondre aux desiderata des utilisateurs : maîtrise de la quantité et de sa répartition au sol.

Les traitements des effluents

Les objectifs des traitements (plan détaillé de l'intervention)

François D'ANTHENAISE

Agence de l'eau Loire-Bretagne
avenue de Buffon, BP 6339
45063 Orléans Cedex
Tél. 38 51 73 73 - Fax 38 51 74 74

Introduction

En zone d'excédent, lorsque tout a été fait pour diminuer la pollution azotée et que celle-ci est encore importante, il faut d'autres solutions dont le traitement.

Quels sont les objectifs des traitements ?

Objectifs politiques

- La Directive Européenne..., on ne peut plus attendre
- La profession s'est engagée, la solution est pour dans deux ans
- Les programmes de résorption
- Les zones d'excédent structurel existent et les éleveurs ne sont pas prêts à remettre en cause leur système de production
- Reconquête de la qualité de l'eau des rivières et des nappes, pour un meilleur fonctionnement des milieux et en vue de la production d'eau potable.

Objectifs réglementaires en vue de la protection de l'eau

- Suppression des rejets directs
- Respect des règles d'épandage, notamment des distances aux cours d'eau, aux captages et des pressions d'azote à l'hectare.

Objectifs techniques

- Suppression des transferts d'ammoniac dans l'atmosphère
- Transformation en vue de l'exportation, si possible
- Valorisation sur place, utilisation à proximité
- Connaissance des rendements techniques et maîtrise des abattements.

Objectifs géographiques

- Priorité aux zones d'excédent structurel
- Permettre des regroupements de deux ou trois éleveurs
- Ne permettre les grandes unités collectives que sous certaines conditions d'apport et d'épandage.

Objectifs économiques

- Efficacité au meilleur coût (investissement)
- Coûts de fonctionnement ajustés à la situation économique des agriculteurs
- Rechercher l'équilibre économique sans subvention de fonctionnement.

Objectifs sur le produit lui-même

- Meilleure régulation des flux
- Amélioration des produits (connaissance, fiabilité...)
- Adapter les produits aux meilleures conditions d'épandage et aux meilleurs modes d'épandage.

Objectifs pour l'éleveur

- Adéquation Élevage - Produit - Épandage
- Implication personnelle de l'éleveur : épandage et livraison de l'effluent
- Adaptation de son plan d'épandage
- Optimisation Récupération - Traitement

Conclusion

Si le traitement est un moyen de pallier à un excès momentané d'azote, il doit d'abord être un outil au service de l'éleveur en vue d'une meilleure maîtrise de son épandage, dans un objectif collectif de protection de la qualité des eaux.

Quels traitements pour les effluents d'élevage ?

Types of what processes for animal wastes

Jean COILLARD

CEMAGREF, division *Qualité des eaux*
3 bis, quai Chauveau, CP 220, 69336 Lyon Cedex 09
Tél. 72 20 87 87 – Fax 78 47 78 75

Résumé. De par leur taille importante, de nombreux élevages hors-sol (notamment de porcs) sur lisier sont confrontés à des problèmes d'environnement. Ceux-ci sont liés à la difficulté de gérer rationnellement par épandage agricole leurs effluents. Le problème est amplifié dans des zones sensibles par les odeurs et dans certaines régions à forte concentration par les excédents d'éléments fertilisants qu'ils représentent. Les élevages doivent se mettre rapidement en conformité avec la réglementation.

Pour régler ces problèmes, on peut penser avoir recours à des techniques de traitement. Suivant le problème à régler et la situation géographique les solutions peuvent être individuelles ou collectives. Les principales techniques déjà validées ou encore en cours d'évaluation en France sont évoquées.

Le recours au traitement, qui dans bien des cas paraît inévitable, entraînera les « surcoûts ». Ceux-ci sont estimés en fonction des différentes techniques envisageables. Mais le système des redevances qui entre en vigueur sous peu, devrait permettre, par les aides normales qui en découleront, de financer plus facilement les investissements.

Le vaste programme d'aide à la recherche de procédés de traitements d'effluents d'élevage lancé par les Pouvoirs Publics (État, Régions, Collectivités locales) et mis en œuvre par les centres de recherche, entreprises privées, profession, contribue déjà largement à apporter des solutions à ce problème préoccupant.

Abstract. *Due to their important size, many intensive off-soil breeding on slurry (particularly pig) are facing environment problems. These latter are closely related to the difficulty of their rational spending on agricultural soils. In certain protected zones, it is even reinforced by odours emissions, and excess of fertilising components. Breeding must follow regulations.*

To solve these problems, individual or collective solutions for treatment are examined. Some are still at an experimental phases.

In many cases, treatment is necessary. The over costs are estimated for each technique, but new financing helps are in view. A large program to support research from public sources (État, Régions, Collectivités locales) intends to bring solutions to this very actual problem.

Introduction

Les élevages industriels de toutes espèces animales, et plus particulièrement de porcs, ont connu des augmentations de taille importantes ces dernières décennies, pour diverses raisons technico-économiques. Ils sont souvent « hors-sol » du point de vue de leur alimentation mais également de leurs déjections. Celles-ci se présentent pour la plupart sous forme liquide (lisier). Les quantités à gérer sont très importantes et peuvent atteindre plusieurs (dizaines de) milliers de m³ 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, suivant 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 mais souvent très médiatisés.
- La nouvelle réglementation des établissements classés, relative aux élevages va obliger ceux-ci à s'y conformer dans des délais courts.

C'est dans un tel contexte que l'on pense avoir recours à des techniques de traitement adaptées, pour résoudre les problèmes d'environnement qui se posent à ces élevages. Ce sont celles-ci qui font l'objet du présent exposé. Il convient de préciser au préalable, que dans tous les cas le traitement quel qu'il soit :

- devra permettre une gestion meilleure, voire différente de ces effluents,
- et ne dispensera pas d'avoir à gérer les produits (liquides ou solides) qui en sont issus.

Les élevages bovins laitiers produisent un autre type d'effluent issu de leur salle de traite appelé « **eaux blanches - eaux vertes** ». En ce qui concerne cet effluent, parmi les solutions possibles, différentes techniques de traitement spécifiques peuvent être envisagées en vue de permettre leur rejet « en rivière ». Plusieurs sont en cours d'étude actuellement. Constituant un sujet à part entière, elles ne seront pas développées dans cet exposé.

Problématique

Avant de proposer des solutions de traitement, il faut au préalable bien identifier les principaux types de problèmes que posent aux éleveurs les effluents. En général, c'est une difficulté de valoriser rationnellement par épandage agricole les effluents.

Il y a différents types de problèmes qui peuvent être aggravés par :

- les nuisances liées aux mauvaises odeurs,
- la pollution.

La valorisation agronomique rationnelle

C'est la voie d'élimination à rechercher en priorité. Elle 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 excellent moyen de fertilisation des cultures. Elle peut être rendue difficile, voire impossible, pour différentes raisons.

Valeur intrinsèque faible du fait de sa dilution

Celle-ci peut être naturelle (liée à l'aliment) ou liée à un mode d'exploitation des bâtiments (mode de distribution de l'aliment, gaspillage d'eau de lavage, de boisson).

Conséquence : dans une telle situation, l'éleveur aura tendance à se « débarrasser » de son lisier plutôt que de le gérer.

Manutention malaisée

Le problème se pose souvent dès l'évacuation des bâtiments et à la reprise avant épandage.

Conséquence : mauvaise pratique de l'épandage avec un produit de caractéristique variable.

Capacité de stockage insuffisante

L'éleveur ne peut utiliser le lisier au **bon moment** pour les plantes et le voisinage.

Conséquence : risques de pollution, nuisance.

Mauvaise adéquation entre le lisier et les cultures pouvant le recevoir

Ce problème peut être lié :

- à la forme liquide du produit qui le rend impropre à son épandage sur certaines cultures.
- à sa composition en éléments fertilisants (N.P.K.) qui ne correspond pas à celle des cultures,
- à la charge particulaire (matières en suspension) provoquant le salissement des cultures en place et interdisant l'épandage par les réseaux d'irrigation.

Plan d'épandage dispersé

Du fait de la taille atteinte par les élevages, les plans d'épandage nécessaires ont des surfaces importantes (plusieurs centaines d'hectares) et dispersées. Le transport du lisier, même de qualité, pose un problème économique (coût de transport et de main-d'œuvre).

Conséquence : certains éleveurs veulent pouvoir gérer différenciellement l'azote (et le potassium) dans une phase liquide et le phosphore dans une phase épaissie. Celle-ci pourra être évacuée sur les terrains les plus éloignés, compte tenu de sa plus grande valeur et de son faible volume.

Ces obstacles à la gestion rationnelle par épandage des lisiers se posent de manière générale et de plus en plus fréquemment. Ils peuvent être en plus aggravés par deux autres types de problèmes.

Les nuisances olfactives

De par leur forme liquide les lisiers sont des milieux anaérobies. La matière organique qu'ils renferment se dégrade dans ces conditions, par voie biologique, et donne naissance à des composés odoriférants (hydrogène sulfuré, mercaptans, amines, acides gras volatils, etc.). Les mauvaises odeurs se produisent essentiellement au moment de l'épandage mais proviennent aussi parfois du voisinage de l'élevage (odeurs des bâtiments, du stockage).

Conséquence : elles peuvent dans certaines zones sensibles :

- réduire les surfaces d'épandage,
- bloquer la création de certains élevages, voire leur extension.

Le problème des excédents

Dans cette situation, qui n'exclut pas pour autant d'être également confronté à certaines des situations déjà évoquées, la valorisation agronomique rationnelle n'est plus possible puisque les surfaces disponibles sont insuffisantes et les besoins des cultures qui s'y trouvent ne permettent pas de recevoir et d'exporter les éléments fertilisants apportés par ces déjections.

Une telle situation, si l'on n'y remédie pas, peut porter un préjudice grave au milieu naturel :

- pollution des nappes par les nitrates, par percolation,
- eutrophisation dans les eaux de surface (rivières, mer) du fait d'écoulements directs d'azote et de phosphore,
- pollution bactérienne : par exemple, des élevages de coquillages en zone côtière.

Ce problème se pose de plus en plus fréquemment localement du fait de l'augmentation de taille des unités d'élevage. Il est amplifié par la concentration géographique des élevages dans certaines zones.

Les **excédents individuels** peuvent se rencontrer dans toutes les régions ayant de grands élevages.

Dans les régions à forte concentration, la somme des excédents individuels constitue des **excédents structuraux**. On les trouve dans certaines régions de Bretagne où cohabitent diverses espèces animales (bovins, volailles, porcs) d'Espagne (Catalogne).

Ils peuvent concerner des pays entiers : Pays-Bas, Danemark, Allemagne du Nord.

Tels sont présentés, de manière schématique, les grands types de problèmes posés par les effluents d'élevage dans les pays développés d'Europe. Nous allons évoquer maintenant les moyens à mettre en œuvre pour tenter de les résoudre.

Comment aborder le traitement des effluents d'élevage ?

La diversité et parfois la complexité des situations font que ces problèmes sont difficiles à résoudre. Ils mettent en œuvre des **moyens techniques de traitement** mais également dans certaines régions, nécessitent la mise en place d'une stratégie de résorption des excédents.

Dans les régions de faibles concentrations, le traitement sera de type individuel (à la ferme).

La résorption des excédents collectifs (structuraux)

Dans les régions de forte concentration les solutions pourront être individuelles mais raisonnées **collectivement** et/ou collectives. En effet, il faudra tout d'abord définir quels produits et quelles quantités traiter, et gérer les produits issus du traitement (substitution aux engrais minéraux, exportation/commercialisation) pour leur assurer un débouché viable. Dans les régions d'excédents, ce fait est rarement imputable à une seule espèce animale mais bien plus souvent à plusieurs.

Les déjections se présentent soit :

- sous forme solide : fumier (bovins, volailles de chair), fientes sèches (poules pondeuses),
- sous forme liquide : lisiers (de porcs mais aussi de bovins, de veaux de boucherie).

La logique d'une résorption collective des excédents voudrait que l'on se préoccupe prioritairement des déjections solides. En effet, celles-ci, après un traitement minimum de stabilisation (compostage semi-collectif ou collectif) permettraient de déplacer plus facilement déjà des quantités importantes d'éléments fertilisants excédentaires sous un volume réduit. Les déjections liquides qui contribuent à ces excédents, pourraient alors trouver des débouchés sur les surfaces agricoles ainsi libérées. Ce n'est que dans le cas où les lisiers seraient encore excédentaires qu'il faudrait envisager leur traitement.

Cette approche collective de la résorption des excédents régionaux, pour séduisante qu'elle apparaisse, sera très difficile à mettre en pratique. En effet, elle concerne les « filières » différentes, parfois concurrentes et ne concernent pas les mêmes acteurs. C'est pourquoi dans certaines régions où les **lisiers de porc** sont majoritaires, il n'est pas aberrant d'envisager une stratégie de résorption collective, qui leur soit propre.

En ce qui concerne les acteurs de la **filière porc** en Bretagne (groupements de producteurs, coopératives, éleveurs, industriels de l'agro-alimentaire amont et aval), ceux-ci sont parfaitement conscients de l'impact négatif de leur filière sur l'environnement, dans certaines régions. Ils fondent beaucoup d'espoir sur des solutions de type traitement pour régler ce problème. Cela permettrait de maintenir cette activité, vitale pour cette région, voire lui autoriser encore certaines perspectives d'évolution.

Si cette stratégie échouait, il ne resterait plus alors ; comme alternative, que la désintensification, passant par la délocalisation de cette activité, dans d'autres régions françaises, voire à produire ailleurs qu'en France. Mais des pays entiers (Danemark, Pays-Bas) sont concernés par ce problème. Compte tenu de l'intensification de la filière porc dans ces pays, ils sont condamnés à réussir dans cette voie (Coillard, 1989 ; Agence danoise de l'énergie, 1989).

Parmi les techniques de traitement envisageables pour les lisiers (Coillard, 1990) :

- certaines peuvent être de type destructif : élimination biologique de l'azote,
- d'autres de type extractif : elles sont basées sur des procédés physiques ou physico-chimiques.

De telles solutions sont plus difficilement envisageables sur des déjections solides. Ceci explique que l'on se préoccupe de vouloir traiter les déjections liquides.

Deux manières d'envisager le traitement collectif des effluents liquides

Traitement collectif décentralisé

Les unités de traitement sont à la ferme. Le liquide traité sera épandu sur place. Seuls les solides issus du traitement sont transportés sur un site de conditionnement centralisé (problème de commercialisation). Cette solution minimise les coûts de transport.

Les produits solides issus de ces installations à la ferme pourraient rejoindre les sites de traitement collectifs des déjections solides pour y être traités conjointement.

Traitement collectif centralisé : usines de traitement

Dans ce cas, le lisier est transporté des élevages vers le site de traitement. Cela engendre des coûts de collecte. Compte tenu des volumes concernés, l'effluent traité devra pouvoir être rejeté dans le milieu naturel (rivière). Son niveau d'épuration devra donc être très élevé.

Les moyens pour prévenir et maîtriser les pollutions dues aux élevages : les techniques de traitement

Mesures préventives

Produire un lisier de qualité et pouvoir bien le gérer

Que pour permettre leur bonne gestion, les effluents produits par un élevage doivent subir ou non un traitement, quel qu'il soit, il convient de prendre en compte et de respecter un certain nombre de dispositions préalables. En effet, il faut chercher à rejeter la moindre

charge possible, sous un volume réduit et être capable d'utiliser un produit de qualité constante. En plus de tous les efforts entrepris sur la qualité des aliments utilisés (digestibilité meilleure et complémentation minérale optimisée).

Cela passe par :

– La limitation de gaspillage sur eaux de boisson (**photo 1**) : le mode de distribution de l'aliment est important à cet égard,

– L'évacuation rapide des déjections du bâtiment : cette pratique est favorable pour l'obtention d'un lisier de qualité constante et de meilleures conditions environnementales (conditions d'ambiance pour les animaux, bâtiments moins nuisants pour le voisinage).

– La mise à disposition d'une capacité de stockage permettant d'épancher aux bonnes périodes (durée de stockage : quatre mois, en pratique supérieure à 6/8 mois).

– L'obtention d'un lisier homogène et de qualité connue. Pour cela, la fosse doit être équipée d'un dispositif de brassage (**photo 2**) et l'on doit disposer d'un matériel d'analyse rapide de l'azote (Quantofix, par exemple).

– La maîtrise des doses épandues et des odeurs (matériel d'épandage au ras du sol, rampes et pandillards, enfouisseurs, etc.).



Photo 1 : L'eau de boisson ne doit pas être gaspillée. Parmi les solutions : le nourrisoupe.
(photo CEMAGREF, J.Coillard)

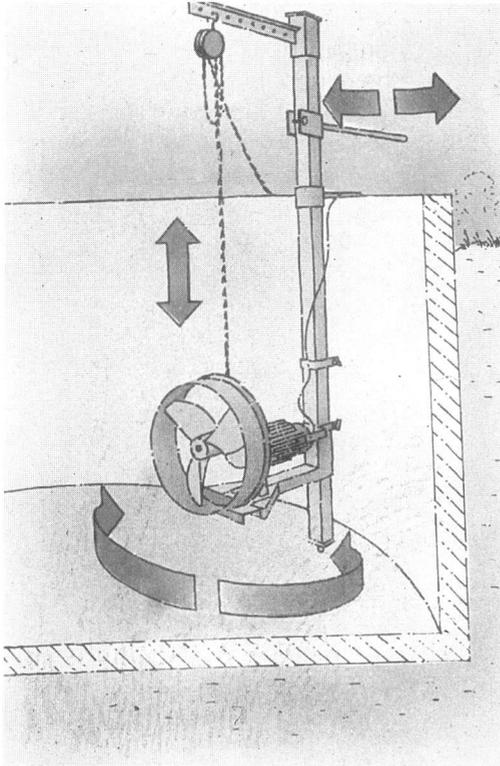


Photo 2 : **Pour permettre la reprise d'un lisier homogène : le brasseur immergé.**
(photo CEMAGREF, J. Coillard)

Aide à la gestion (ou au traitement) : prétraitement de séparation de phases

Une gestion différente : le tamisage (photo 3)

Dans le cas où la durée de stockage est très longue, afin de réduire les problèmes de dépôts et donc de reprise difficile, on peut envisager une séparation mécanique de phase : **tamisage**.

– Le refus de type « compost » se gère comme un fumier, sans odeur.

– Le liquide allégé est facile à reprendre. Il peut également être utilisé en irrigation fertilisante, passer dans les réseaux et être épandu avec le matériel d'aspersion. Le tamisage peut être également considéré comme une étape de prétraitement préparant le lisier à des étapes suivantes de traitement.

Une gestion différenciée : la décantation gravitaire

Elle peut être recherchée et réalisée dans un ouvrage spécifique (**décanteur**) ou dans la fosse de stockage elle-même. L'éleveur peut ainsi gérer à des saisons différentes :

- une phase épaissie décantée et riche en phosphore, en fumure de fond,
- une phase allégée (surnageant) contenant l'essentiel de l'azote minéral et le potassium.

Un tel dispositif est à l'étude au LEPA de Caulnes (22) par le CEMAGREF.

Une autre forme de déjection

Un dispositif de type bâtiment sans lisier (séparation urine-fèces) est en cours d'étude au Lycée Agricole de Quimper/Breholou par le CEMAGREF (Coillard, 1990). Une toile



Photo 3 : **Le tamisage du lisier présente de nombreux avantages**
(*tamis limpia*). (photo CEMAGREF, J. Coillard)

filtrante mobile, disposée sous caillebotis, intercepte les fèces et laisse passer les urines. Les deux produits sont récupérés séparément. La répartition pondérale entre le solide frais et les urines seraient de 50 % - 50 % ; 65 % de l'azote et 95 % du phosphore se retrouvent dans les fèces (Dobbelaere, 1988). Une gestion différenciée de ces deux produits est possible. Le solide peut être exporté de la zone excédentaire et contribuer ainsi à régler les problèmes d'excédents d'azote.

Ce procédé intéressant s'adresse principalement aux nouvelles constructions. Il ne pourra s'intégrer que plus difficilement dans les bâtiments existants. Il entraîne un surcoût sur le bâtiment et oblige à manutentionner des solides. Il nécessitera aussi sans doute une stabilisation (maturation) des fèces pour les rendre non nuisantes.

Mesures curatives : principaux procédés de traitement

Lutte contre les nuisances : suppression des odeurs du lisier

Stockage aéré (photo 4) - (Coillard, 1978)

Il est réalisé à l'aide d'aérateurs de surface, de lit bactérien, de système d'injection d'air, disposés dans la cuve de stockage du lisier. Cette technique est bien adaptée à des durées de stockage relativement courtes et à des volumes de stockage faibles (< à 1000 m³). Dans le cas d'un volume plus important, l'efficacité de l'aérateur pourra être renforcée par l'action synchronisée d'un brasseur. Le pilotage de l'aérateur par sonde REDOX peut permettre l'optimisation des coûts de fonctionnement.

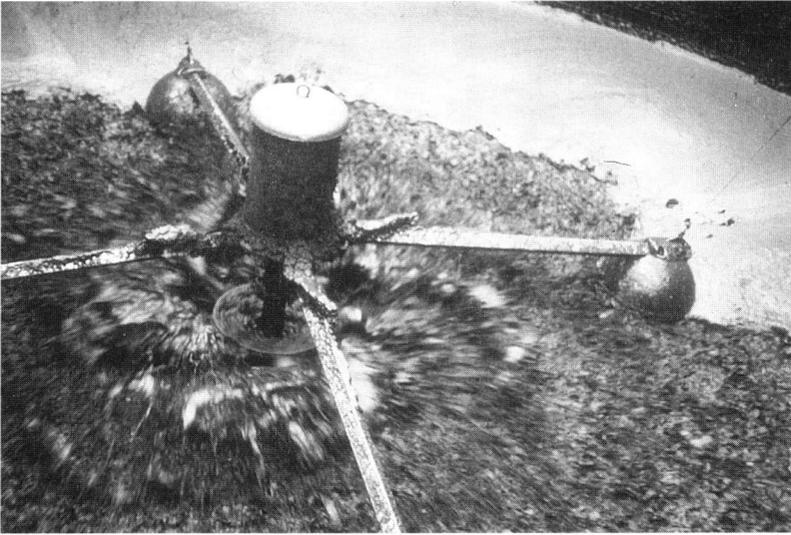


Photo 4 : Le stockage aéré permet une très bonne désodorisation.
(photo CEMAGREF, J. Coillard)

Stabilisation aérobie mésophile avant stockage (photo 5)



Photo 5 : La stabilisation avant stockage est également très efficace pour supprimer les odeurs du lisier. *(photo CEMAGREF, J. Coillard)*

Cette technique connue sous le nom de LICOM II a été commercialisée par ALFA LAVAL. Nécessitant un tamisage en tête, elle pouvait être mise en œuvre de préférence lorsque la durée du stockage était très longue. Le traitement aérobique est réalisé dans des cuves spécifiques, disposées avant le stockage.

Dans les deux cas, la désodorisation du lisier est complète. Elle peut être obtenue par une dépense électrique de l'ordre de 100 Wh/porc/jour. L'abattement à l'azote consécutif au traitement de désodorisation peut atteindre 30 voire 40 %, essentiellement par volatilisation de l'azote ammoniacal. Le lisier ainsi traité peut être épandu sans risque de pollution sur un plan d'épandage réduit d'autant. Ces deux techniques, déjà anciennes, sont remises au goût du jour en utilisant de nouveaux matériels de séparation de phase et d'aération plus performants. Une bonne désodorisation des bâtiments peut même être obtenue en faisant circuler le lisier ainsi traité dans les caniveaux des bâtiments (« FLUSHING DÉSODORISANT »).

Réduction des volumes à gérer : concentration ou transformation en « compost »
(photo 6)

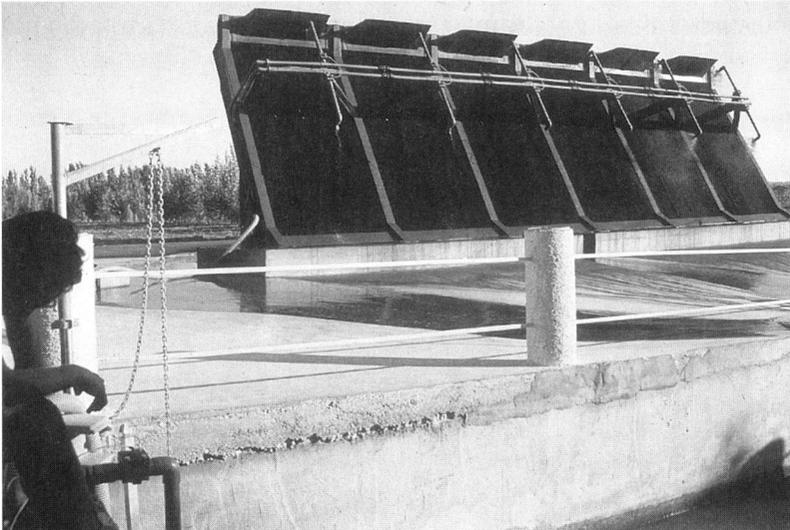


Photo 6 : Parmi les dispositifs en cours d'étude : le procédé **NUCLÉOS** est un procédé d'évaporation naturelle. (photo CEMAGREF, J. Coillard)

Le procédé original d'évaporation naturelle **NUCLÉOS** est en cours d'évaluation par le CEMAGREF et le CRITT-VERSEAU de Montpellier dans un élevage du midi méditerranéen à Murviel-lès-Béziers (34). Il consiste, après un prétraitement de séparation de phase (tamisage, centrifugation...), à envoyer le liquide à évaporer, par aspersion, sur des panneaux. Ceux-ci présentent une grande surface spécifique (200 m²/m³). L'importance de la surface mouillée permet une évaporation importante. On peut ainsi espérer

concentrer le lisier deux ou trois fois, voire obtenir seulement une phase solide de type « compost ».

Compte tenu des caractéristiques du produit à traiter et de la vulgarisation possible du procédé en zone de forte concentration d'élevage, le système doit faire la preuve en plus à des capacités évaporatoires, de ses possibilités de fonctionner sans nuisances olfactives, sans risque sanitaire et avec le minimum de perte d'azote ammoniacal dans l'atmosphère. L'évaluation de l'unité pilote se déroulera sur l'année 1994.

La suppression des excédents (d'azote et de phosphore)

Procédés individuels (à la ferme)

Ils mettent tous en œuvre le processus biologique d'élimination de l'azote par **nitrification/dénitrification** et ce de manière plus ou moins intensive. Plusieurs procédés conçus par le CEMAGREF sont en cours d'étude.

Procédé SOLEPUR

Il utilise le pouvoir nutritif du sol de manière intense pour oxyder l'azote ammoniacal des lisiers.

Procédé par lagunage (photo 7)



Photo 7 : Un procédé extensif d'élimination de l'azote et désodorisation par lagunage : (conception CEMAGREF).

(photo CEMAGREF, J. Coillard)

Il s'agit d'un procédé extensif. Une unité basée sur ce principe est implantée dans un élevage de 600 truies naisseur-engraisseur à Polliat dans l'Ain (01). L'objectif est de désodoriser et d'éliminer la moitié de l'azote du lisier par un traitement naturel. L'emprise au sol est importante (environ un hectare) mais le coût de fonctionnement est pratiquement nul. Son évaluation en cours se déroule sur trois ans (1993-1995).

Procédé intensif d'élimination de l'azote par nitrification-dénitrification (LPA de Caulnes) (photo 8)



Photo 8 : **Procédé intensif d'élimination de l'azote et de désodorisation** (conception CEMAGREF) (photo CEMAGREF, J. Coillard)

La cuve de traitement (**réacteur « infiniment mélangé »**) est alimentée avec du lisier (complet ou tamisé). Elle élimine 65 % de l'azote. Le lisier traité est également désodorisé et stabilisé. Ainsi la totalité du lisier produit par l'élevage peut être utilisée après traitement sur un plan d'épandage très réduit. Les résultats obtenus à ce jour sont satisfaisants. Ce procédé devrait être mis au point définitivement d'ici un an et vulgarisé rapidement.

Autres procédés

Élimination poussée de l'azote par nitrification/dénitrification.

- Le pilote OTV à Yffiniac (22),
- L'installation Agroclar à Andel (22) (**photo 9**).

Ces deux installations pilotes ont été réalisées en 1990. Les procédés utilisés sont extrapolés de ceux mis en œuvre dans les stations d'épuration, sur d'autres effluents. Ils sont adaptés pour traiter du lisier.



Photo 9 : **L'élimination poussée de l'azote : le procédé AGROCLAR.**
(photo CEMAGREF, J. Coillard)

Ces unités expérimentales ont permis de confirmer :

- la possibilité de fonctionner avec un effluent concentré, riche en ammoniac (3-4 g/l), sans dilution, de manière stable,
- de connaître les performances d'élimination de l'azote en conditions hivernales et d'établir les cinétiques de nitrification/dénitrification,
- de s'assurer de la possibilité d'une bonne dénitrification,
- d'établir des bilans précis : bilans matières, énergie, et de déterminer les coûts de fonctionnement.

Des installations à la ferme basées sur les mêmes procédés (bassin unique ou bassins séparés) peuvent d'ores et déjà voir le jour. Néanmoins la qualité de l'effluent traité ne permet pas d'envisager son rejet direct « en rivière ». Celui-ci doit donc être stocké. Mais il peut être épandu sur le plan d'épandage réduit disponible.

Mais les boues en excès produites par le traitement sont volumineuses. Elles représentent plus de la moitié du volume du lisier initial et contiennent encore 30 % de l'azote initial. Leur gestion, ou leur exportation, seraient facilitées par la réduction de leur volume. Malheureusement, les matériels de déshydratation mécanique adaptés (centrifugeuses) sont très chers et de ce fait quasiment inaccessibles. Les boues biologiques en excès (avec les refus du prétraitement) contiennent également plus de 90 % du phosphore du lisier. Il faudra à l'avenir se préoccuper également de cet élément et sans doute envisager son exportation.

Élimination poussée de l'azote – exportation du phosphore (photo 10)



Photo 10 : L'élimination poussée de l'azote et l'exportation du phosphore :
l'installation Ternois Épuration à Castelnaudary (à la C.A.L.).
(photo CEMAGREF, J. Coillard)

Une installation en vraie grandeur d'une telle filière a été réalisée à la Coopérative Agricole Lauragaise (CAL) à Castelnaudary (11), (Coillard et Texier, 1993). Elle constitue à ce jour une première en France et elle pourra servir de référence pour les nombreux élevages bretons qui sont dans une situation semblable. Elle comprend deux étapes principales :

- une séparation de phase poussée de type floculation centrifugation traitant conjointement le lisier et les boues biologiques en excès. Elle délivre un refus solide.
- un traitement biologique d'élimination de l'azote de type nitrification/dénitrification. L'effluent traité est stocké avant d'être épandu sur la surface disponible.

Cette installation fait l'objet d'un suivi d'évaluation par le CEMAGREF et l'ITP en 1993/1994.

La suppression des excédents (d'azote et de phosphore)

Les procédés collectifs

Gestion collective : banques de lisier (Coillard, 1978)

Avant de penser au traitement collectif, on peut rechercher des solutions d'échange de lisiers entre producteurs et utilisateurs de type **banque de lisier**, à l'image de ce que font

les Pays-Bas. Une tentative a été faite en Bretagne dans les Côtes d'Armor à Plenay-Jugon d'implanter ce type de pratique. Cette banque ne fonctionne plus actuellement.

Un système équivalent a été mis en place et fonctionne de manière satisfaisante en Tarentaise dans le Beaufortin près de Bourg-Saint-Maurice pour des élevages bovins laitiers. La création de fosses de stockage de grande capacité dans les élevages, l'achat et la mise en œuvre de véhicules de transport routier en CUMA permettent aux éleveurs d'évacuer leurs déjections vers des lieux d'utilisation (compostage centralisé, pistes de ski, etc.).

Compte tenu de la dilution naturelle du lisier de porc en l'état, cette solution d'échange ne peut constituer une réponse satisfaisante en Bretagne du fait des distances importantes sur lesquelles il faudrait transporter le lisier (plusieurs centaines de kilomètres) pour résoudre ainsi le problème des excédents.

Le traitement collectif : une solution dans les régions de forte concentration ?

Unités centralisées basées sur des procédés biologiques

Différents procédés biologiques ont été expertisés dès 1988. Le procédé biologique présenté par OTV avait été reconnu comme le plus intéressant. Il a fait l'objet du pilote évoqué plus haut. Mais l'unité centralisée en vraie grandeur basée sur ce procédé n'a pas été réalisée dans les Côtes d'Armor.

Unités collectives basées sur des procédés non biologiques

En septembre 1991, un concours d'idées a été lancé par Bretagne/Eau pure. Il était basé sur la recherche de procédés collectifs non destructifs et non essentiellement biologique. Il en est ressorti deux procédés innovants qui sont en cours d'étude.

Procédé AVDA (ENSCR-SAUR-TIMAC-COOPAGRI) (photo 11)

De type centralisé (50 000/100 000 t/an), il est basé sur la co-précipitation de l'azote ammoniacal du lisier sous la forme de phosphate ammoniaco-magnésien (précipité minéral). Ce procédé a fait l'objet d'un pilote d'évaluation qui a donné satisfaction. Une réalisation en vraie grandeur va être mise en place dans le Morbihan à St Jean-Brevelay en 1994. Toutefois le coût des réactifs chimiques nécessaires à la précipitation (acide phosphorique et magnésie) est assez élevé. Cela oblige à vendre le coproduit minéral à un prix élevé pour réduire le coût du traitement.

Procédé SIRVEN (SIRIAL-EVEN) (photo 12)

Il s'agit d'un procédé de séchage thermique du lisier. Il est le type collectif décentralisé : un dispositif de séchage équipera chaque élevage. L'effluent traité devrait avoir une

qualité proche d'une « eau distillée ». Seule la gestion des coproduits secs est centralisée en vue de leur conditionnement avant commercialisation. Une unité pilote (24 m³/j) est en cours d'installation dans le Finistère à Sizun (29). Elle devrait commencer à fonctionner début 1994.

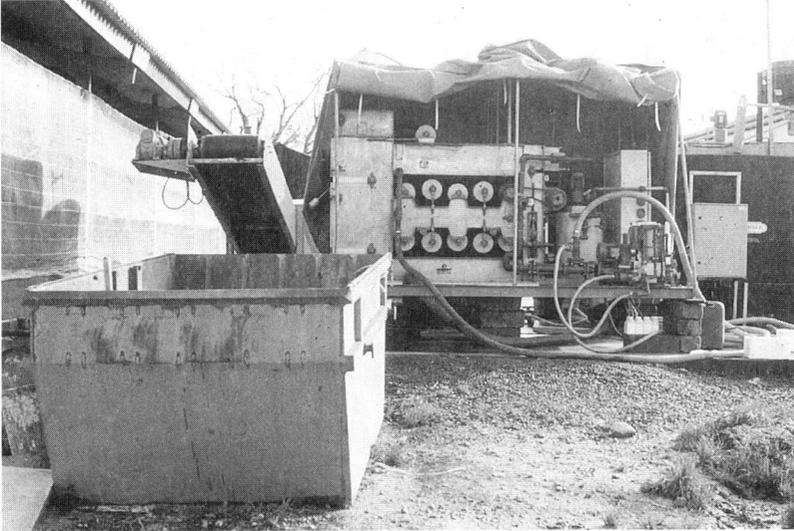


Photo 11 : **Le traitement en unité centralisée : le procédé AVDA (École de Chimie de Rennes/ SAUR/TIMAC/COOPAGRI).**
(photo SAUR)



Photo 12 : **Le traitement collectif : le procédé thermique SIRVEN.**
(photo CEMAGREF, J. Coillard)

Voici donc présentés les principaux dispositifs de traitement validés pour certains ou en cours d'évaluation pour d'autres, susceptibles d'apporter une solution aux élevages industriels confrontés à des problèmes d'environnement.

Les coûts = les « surcoûts » liés au traitement

La bonne gestion des effluents d'élevage (avec ou sans traitement) entraîne un coût pour l'éleveur. Il peut être minimisé (voire annulé ou peut devenir négatif ?) par le bénéfice retiré du bon usage des déjections (traitées ou non). S'il s'agit :

- d'épandage direct : par l'économie d'engrais minéraux qui en découle,
- de traitement/exportation : par la vente sous forme d'engrais et d'amendement des coproduits issus du traitement.

Dans tous les cas, la protection de l'environnement est assurée et la collectivité y trouve un avantage non chiffrable. Mais il est bien évident que plus le bon respect de l'environnement nécessite d'avoir recours à des traitements poussés, plus le « **surcoût** » lié à ceux-ci sera important et donc également le **coût global** d'une bonne gestion.

A titre d'exemple, les surcoûts d'investissement et de fonctionnement (ramenés au m³ de lisier brut traité) :

- pour la désodorisation biologique (stockage aéré et stabilisation aérobie) s'élèvent à : **10/20 F/m³**,
- pour le traitement intensif de l'azote (procédé type LEPA de Caulnes) : **# 30 F/m³**,
- pour un traitement poussé de l'azote et exportation du phosphore (procédé type « CAL ») : **# 50 F/m³** (dans ce cas le coût de l'exportation du phosphore n'est pas comptabilisé),
- traitement collectif incluant le conditionnement des coproduits ainsi que les différents frais d'approche : **# 100 F/m³** (ces coûts pourront être fortement abaissés si la revente des coproduits est bien assurée).

Dans le contexte économique actuel, la plupart de ces surcoûts seraient difficilement supportables s'ils devaient être payés intégralement par les éleveurs.

La mise en place récente de l'accord entre la profession agricole et l'État sur le principe des redevances (**pollueur = payeur et non pollueur = non payeur**) devrait permettre aux éleveurs devant s'équiper des dispositifs de traitement de bénéficier d'aides à l'**investissement** (subventions et prêts bonifiés).

Un tel système fonctionne avec satisfaction depuis de nombreuses années dans le bassin Rhône/Méditerranée/Corse pour les élevages de porcs.

Les coûts de fonctionnement resteront à la charge des exploitants. C'est pourquoi, il faut rechercher des procédés peu coûteux sur ce point (économiques en énergie, en maintenance et en main-d'œuvre), voire des coproduits à haute valeur et commercialisables.

Conclusion

De nombreux élevages hors sols ont un effort important à faire pour se mettre en conformité avec la réglementation visant à la protection de l'environnement et cela dans un temps relativement court (cinq ans maximum). Si, pour cela, ils doivent avoir recours à des techniques de traitement, ils ont déjà à leur disposition un certain nombre de solutions validées pouvant répondre à leurs problèmes. De nombreux travaux de recherche sont en cours sur des procédés aptes à répondre à d'autres problématiques. Certains ont fait l'objet de cet exposé. Un travail important reste à réaliser pour offrir une « **panoplie** » complète de solutions.

Les pouvoirs publics : l'État (ministère de l'Agriculture : DERF et DEPSE, ministère de l'Environnement : mission « eau/nitrate », CORPEN, ADEME) ; les régions (Bretagne, programme Bretagne/Eau pure ; Rhône/Alpes et Languedoc/Roussillon). Les collectivités locales (conseils généraux,...) aident de manière conséquente et cohérente les travaux de recherche et de mise au point des procédés de traitement. Cet effort devra être maintenu pour pouvoir les mener à bien. Les centres de recherche (CEMAGREF, INRA, École de Chimie de Rennes), les instituts techniques et les Chambres d'Agriculture participent activement à la conception, la mise en place et l'évaluation des différents procédés.

De nombreuses sociétés privées s'investissent également dans ce domaine avec des procédés souvent innovants (voir le concours d'idées, Bretagne/Eau pure). Les techniques de traitement semblent devoir être à l'avenir un moyen incontournable pour permettre de bien gérer les effluents de nombreux élevages. Ce sera le tribut à payer pour le respect de l'environnement. Les aides liées au paiement des redevances devraient permettre de rendre leur coût supportable.

Il conviendra également de former le personnel d'encadrement qui aidera les éleveurs :

- à définir leurs besoins,
- à choisir les procédés adaptés à leur problème,
- à faire fonctionner les systèmes,
- à s'assurer de leur efficacité.

Références bibliographiques

- COILLARD J., VASSEUR J., 1978. La désodorisation du lisier du porc par stockage aéré. Étude d'une installation témoin. *CNEEMA B.I.*, n° 242/243, pp. 23-28.
- COILLARD J., 1978. Voyage d'études sur les « banques de lisier » en Pays-Bas. *CNEEMA B.I.*, n° 249, oct. 1978, pp. 37-46.
- DOBBELAERE A., 1988. Séparation des constituants du lisier d'une porcherie d'engraissement. *Revue de l'Agriculture*, n° 1 vol. 41, janv./fév., 1988, pp. 165-182.
- Attaché agricole – Ambassade de France aux Pays-Bas, mai 1988. *Le problème du lisier aux Pays-Bas*. Bulletin d'information agricole, 52 p.
- Agence danoise de l'énergie, sept. 1989. *Rapport intermédiaire du comité de coordination des centres collectifs des producteurs de biogaz*. 22 p.

**Les aspects
économiques**



Pratiques agricoles et respect de l'environnement : Quelle insertion dans l'exploitation ?

Cost of sustainable agricultural practices at the scale of a farm

Philippe JANNOT (1), Nadine TURPIN (2)

CEMAGREF, division *Production et économie agricoles*

(1) groupement d'Antony - BP 121, 92185 Antony Cedex

Tél. (1) 40 96 61 21 - Fax (1) 40 96 60 36

(2) groupement de Rennes - 17, av. de Cucillé, 35044 Rennes

Tél. 99 28 15 15 - Fax 99 33 29 59

Résumé. Depuis plusieurs années déjà, se mettent en place, en France comme en Europe, un certain nombre de mesures visant à inciter les agriculteurs à adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement. Des solutions techniques existent et sont nombreuses. Ce texte présente, sur quelques exemples de travaux du CEMAGREF, comment elles peuvent s'insérer dans les exploitations agricoles.

Les problèmes d'environnement qui se posent en élevages intensifs comme en grandes cultures sont surtout liés à la gestion des fertilisants et en particulier de l'azote. La gestion des déjections animales et des intercultures est envisagée. Ont été successivement étudiés la limitation des fuites en bâtiment d'élevage, la réduction des gaspillages en alimentation et en eau, le raisonnement de l'épandage et de la fertilisation, l'introduction de cultures intermédiaires pièges à nitrates et la couverture des jachères.

Les exploitations présentées ont été modélisées à partir des informations données par l'agriculteur. Différentes simulations d'évolution ont alors été réalisées : les conséquences sur l'environnement des pratiques améliorantes introduites dans ces simulations ont été estimées d'après la bibliographie. Les résultats ont été discutés avec les agriculteurs.

Ces nouvelles pratiques réduisent la pression polluante sur les surfaces de l'exploitation et compensent la vulnérabilité pédoclimatique ; mais elles ont aussi des conséquences sur l'organisation du travail et sur les résultats économiques de l'exploitation.

Différentes méthodes d'analyse de la rentabilité économique ont été mises en œuvre. Elles reposent toutes sur la connaissance des processus techniques utilisés dans l'exploitation et permettent d'intégrer la diversité des exploitations.

Abstract. For several years many measures have been developed, in France as in Europe, for urging farmers to adapt environmentally friend practices. Actually a great number of technical solutions can be applied. The subject of this paper is to describe, from some examples of Cemagref studies, how these solutions can fit into the farms.

The environmental problems in intensive animal husbandry, as in arable farms, are mainly related to an inappropriate management of nutrients into the farms, and especially of nitrogen. The best management practices (BMPs) implemented here deal with animal waste management and cropland protection. The studied BMPs are limiting leaks in livestock buildings, reducing food and water wastes, reasoning spreading and fertilizing, introducing catch crops and covering fallow lands.

The studied farms have been modelled using informations supplied by the farmer of his own. Several simulations have been done : the consequences on environment of the BMPs proposed in these simulations have been evaluated from literature. The results have then been discussed with the farmers.

The BMPs aim to reduce the polluting pressure in farm lands and to make up for pedoclimatic sensitivity, but they also have consequences on work organisation and economic results of the farm.

Several analysis methods of economical profitability have been implemented. All of them are based on a accurate knowledge of technical processes and allow to take the variety of farms into account.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années déjà, se mettent en place, en France comme en Europe, un certain nombre de mesures visant à inciter les agriculteurs à adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement. Ces mesures sont d'ordre législatif et réglementaire (code de bonnes pratiques agricoles de la directive nitrates, législation installations classées, récemment arrêté d'application de la loi relative à la lutte contre la pollution des eaux, etc.) ou prises à l'initiative des professionnels ou des acteurs locaux (programme Bretagne/Eau pure, opérations Ferti-mieux, etc.).

Il existe de nombreuses solutions techniques permettant une meilleure maîtrise des pollutions d'origine agricole. Ils s'agit d'étudier comment ces solutions techniques peuvent être intégrées dans les systèmes d'exploitation, comment elles peuvent être adoptées par les agriculteurs, et quels coûts (ou quelles économies) elles induisent. Nous allons donc présenter quelques démarches mises en œuvre au CEMAGREF, qui permettent d'appréhender les conséquences techniques et économiques de telles mesures.

GESTION DES DEJECTIONS ANIMALES DANS DES EXPLOITATIONS D'ELEVAGE

Les problèmes d'environnement qui se posent en élevage sont surtout liés à la gestion des déjections animales. L'idée que ces déjections sont un fertilisant qu'il faut gérer au mieux (et pas un déchet dont il suffit de se débarrasser) est maintenant généralement admise.

Cette gestion doit prendre en compte la variabilité spatiale. Pour un territoire donné, interviennent :

- Les facteurs du milieu : la pédologie, la topographie (position, pente, exposition, altitude, etc.), le climat. Ces facteurs déterminent la vulnérabilité du territoire.
- Les systèmes de culture, qui imposent un certain nombre de contraintes : besoins des plantes, dates d'intervention souhaitables.
- La **pression polluante**, qui est ici la quantité d'engrais (organiques et minéraux) épandue sur le territoire, mais aussi les dates d'apport et la forme de l'azote apporté.

Pour une exploitation, l'unité de gestion est la parcelle culturale. Il faudra raisonner plus finement la pression polluante sur les parcelles vulnérables, afin de limiter le risque de pollution à court terme. A moyen terme, le système de culture doit être raisonné, pour réduire la vulnérabilité du milieu. On peut aussi raisonner sur un territoire plus vaste. Par exemple, sur un bassin versant peu vulnérable avec une densité d'élevages faible (pression polluante peu importante) on pourra conseiller aux agriculteurs d'épandre les déjections animales sur le bassin, tandis que sur un bassin vulnérable avec une densité importante d'élevages, il faudra plutôt envisager d'épandre ces déjections hors du bassin versant.

Une fois la vulnérabilité déterminée, les améliorations viseront toutes à diminuer la pression polluante. Pour estimer les conséquences de ces améliorations, nous avons modélisé :

- la surface nécessaire à l'épandage des déjections,
- la distance moyenne des parcelles d'épandage en fonction :
 - . du volume à épandre et de sa teneur en azote,
 - . de la dose apportée à l'hectare,
 - . du pourcentage de la surface qui peut recevoir des déjections animales.

Nous en déduisons, en tenant compte des caractéristiques du matériel d'épandage :

- la durée totale du chantier,
- le coût total d'épandage, que nous pouvons mettre en relation avec les économies ou les surcoûts induits en amont de l'épandage pour l'amélioration.

Limitation des fuites en bâtiment d'élevage

Prenons comme exemple, une exploitation, que nous appellerons A, élevant 50 vaches laitières et la suite sur 50 ha. Les animaux sont rentrés quatre mois par an, ce qui correspond à la production de 270 tonnes de fumier. Ce fumier est épandu au printemps à raison de 30 tonnes par hectare sur 9 hectares à implanter en maïs. Cette pratique nécessite deux jours de travail et coûte 8 800 F.

Supposons que l'éleveur, en effectuant des travaux sur ses bâtiments, puisse récupérer 500 kg d'azote (ce qui correspond à 90 tonnes de fumier) :

- il va falloir épandre ce fumier, ce qui va prendre cinq heures de travail supplémentaire et coûter 560 F,
- en contrepartie, l'économie de 500 kg d'azote minéral représente 1 600 F.

Si les travaux nécessaires à cette amélioration, amortis sur vingt ans, ont un coût total inférieur à 20 800 F, cette opération est alors intéressante économiquement.

Limitation des gaspillages en alimentation pour limiter les stocks de déjections

Notre exemple sera un élevage naisseur-engraisseur (exploitation B) de 200 truies, sur 50 hectares. Cet élevage produit 4 000 m³ de lisier par an (soit 20 000 kg d'azote). L'éleveur installe dans son bâtiment un système d'abreuvoirs lui permettant de réduire la consommation d'eau, et adapter parallèlement son aliment « charcutiers » pour baisser l'indice de consommation, qui passe de 3,3 à 3,0. Les conséquences de cette modification technique sont décrites au **tableau** ci-dessous.

Situation de départ : IC = 3,3	Situation améliorée : IC = 3,0								
aliments « charcutiers » achetés : 1 452 tonnes coût d'achat aliments : 1 597 200 F	aliments « charcutiers » achetés : 1 320 tonnes coût d'achat aliments : 1 584 000 F								
rejets : 4 000 m ³ de lisier soit 20 000 kg d'azote	rejets : 3 360 m ³ de lisier soit 16 800 kg d'azote								
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Aménagement du bâtiment</td> <td style="text-align: right;">: 30 000 F</td> </tr> <tr> <td>Gain sur l'aliment</td> <td style="text-align: right;">: 13 200 F</td> </tr> <tr> <td>Gain sur l'épandage</td> <td style="text-align: right;">: 1 730 F</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">et 1,5 jour de chantier en moins</td> </tr> </table>		Aménagement du bâtiment	: 30 000 F	Gain sur l'aliment	: 13 200 F	Gain sur l'épandage	: 1 730 F	et 1,5 jour de chantier en moins	
Aménagement du bâtiment	: 30 000 F								
Gain sur l'aliment	: 13 200 F								
Gain sur l'épandage	: 1 730 F								
et 1,5 jour de chantier en moins									

Fig. 1 : Évolution de l'exploitation B suite à une amélioration des performances.
(source CEMAGREF)

Raisonnement de l'épandage

Les deux exploitations citées (**A : bovins, B : porcins**) sont situées côte à côte. Elles sont décrites ci-après (**fig. 2**).

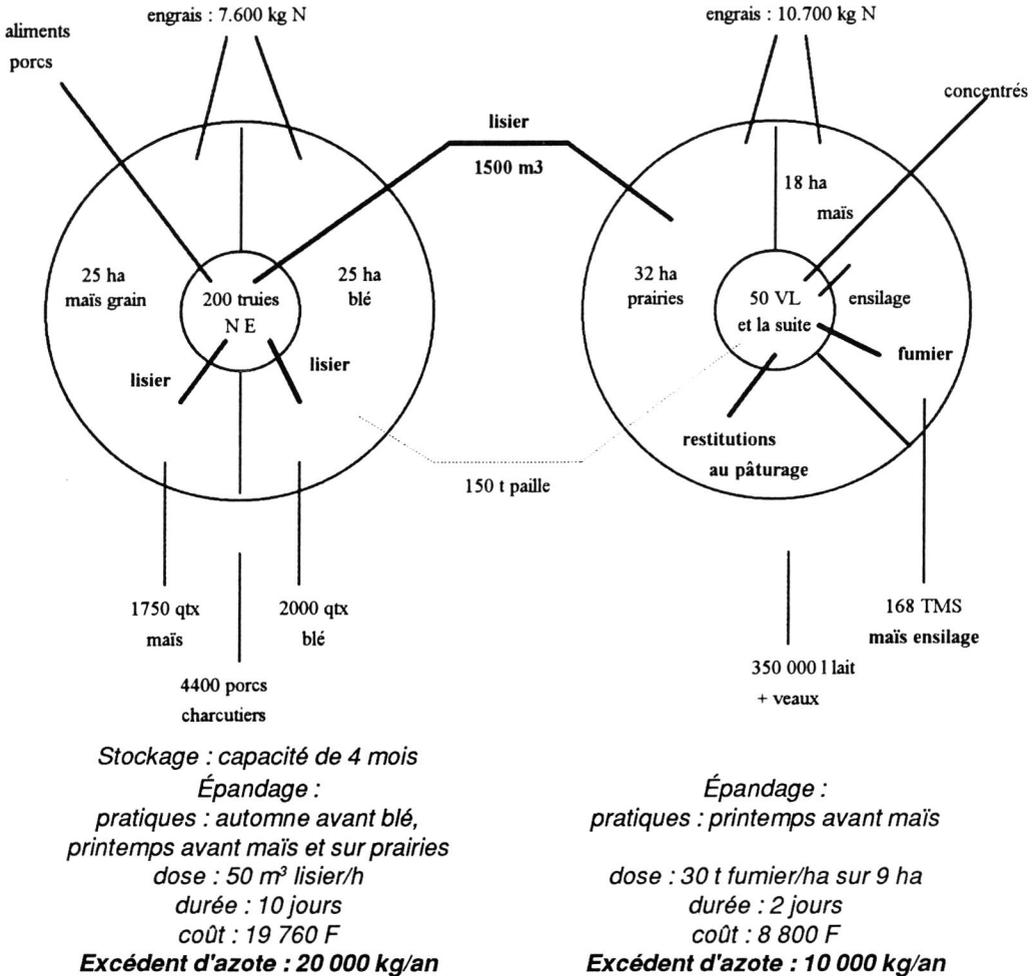


Fig. 2 : **Systèmes d'exploitation.** (source CEMAGREF)

Les deux éleveurs souhaitent réduire leur excédent azoté. Une étude de vulnérabilité leur montre que 60 % de leur SAU est apte à recevoir des lisiers et des fumiers.

Les apports azotés aux cultures sont alors déterminés en fonction du code de bonnes pratiques agricoles. Les besoins des cultures sont couverts d'abord par les déjections animales (dont la composition exacte a été déterminée) sur les surfaces aptes à l'épandage. Les pratiques sont reprises dans le **tableau** ci-après.

Culture	Surfaces épandables (60 % de la SAU)	Surfaces non épandables (40 % de la SAU)
Blé	50 % dose en lisier fin février 50 % dose en azote minéral fin mars	20 % fin février azote minéral 80 % fin mars azote minéral
Maïs grain	lisier avant semis	azote minéral fractionné
Maïs ensilage	fumier avant semis	azote minéral fractionné
Prairies	lisier en février, puis lisier après chaque coupe jusqu'à juillet ou azote minéral dans certains cas de pâturage en tenant compte des déjections restituées au pâturage	azote minéral : apport en février, puis apport après chaque coupe jusqu'à juillet en tenant compte des déjections restituées au pâturage

Fig. 3 : Origine de l'azote et doses d'apport.
(source CEMAGREF)

Cet exemple montre bien que l'on ne peut pas supprimer totalement les engrais minéraux : il y a des stades culturaux et des parcelles où les apports de lisier sont difficiles, voire impossibles.

La diminution d'achat d'engrais minéraux entraîne une économie pour les exploitations :

A : 15 530 F
B : 9 850 F

Par contre, la suppression des épandages d'automne nécessite une augmentation de la durée de stockage (sept mois au lieu de quatre). Si l'agriculteur a amélioré les performances de son élevage, cette augmentation de durée nécessite un investissement supplémentaire de 112 200 francs (pour 660 m³). Dans le cas contraire, il faut augmenter le stockage de 1 000 m³, ce qui correspond à un investissement de 170 000 F. De plus, la surface des deux exploitations ne permet de valoriser que 980 m³ de lisier : il faut donc pouvoir exporter les quantités excédentaires.

Nous avons alors calculé le temps et le coût total d'épandage avec plusieurs hypothèses quant à la distance des parcelles utilisées pour épandre cet excédent (**fig. 4 et 5**). L'éloignement des parcelles d'épandage induit donc des coûts supplémentaires mais aussi des durées de chantier très importantes, à une époque de l'année déjà chargée (printemps).

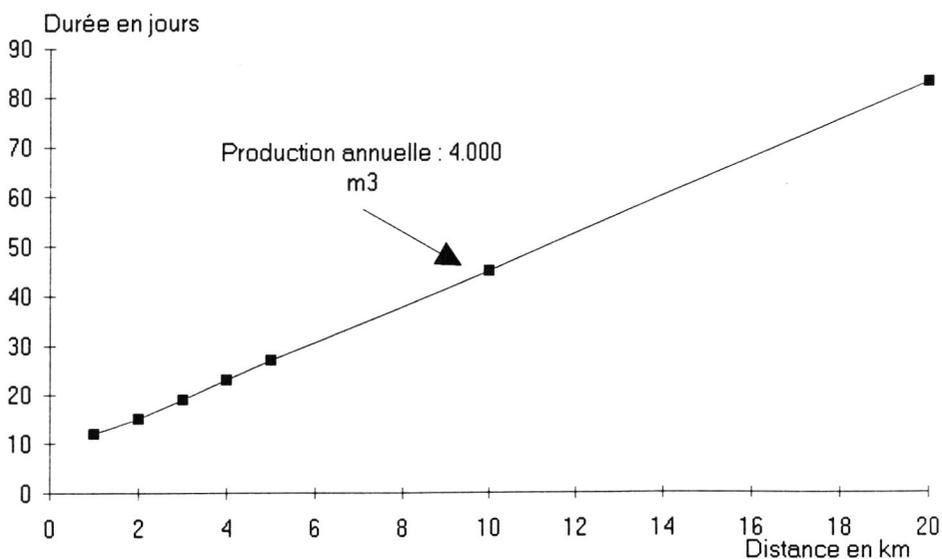


Fig. 4 : Durée totale d'épandage en fonction de la distance des parcelles où est valorisé l'excédent. (source CEMAGREF)

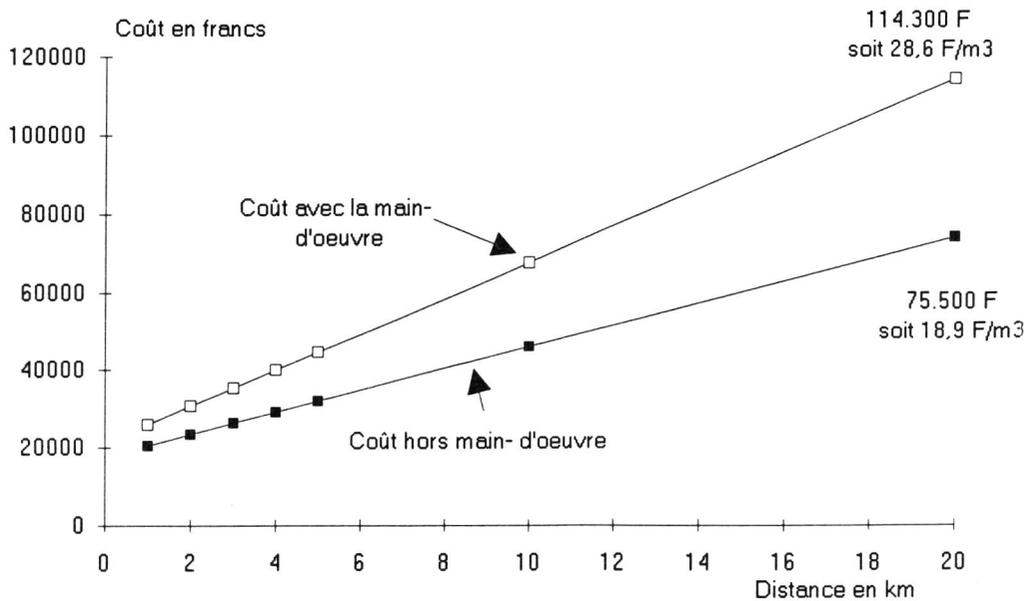


Fig. 5 : Coût total d'épandage en fonction de la distance des parcelles où est valorisé l'excédent. Volume annuel : 4 000 m³. (source CEMAGREF)

Conclusion : combinaison d'améliorations et conséquences

Il n'y a donc pas de solution unique pour améliorer les pratiques agricoles. Il faut particulièrement faire attention aux conséquences « en cascade » d'une amélioration : compte de toutes les contraintes imposées par son choix. De plus, une exploitation n'est pas isolée dans l'espace, et les exploitations voisines ont aussi leur importance dans le raisonnement de ce choix.

Dans notre exemple, plusieurs combinaisons d'amélioration sont ainsi possibles (fig. 6), qui permettent des économies ou ont des coûts très différents. Nous ne tenons pas compte ici du financement de tels investissements, qui doit bien entendu intégrer les frais financiers, les subventions éventuelles, la répercussion sur l'imposition et les taxes éventuelles sur la pollution.

limitation des fuites en bâtiment d'élevage avec 100 000 francs d'investissement	
+ raisonnement de la fertilisation	
investissement : 100 000 F	économies d'engrais :
épandage supplémentaire : 560 F/an (+ 5 heures de travail)	15 530 F/an
bilan : investissement rentabilisé au bout de 7 ans	
raisonnement de la fertilisation	
+ construction d'une fosse de stockage supplémentaire (1 000 m ³)	
+ exportation des excédents à 10 km	
investissement : 170 000 F	économies d'engrais :
épandage supplémentaire (hors main-d'œuvre) : 9 290 F/an (+ 13 jours de travail)	9 850 F/an
bilan : coût de 8 000 F/an pendant 20 ans	
raisonnement de la fertilisation	
+ limitation des gaspillages d'aliments et d'eau	
+ construction d'une fosse de stockage supplémentaire (660 m ³)	
+ exportation des excédents à 10 km	
investissement fosse : 112 200 F	économies d'aliments :
aménagement du bâtiment : 30 000 F	13 200 F/an
épandage supplémentaire (hors main-d'œuvre) : 8 060 F/an (+ 12 jours de travail)	économies d'engrais : 9 850 F/an
bilan : investissement rentabilisé au bout de 10 ans	

Fig. 6 : Combinaisons d'améliorations et conséquences.
(source CEMAGREF)

Gestion de l'interculture dans des exploitations de grandes cultures

L'azote est depuis longtemps utilisé par les agriculteurs pour améliorer les rendements de leurs productions végétales. Mais, dans les régions où dominent les exploitations de grandes cultures (c'est-à-dire sans élevage), l'azote, sous forme de nitrates, est l'un des principaux responsables de la pollution des eaux souterraines et des rivières. Il est devenu important de bien évaluer les possibilités d'insertion dans les exploitations agricoles de pratiques limitant les fuites de nitrates.

Les pratiques possibles pour éviter les fuites de nitrates (quelques rappels)

L'azote dans le sol

L'azote dans le sol existe sous deux formes : une forme minérale ammonium et nitrates (engrais minéraux notamment) et une forme organique (résidus de culture, engrais organiques, humus). La forme minérale est la seule accessible aux plantes. C'est également la seule qui soit soluble et qui puisse migrer facilement dans le sol, augmentant ainsi la teneur en nitrates des eaux souterraines. Limiter cette fuite est une condition pour préserver la qualité de l'eau. Pour cela, il est nécessaire d'intervenir à deux périodes : **au printemps**, afin de maîtriser la fertilisation des cultures et **à l'automne**, afin de limiter le lessivage des nitrates inévitablement présents dans le sol après les récoltes.

Les pratiques possibles

Les pratiques possibles pour éviter les fuites de nitrates consistent, d'une part à éviter le gaspillage en ajustant la dose d'azote à apporter sous forme d'engrais aux besoins en azote de la plante et aux fournitures du sol, et d'autre part, à limiter les fuites dues au lessivage automnal et hivernal. Dans ce cas, plusieurs procédés sont envisageables pour gérer l'interculture : la mise en place d'une culture intermédiaire piège à nitrates (CIPN), la gestion des résidus de cultures ou le choix de cultures d'automne à la place des cultures de printemps.

Les modifications pratiques étudiées

Si de nombreux travaux ont été menés pour mieux raisonner la fertilisation azotée dans les exploitations de grandes cultures, ce sont les pratiques concernant la gestion de l'interculture qui ont été introduites dans nos simulations. Ces pratiques sont les **cultures intermédiaires pièges à nitrates** (CIPN), la jachère semée ou des successions de cultures comprenant une plus grande proportion de cultures d'hiver. Les conduites techniques ont été bâties à partir des expérimentations disponibles ou des expertises ainsi que les coûts économiques associés.

La CIPN est un couvert végétal implanté entre deux cultures principales pour consommer les nitrates produits lors de la minéralisation post-récolte de la première culture principale et pour laisser le sol nu un minimum de temps. Dans deux exploitations étudiées Brie et Gâtinais, la CIPN est introduite entre la récolte d'une céréale et le labour pour la culture de printemps suivant la céréale. La CIPN est une moutarde blanche implantée en août (fig. 7) et détruite chimiquement en novembre (date du labour pour les cultures de printemps). Les travaux culturaux sont réalisés avec les matériels de l'exploitation. Le coût d'une CIPN intègre les charges de semences, de désherbant et de traction : il varie de 395 F/ha dans l'exploitation Gâtinais à 572 F/ha dans l'exploitation Brie.

Mois	Opération culturale	Exploitation Brie	Exploitation Gâtinais
août	broyage paille	0,6	(1)
	déchaumage	0,6	0,55
	semis à l'épandeur	0,3	0,2
	roulage	0,2	0,25
novembre	herbicide	0,2	0,2
	Total	1,9	1,2

(1) broyage des pailles effectué par la moissonneuse-batteuse.

Fig. 7 : Conduite de la CIPN dans deux exploitations (Temps de travail en heure par hectare). (source CEMAGREF)

Une approche intégrant le coût économique et les conséquences pour la main-d'œuvre en vue d'un meilleur respect des contraintes agri-environnementales

Les pratiques étudiées nécessitent une nouvelle organisation du travail à différentes périodes et induisent des coûts en intrants et en matériels. Si le coût de leur introduction peut être simulé avec maintien de l'assolement actuel, un ajustement de l'assolement peut permettre d'en limiter le coût par une meilleure productivité de la main-d'œuvre disponible. L'outil utilisé est le logiciel GEDE (CEMAGREF, 1992).

GEDE, basé sur la programmation linéaire, calcule l'assolement qui maximise la marge totale de l'exploitation compte tenu d'une part, des ressources en main-d'œuvre, en matériel et en terres disponibles et, d'autre part, des conduites techniques et économiques des cultures. D'autres contraintes spécifiques comme des contraintes environnementales peuvent être prises en compte. L'exploitation support de l'étude est d'abord modélisée à partir des informations données par l'agriculteur, puis différentes simulations ou scénarii sont réalisés dans une perspective d'introduction croissante de pratiques plus

respectueuses de l'environnement. L'analyse des résultats se fera par comparaison des scénarii sur un ensemble d'indicateurs économiques, environnementaux, techniques et organisationnels.

Quelques résultats

Exemple de l'exploitation Brie

L'exploitation Brie est une exploitation exclusivement orientée vers les grandes cultures : blé, pois, lin, escourgeon et maïs. Sur 98 hectares de limons profonds, la main-d'œuvre se limite à 1 UTH : les récoltes et les implantations se réalisent en entr'aide avec un voisin. Les rendements des cultures sont élevés : blé de précédent à 88 q/ha et pois protéagineux à 65 q/ha (le rendement de référence du département s'élève à 68 q/ha).

L'application de la réforme de la Politique Agricole Commune (scénario 1)

L'application de la réforme de la Politique Agricole Commune (PAC) à l'horizon 1995 a consisté à introduire de nouveaux prix des produits et l'obligation de jachère tournante. La jachère est une jachère nue (c'est-à-dire non semée), nécessitant plusieurs destructions au cours de l'année et située entre une céréale d'hiver et une culture de printemps (durée 18 mois).

Les résultats économiques :

La marge totale de l'exploitation diminue de 113 kF soit de 17 %.

Scénario	Avant PAC	PAC 1	PAC 3
Marge économique en kF	661	548	539
Culture de printemps en % SAU	43	20	20
Protéagineux en %	30	5	5
Sol nu août-oct. en %	97	95	72
Sol nu nov. à mars en %	43	33	20
Travail annuel en heures	690	652	675

Fig. 8 : Principaux résultats de l'exploitation Brie. (source CEMAGREF)

Cette diminution est due (fig. 9 et 10) à l'introduction de 12,5 ha de jachère, à la disparition du pois protéagineux, à une augmentation de la surface en maïs de 2,5 ha à 5,2 ha et de la surface en blé de blé de 7,8 ha à 23 ha (scénarii 1 et 3).

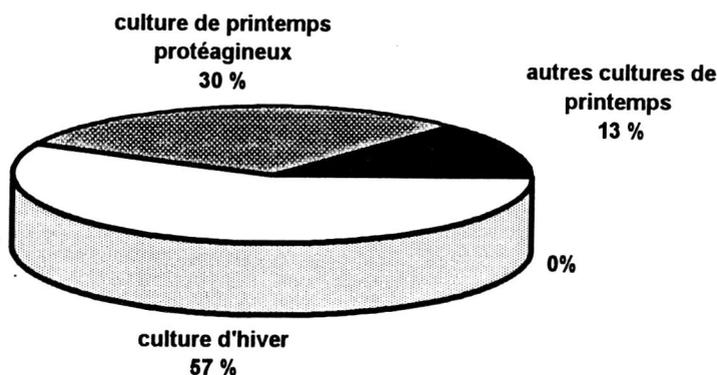


Fig. 9 : Assolement actuel avant la réforme de la PAC.
(source CEMAGREF)

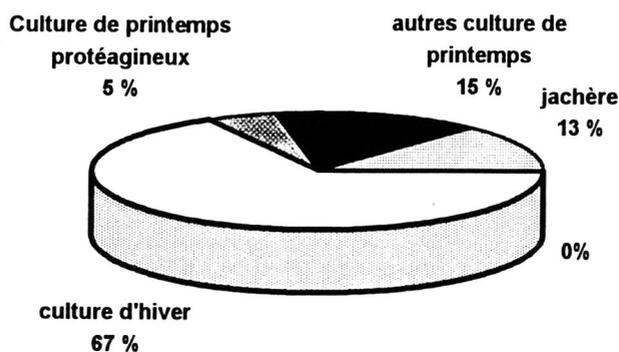


Fig. 10 : Assolement après la réforme de la PAC et couverture du sol (scénarii 1 et 3).
(source CEMAGREF)

La sensibilité à la pollution azotée :

La minéralisation est intense à l'automne (période de faibles besoins culturaux) et au printemps (période de forts besoins). Elle est interrompue par les hivers rigoureux mais peut se poursuivre par hiver doux. Un sol laissé nu entre la récolte d'une culture et l'installation de la culture suivante représente un risque majeur de fuite de l'azote

notamment lorsque les pluies cumulées dépassent largement la réserve utile des sols. Cette condition est généralement remplie entre novembre et mars ; il est donc important de distinguer la surface en sol nu en fin d'été-début d'automne où se minéralisent les résidus de cultures et de la fin de l'automne au début du printemps où peut se produire des fuites de nitrates. Le sol est considéré nu après le déchaumage suivant la moisson ; l'implantation des céréales en octobre permet la couverture du sol, de même que l'implantation successive du pois, du lin et du maïs en mars-avril réduit la surface en sol nu.

La sensibilité à la pollution azotée est analysée à partir de la surface en sol nu et de protéagineux présents dans l'assolement. La surface en cultures de printemps (pois, lin, maïs) décroît de 43 % à 20 % de la surface ; les protéagineux de 30 à 5 % (**fig. 9 et 10**). La surface en sol nu au cours de l'hiver (novembre à mars) diminue de 42 à 33 % dans le scénario 1 (**fig. 11**).

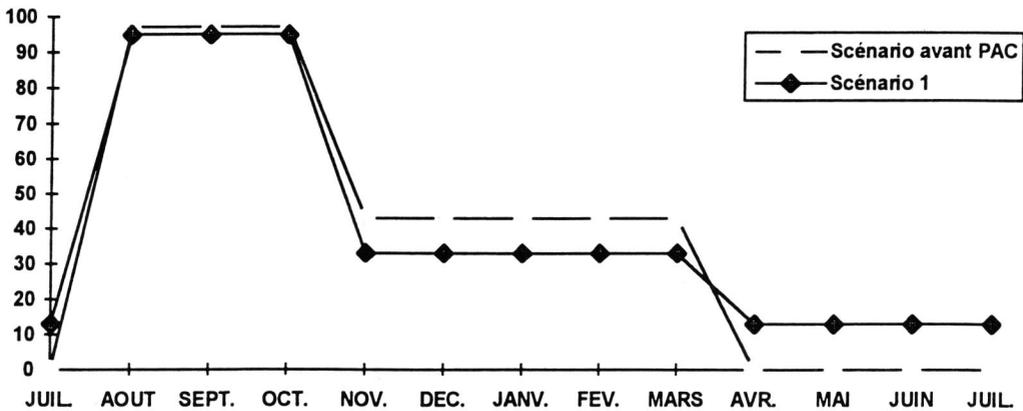


Fig. 11 : Répartition mensuelle des surfaces en sols nus (en % de la SAU) avant et après réforme de la PAC (scénario 1). (source CEMAGREF)

La faisabilité organisationnelle :

L'introduction de la jachère nue réduit la charge en travail de 50 h/an soit 7 % de la charge totale. Les périodes chargées en travail (**fig. 12**) se situent de juillet à octobre (plus des 2/3 de la charge annuelle). L'introduction de la réforme de la PAC diminue globalement la charge en travail à cette période, en particulier en juillet (récolte du pois et des céréales).

Les ressources en main-d'œuvre ont été calculées à partir d'une évaluation des jours disponibles (8 années sur 10), de la durée journalière de travail et des règles concernant les samedis et dimanches. Le graphique **fig. 12** montre que ces ressources sont toujours suffisantes

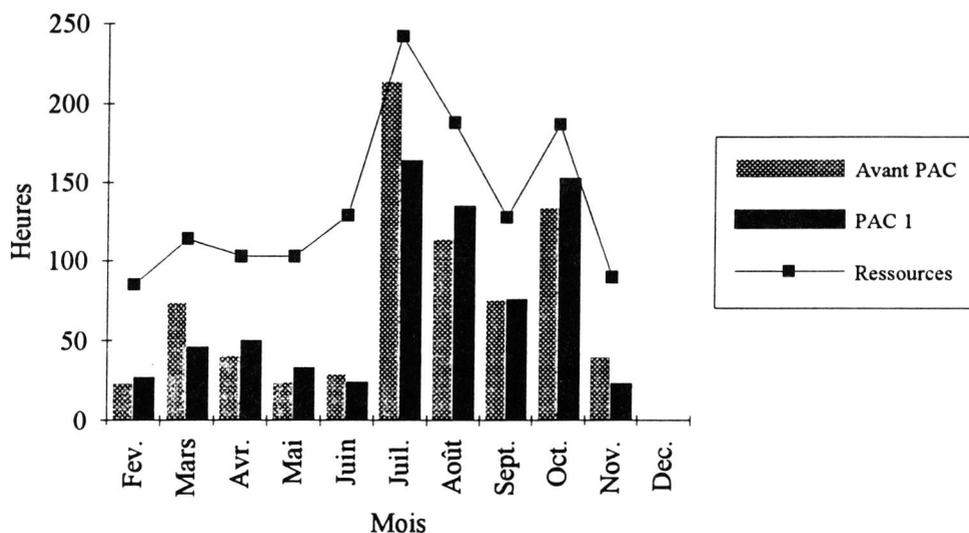


Fig. 12 : Répartition mensuelle de la charge en travail avant et après la réforme de la PAC (scénario 1). (source CEMAGREF)

L'introduction de pratiques plus favorables à l'environnement (scénario 3)

La surface en sol nu au cours de l'automne et de l'hiver est réduite grâce d'une part à l'introduction de CIPN avant pois et maïs, d'autre part au semis d'un couvert sur la jachère. La marge totale de l'exploitation diminue de 9 kF, c'est une variation de marge très faible (< 3 %) car l'assolement n'est pas modifié (fig. 8). Par contre, la sensibilité à la pollution azotée est notablement diminuée : la surface en sol nu à l'automne diminue de 95 % à 70 % (fig. 13). Enfin, la charge en travail augmente (+ 3,5 %) avec ponctuellement des augmentations très sensibles (+ 13 % en août, de 114 à 153 heures).

Exemple de trois exploitations et influence des changements d'assolements

Dans trois exploitations, Vexin, Auxerrois et Aunis, ayant des niveaux de risque de fuites de nitrates différents, le coût de l'introduction de CIPN a été évalué sous deux hypothèses : à assolement constant et avec assolement recalculé.

Les trois exploitations

Les trois exploitations sont à orientation grandes cultures. L'exploitation Vexin a une forte sole de betterave sucrière, les deux autres associent céréales à paille, colza, pois et tournesol. La proportion des cultures de printemps est moyenne (36 à 51 % SAU).

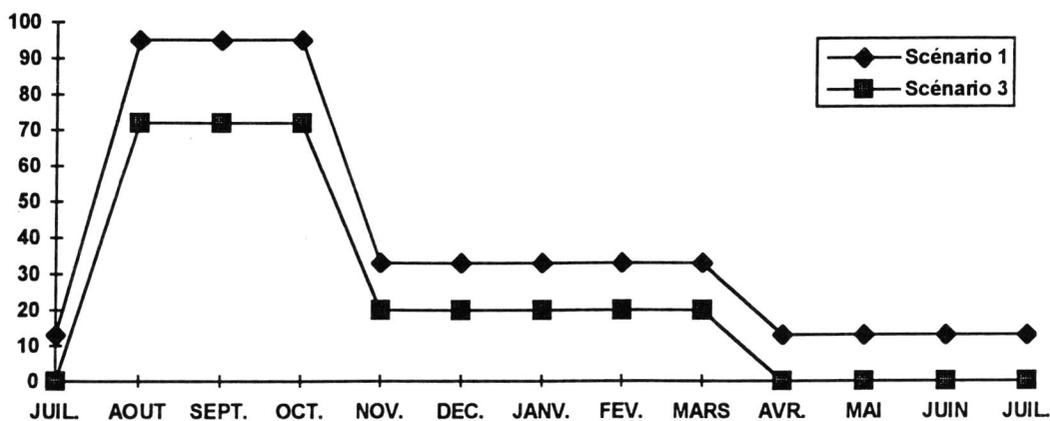


Fig. 13 : Répartition mensuelle des surfaces en sols nus (en % de la SAU) après la réforme de la PAC (scenarii 1 et 3). (source CEMAGREF)

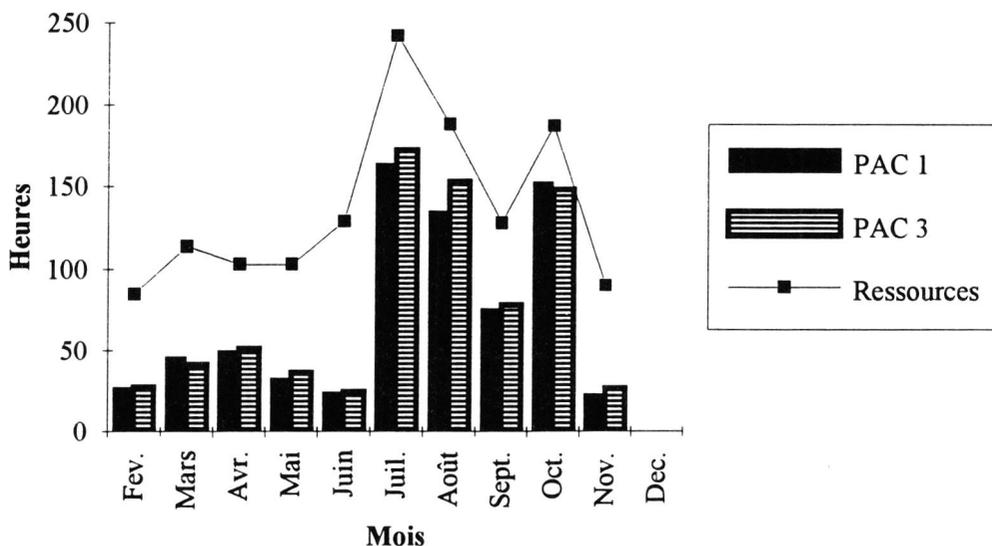


Fig. 14 : Répartition mensuelle de la charge en travail avec introduction de CIPN et de jachère couverte (scenarii 1 et 3). (source CEMAGREF)

De surfaces différentes, elles ont le même ratio/ha de SAU/UTH, environ 170 ha/UTH (164 à 184 ha/UTH). Le travail du sol est basé sur un cultivateur rotatif à axe horizontal et semoir intégré (CRAHSI) ; avant culture de printemps, le CRAHSI est utilisé en été dans l'exploitation Aunis et au printemps dans les exploitations Vexin et Auxerrois.

Exploitation	Vexin	Auxerrois	Aunis
SAU (en ha)	277	180	200
UTH (nombre)	1,5	1,1	1,2
SAU/UTH (en ha)	184	164	167
CP* (% SAU)	43	36	51
Travail du sol au CRAHSI	oui	oui	oui
Largeur (en m)	3	2,2	2,5
Débit (en h/ha)	0,8	1,3	0,9

* CP Cultures de printemps.

Fig. 15 : **Principales caractéristiques des trois exploitations.** (source CEMAGREF)

Ces exploitations ont des niveaux de risque de fuites de nitrates différents. Ces risques sont sous la dépendance de facteurs pédoclimatiques (température hivernale, pluie efficace et capacité de rétention du sol) et des systèmes de cultures pratiquées (importance des cultures de printemps, devenir des résidus de récolte en fonction du rapport C/N).

L'exploitation Vexin présente un risque lié au sol faible (limons profonds) tandis que l'exploitation Aunis associant quelques sols de marais drainés à des groies superficielles a un risque élevé de lessivage lié au sol. Cette exploitation Aunis comporte des cultures de printemps avec enfouissement précoce des résidus de récolte sur plus de la moitié de la surface : le risque de fuite lié aux systèmes de cultures est fort. Il est moyen dans l'exploitation Vexin et faible dans l'exploitation Auxerrois compte tenu d'une plus faible surface des cultures de printemps et de la nature des résidus de récolte.

Risque lié aux systèmes de culture	Risque pédoclimatique		
	faible	moyen	fort
faible	–	Auxerrois	–
moyen	Vexin	–	–
fort	–	–	Aunis

Fig. 16 : **Niveaux de risque de fuite de nitrates et exploitation.** (source CEMAGREF)

Les principaux résultats du coût d'introduction des CIPN

La marge brute totale de l'exploitation est systématiquement diminuée de 119 à 230 F/ha si la culture intermédiaire est introduite avant les cultures de printemps sans changement de l'assolement de l'exploitation. Dans l'exploitation Vexin, les CIPN précèdent la betterave, le lin et le pois ; elles occupent une surface de 119 ha soit 43 % de la SAU. Elles représentent 65 ha soit 36 % de la SAU dans l'exploitation Auxerrois, précédant le pois et le tournesol. Elles représentent 68 ha soit 34 % de la SAU dans l'exploitation Aunis ; elles précèdent le maïs, le tournesol et le pois sur les terres de groies, elles n'ont pas été introduites en terres de marais pour des raisons de techniques de travail du sol.

CIPN	VEXIN	AUXERROIS	AUNIS
Coût variable (F/ha)	215	370	315
Besoin en main-d'œuvre (h/ha)	- 0,3 (sept.)	+ 0,6 (sept. + oct.)	+ 1,6 (mars)
Surface (en ha) (en % de SAU)	119 43	65 36	68 34
Variation de marge sans changement d'assolement	- 119	- 127	- 230
Variation de marge avec changement d'assolement (F/ha de SAU)	- 119	0	- 120

Fig. 17 : Coût économique des CIPN. (source CEMAGREF)

Avec un nouvel assolement, le coût d'introduction des CIPN varie de 0 à 120 F/ha de SAU : inchangé dans l'exploitation Vexin, il est diminué par deux dans l'exploitation Aunis et annulé dans l'exploitation Auxerrois suite à une réduction des cultures de printemps. Le coût calculé tient compte de l'ensemble des charges opérationnelles mises en œuvre sur les cultures ; il exclut les frais fixes liés à l'utilisation des matériels. Par exemple dans l'exploitation Aunis, il y a un accroissement de l'utilisation du CRASHI et du broyeur associés à un tracteur qui peut générer une augmentation des charges fixes.

CONCLUSION

Ces quelques exemples sont issus des travaux menés au CEMAGREF tant dans les systèmes d'élevages intensifs que dans les systèmes de grandes cultures. Ils concernent exclusivement des aspects liés à la pollution azotée comme la gestion des déjections

animales ou la gestion de l'interculture. Ils se sont focalisés sur les conséquences techniques et économiques de l'adoption de nouvelles pratiques pour l'exploitation agricole.

Les démarches mises en œuvre vont d'une analyse de la rentabilité économique en terme de coûts/recettes (c'est-à-dire dépenses en plus/dépenses en moins) ou de budget partiel intégrant les conséquences indirectes sur les performances alimentaires du cheptel, à une analyse basée sur l'optimisation du résultat économique sous contraintes.

Toutes ces démarches s'appuient sur une analyse des processus techniques que ce soient des bilans d'azote, des indices de consommations animales ou des conduites techniques des cultures ; elles supposent qu'il existe des solutions techniques permettant une meilleure maîtrise des pollutions. Les résultats sont non seulement exprimés en termes économiques (en francs) mais aussi avec des indicateurs concernant la charge en travail ce qui traduit la faisabilité organisationnelle des changements de pratiques testés.

Ainsi, il apparaît que la question «*comment des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement peuvent être adoptées par les agriculteurs et à quel coût ?*» est une question complexe.

Elle peut se décliner à travers **trois échelles emboîtées** :

- la *parcelle cultivée* ou l'*atelier animal*, lieux où s'élabore la production agricole et où se crée la qualité de l'eau,
- l'*exploitation agricole*, lieu où les décisions techniques sont prises et trouvent leur cohérence technique, économique et humaine,
- le *bassin versant*, unité géographique et hydrographique où s'exercent les décisions des acteurs agricoles et non agricoles vis-à-vis de leur environnement.

Elle implique la connaissance de **deux relations** :

- les pratiques agricoles et leur influence en terme de pollution que ce soit à l'échelle de la parcelle ou du bassin versant vu comme un ensemble de parcelles,
- les pratiques agricoles et leur place dans les exploitations prises isolément et situées dans un territoire comme le bassin versant.

Elle constitue enfin pour le CEMAGREF **un objet de recherche** qui vise à construire des méthodes pour les décideurs en combinant judicieusement ces échelles et ces relations.

Annexe

Note de synthèse bibliographique

Nicole DELHERBE

CEMAGREF, direction de la Communication
et de la Valorisation

BP 22, 92162 Antony Cedex

Tél. (1) 40 96 61 21 - Fax (1) 40 96 61 39

Introduction

La pollution organique, dans son ensemble, évolue peu en France depuis dix ans. L'élevage constitue l'une des trois origines principales, les deux autres étant domestique et industrielle. La pollution engendrée par l'élevage provient essentiellement de deux caractéristiques des déjections animales :

- la dilution, surtout élevée dans les lisiers de porcs,
- l'apport excessif de nitrates, de phosphates et de certains métaux lourds.

L'effet se situe sur les cours d'eau. La cause première de l'eutrophisation des cours d'eau et des plans d'eau est le phosphore. Le **tableau** ci-dessous précise l'origine des phosphates ainsi rejetés.

Origine des phosphates	Tonnages mis en jeu (tonnes P/an)	% transféré	Quantités déversées					
			tonnes/an	%				
domestique	32 000	> 90	> 28 000	> 21				
<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="font-size: 2em;">{</td> <td style="padding: 0 5px;">métabolisme</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 2em;">{</td> <td style="padding: 0 5px;">détergents</td> </tr> </table>	{	métabolisme	{	détergents	42 000	> 90	> 37 000	> 27
{	métabolisme							
{	détergents							
industrielle	40 000	< 100	< 40 000	< 29				
agricole	engrais	1	6 200	4,5				
	élevage	10	24 000	17,5				
Total	974 000	-	135 000	100				

Fig. 1 : **Origine des phosphates rejetés dans le milieu aquatique en France.**

(Source : G. Barroin, *La Recherche*, n° 238, déc. 1991)

L'évolution de l'élevage en France a été caractérisée par l'intensification des productions animales. On peut en retenir trois aspects :

- l'augmentation des rendements par animal,

- la concentration d'animaux dans des unités de plus en plus grandes,
 - la concentration de ces unités dans certaines régions.
- (voir AFGR, 1992)

On retrouve cette évolution en ce qui concerne la quantité de déjections produites. Ces changements ont pour conséquence une disproportion entre le nombre total d'animaux, le plus souvent en ateliers hors-sol, et les surfaces disponibles pour l'épandage des déjections. Le risque de pollution apparaît lorsque la quantité d'azote et de phosphore produite par l'élevage est supérieure aux besoins des plantes. On envisage alors des techniques de dépollution, c'est-à-dire des techniques préventives et curatives visant à réduire la pollution.

Afin de cerner le problème, les enjeux, les données statistiques et la réglementation relatives à cette pollution sont examinées. Puis, des solutions sont proposées : réduction des charges polluantes en amont et divers types de traitement. Ensuite, quelques perspectives d'avenir sont esquissées.

La réduction de la pollution d'origine agricole

Les enjeux

(voir le rapport du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt - Ministère de l'Environnement, 1990).

Limiter la pollution est devenu une nécessité, un enjeu économique pour l'agriculture elle-même. Cinq types d'enjeux peuvent être distingués :

- un enjeu pour tout agriculteur qui trouve son intérêt :

- dans une meilleure gestion des fertilisants (par exemple, en valorisant mieux le potentiel des déjections animales),
- dans la protection de sa propre ressource en eau pour lui et son élevage,
- dans l'amélioration de la qualité de certaines productions, principalement végétales,
- dans la vente ou l'échange des déjections animales facilement transportables.

- un enjeu collectif pour l'agriculture :

- en raison de nuisances ou de pollution, certains élevages ne peuvent mener à bien le développement escompté,
- l'exportation des fumiers ou de fientes de volaille diminue les contraintes liées à l'épandage,

- une mauvaise valorisation des déjections animales augmente les coûts de production.

- un enjeu pour les autres activités :

- une dégradation de la qualité des eaux peut nuire à d'autres activités liées à l'agriculture,
- l'alimentation en eau potable des populations, des élevages et des industries,
- la pisciculture en rivière et la pêche de loisirs,
- le tourisme, notamment rural.

- un enjeu pour les régions :

- la dégradation des eaux peut ternir l'image de marque d'une région.

- un enjeu écologique :

- l'objectif est de réduire les pollutions dans les rivières, l'eutrophisation dans les canaux et les plans d'eau, les déséquilibres écologiques dans les eaux littorales.

Les données statistiques

(voir l'article de J. Coleou, 1992)

Quelle est l'importance de l'élevage en France ?

Le **tableau** ci-dessous fournit les données essentielles pour les productions bovines, porcines et de volailles.

Nature du cheptel	Nombre d'exploitations				Effectifs		Effectifs moyens	
	1988		1990		(en milliers)		(en unités)	
	en milliers	en %	en milliers	en %	1988	1990	1988	1990
Bovins	504	50	458	50	21 217	21 647	42	47
Porcins	170	17	148	16	12 213	12 203	72	82
Volailles	590	58	505	55	240 801	244 792	408	485

Fig. 2 : **Évolution des principales productions animales.**
 (Sources : SCEES - Enquête structures 1990 - SCEES-INSEE - Recensement agricole 1988)

On peut ajouter que ces unités de production sont concentrées. Ainsi actuellement, 90 % du cheptel porcin est détenu par 15 000 élevages. Il existe 2 300 élevages de plus de 1 000 porcs.

Ces données sont à corréliser avec la production de déjections par animal :

- une vache produit de 12 à 18 m³ de lisier chaque année (soit un volume de 600 à 900 m³ pour 50 vaches laitières),
- un porc produit environ 2 à 4 m³ de lisier par an.

La principale région française concernée par l'élevage est le bassin Loire-Bretagne. On y trouve :

- 43 % du troupeau bovin,
- 63 % des porcins,
- 28 % des ovins,
- 64 % des volailles.

La répartition géographique des élevages permet de localiser les zones à risques. La carte de l'implantation de l'élevage porcin, espèce la plus responsable des charges polluantes, met en évidence les principales zones européennes concernées. Ainsi, il y a aux Pays-Bas une charge polluante moyenne (pour l'azote et le phosphore) cinq fois plus élevée que la moyenne française. Parmi les zones touchées, on peut citer l'Allemagne du Nord, le Danemark et l'Italie du Nord. Cette situation date des années 50, point de départ du développement du système hors sol de différentes productions animales. Comparée à la situation néerlandaise, la situation française est beaucoup moins préoccupante, néanmoins la région Bretagne a déjà des îlots micro-régionaux à risques.

La réglementation

Face à cette pollution de l'eau par les nitrates, la réglementation, sous l'impulsion européenne a évolué.

En 1975, est apparue une directive européenne concernant la qualité des eaux brutes superficielles, destinées à la production d'eau potable. La quantité de nitrate ne doit pas dépasser 50 milligrammes par litre.

En 1984, sont créés en France un comité interministériel pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates et les phosphates provenant des activités agricoles (CORPEN) et la mission Eau-Nitrates. Au niveau européen, la directive 91-676 du conseil du 12 décembre 1991, directive dite «directive nitrates», concerne la protection des eaux contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles.

Son application doit conduire les états membres à :

- définir des zones vulnérables où les risques de pollution justifient des actions immédiates et renforcées,
- élaborer des codes de bonnes pratiques agricoles et à en promouvoir la mise en œuvre par les agriculteurs,
- établir des programmes d'action tenant compte des spécificités des zones concernées.

En France, la mission Eau-Nitrates est responsable des travaux résultant de la mise en application de cette directive. Ce texte limite, quantitativement l'apport d'azote provenant des effluents d'élevage à 170 kilogrammes par hectare et par an.

En France, ces dernières années ont été marquées par des évolutions significatives. Ainsi, depuis février 1992, les élevages bovins ont été intégrés à la nomenclature des installations classées et de nouvelles prescriptions techniques concernant ces élevages et les élevages de porcs ont été édictées. Un réexamen des mêmes prescriptions est en cours pour les élevages de volaille. (voir le rapport de M. Tillie, J. Capdeville et J. Jaubourg, 1993).

En octobre 1993, suite à une concertation avec les organisations professionnelles agricoles, le ministre de l'Agriculture et de la Pêche et le ministre de l'Environnement viennent de décider une action importante pour la protection de l'environnement. Un programme national pour la maîtrise des pollutions d'origine agricole va être lancé en matière d'élevage afin d'améliorer les bâtiments et les pratiques d'épandage. L'objectif est de permettre aux éleveurs les plus importants de réaliser les investissements nécessaires à la maîtrise et au traitement de leurs effluents. Pour les éleveurs concernés, cette aide sera financée pour un tiers par l'Etat et les collectivités locales, et un tiers par les agences de bassin. Cet investissement sera de l'ordre de sept milliards de francs sur dix ans. Pour mettre en œuvre ce programme, les élevages s'intégreront progressivement dans le dispositif des agences de l'Eau selon le principe «**non-pollueur, non-payeur**». Ce programme viendra accompagner la mise en œuvre de la directive européenne sur les nitrates. Il s'agit d'une accélération sans précédent des efforts engagés pour réduire les pollutions d'origine agricole.

Afin d'accompagner la mise en place de ce programme, des pistes doivent être proposées pour réduire ces pollutions. Les aspects suivants seront successivement abordés : réduction des charges en amont, stockage des effluents, épandage, traitements et conséquences économiques.

La réduction des charges polluantes en amont

Les producteurs de porcs sont très visés par ces préoccupations écologiques. Les fournisseurs de l'élevage porcin ont intégré ce souci dans leur recherches. De l'auge à la sortie de l'épandeur, l'objectif est moins de lisier, moins d'odeurs.

Une réduction des rejets azotés peut être obtenue par l'alimentation. En effet, les bovins rejettent entre 65 et 100 % de l'azote qu'ils ingèrent, selon leur stade physiologique, leurs performances et les rations. Des recherches sont menées afin de limiter au strict nécessaire les quantités d'azote et de les optimiser en terme de qualité. Cette approche est déjà bien avancée puisque des «aliments propres» destinés aux truies existent déjà.

Si l'utilisation de tels aliments moins polluants devenait aussi possible en élevage bovin, le coût de ces nutriments serait-il acceptable pour les exploitants ? Quels seraient alors les incitations à l'emploi et le rôle de la réglementation ?

Une autre solution pour réduire les charges en amont consiste à empêcher la constitution du lisier en séparant pendant «l'élevage» les urines et les fèces. Des travaux hollandais, belges et les essais réalisés au groupement de Rennes du CEMAGREF ont montré l'intérêt de ces techniques. Différents procédés sont envisageables :

- évacuation mécanique des fèces par raclage des caniveaux ou collecte et évacuation par écoulement gravitaire des urines,
- récupération des fèces sur une toile filtrante qui les évacue à l'extérieur du bâtiment par défilement.

Les traitements des effluents

(voir les articles de J. Coillard, 1990 ; J. Coillard, 1993 et de P. Decesse, 1993).

Le stockage

La réglementation applicable aux élevages intensifs s'est renforcée en 1992. Parmi les contraintes nouvelles, on peut citer la nécessité de disposer d'une capacité minimale de stockage du lisier de quatre mois. Cependant, on peut noter qu'en 1991, les 3/4 du cheptel en étaient déjà pourvus. Cette durée minimum de stockage impose souvent d'avoir à stocker à l'extérieur des bâtiments. Parmi les types de stockage du lisier, on trouvera des cuves hors-sol, des fosses enterrées ou semi-enterrées, des fosses sous caillebotis. Les capacités vont, en général, de 100 à 4 000 m³ (en raison de l'augmentation des durées de stockage) et les matériaux utilisés sont très divers (tôle galvanisée, acier vitrifié à chaud, béton préfabriqué, bois traité hors-sol, digues de pleine terre avec bâche en PVC...). Aux Pays-Bas, une tendance consiste à couvrir progressivement toutes les fosses, ce qui peut concourir à résoudre le problème des odeurs. Certaines entreprises proposent également des fosses de stockage relais.

Pour le stockage des fientes de poules pondeuses, différentes techniques sont utilisées : stockage sous tunnel plastique, séchage en bâtiment d'élevage avec fosses semi-profon-

des et fosses profondes, pré séchage sur tapis puis stockage, traitements complémentaires avec compostage (solution collective)...

En ce qui concerne l'élevage porcin, dans les petits élevages (moins de cinquante porcs), la fréquence de ces équipements n'est pas très élevée. Par contre à partir de cent porcs, les équipements de stockage sont quasiment toujours présents.

Il existe des normes de rejet par animal présent et par jour. Compte tenu de ces éléments, une cohérence doit exister entre les volumes et les durées de stockage. L'amélioration des bâtiments et des équipements de stockage peut-être obtenue de différentes manières :

- avoir une capacité de stockage suffisante,
- éviter les eaux parasites (qui diluent les lisiers, donc allongent la durée de stockage pour une même capacité de fosse),
- supprimer les fuites des ouvrages de stockage.

Des prescriptions précises existent pour la conception et la réalisation de tels ouvrages de stockage.

Un certain nombre de travaux ont mis en évidence l'intérêt du stockage. Ainsi, le stockage du lisier, sans ajout de lisier nouveau, réduit considérablement le nombre d'indicateurs bactériens (coliformes et streptocoques fécaux notamment), ce qui contribue à réduire le risque sanitaire lié aux épandages de lisier. Le stockage apparaît comme un préalable obligatoire pour une bonne gestion des effluents. L'éleveur a intérêt à réduire à l'optimum les volumes de stockage en cherchant un lisier très concentré. Pour les produits stockés, sans ajout de litière, la mesure de la matière sèche, notamment au moyen de la densimétrie, est un indicateur pertinent d'évaluation de la teneur en éléments fertilisants. Ainsi de telles mesures permettent d'évaluer les réponses possibles aux besoins en fertilisation.

L'épandage

Depuis longtemps, on a utilisé les capacités des cultures à fixer ou exporter les substances chimiques, en particulier l'azote, pour limiter le risque de pollution chimique du milieu. C'est la pratique de l'épandage des lisiers, qui fertilise les terres à partir des éléments qu'ils renferment. Cette opération permet également l'épuration de leur charge organique et bactérienne. Cette pratique nécessite une gestion rigoureuse avec des impératifs liés aux capacités des sols et des cultures, ainsi qu'aux calendriers culturaux. Le lisier peut constituer une fertilisation organique précieuse. Trois modes d'application sont pratiqués :

L'enfouissement

En raison de difficultés techniques et pratiques, cette technique, datant des années 70, a été quasiment abandonnée. Cependant, elle semble connaître un regain d'intérêt, car

elle permet d'une part un épandage sans odeur, et d'autre part un enfouissement en un passage (imposé par la nouvelle réglementation). Les enfouisseurs à lisier peuvent être spécialisés (pour terrain nu ou pour prairie) ou polyvalents (prairie + terrain nu).

L'aspersion à la tonne

Trois types de tonnes à lisier existent : tonne à dépression-surpression (le plus courant), tonne à pompe volumétrique, tonne à lanceur. Ce matériel a connu de nombreuses améliorations visant à une plus grande salubrité du travail, une certaine rapidité d'exécution et de contrôle, une meilleure qualité de l'épandage. La tendance est à un épandage plus proche du sol et avec des débits mieux maîtrisés.

Les rampes d'épandage

Ce matériel d'apparition récente répond à une demande d'agriculteurs désireux de fertiliser de manière précise avec leurs lisiers en grande culture. Il permet notamment une plus grande régularité d'épandage sur grande largeur, un contrôle plus précis des doses, une moindre nuisance (faible pression d'épandage), une moindre perte d'azote par volatilisation. Environ les 3/4 des élevages porcins utilisent des surfaces d'épandage. Afin de limiter les risques de pollution, l'arrêté de février 1992 relatif aux élevages de plus de 450 porcs fixe les limites des apports azotés totaux à 350 kg/ha et par an sur prairies et à 200 kg sur cultures. A l'horizon 2000, d'après la directive «nitrates», la norme sera de 170 kg d'azote par hectare. Donc, il faudra trouver des surfaces complémentaires pour l'épandage, ce qui n'est facile dans des régions où la densité porcine ou animale est déjà forte, comme la Bretagne. Actuellement, sur dix élevages qui épandent, sept se contentent de surfaces appartenant à leur exploitation. Au total, pour un porc sur deux, il est nécessaire de trouver la moitié de la surface d'épandage chez un voisin. Un tiers des surfaces d'épandage n'est pas entre les mains des éleveurs qui les utilisent. La dépendance en matière d'épandage est plus fréquente en Bretagne qu'ailleurs : 44 % des élevages porcins bretons utilisent des terres d'autres exploitations pour l'épandage (21 % dans les autres régions). Malgré des efforts pour une bonne valorisation, lorsque les déjections sont excédentaires par rapport aux besoins d'une fertilisation raisonnée, il faut envisager leur élimination.

Les autres traitements

Moyennant une transformation préalable, les déjections solides (fumiers, fientes de volaille) peuvent être exportées des régions où elles sont excédentaires.

Une telle exportation ne peut pas être envisagée pour les déjections liquides. Dans ce cas, différents traitements sont envisagés soit au niveau de l'exploitation (unités individuelles), soit au niveau collectif (traitement centralisé). Deux problèmes sont à l'origine de tels

traitements : nuisances liées aux odeurs (pendant l'épandage notamment), problèmes d'épandage posés par les lisiers trop dilués pour être valorisés.

Le traitement peut concerner :

- soit seulement les lisiers excédentaires (de manière plus ou moins poussée),
- soit tous les lisiers produits pour extraire des éléments excédentaires pour les éliminer ou les exporter.

Traitement centralisé (ou collectif) du lisier

L'objectif serait de séparer une phase liquide épurée et une phase solide séchée, qui pourrait être commercialisée (pour remplacer des engrais minéraux, par exemple). Ce type de traitement s'est développé aux Pays-Bas, avec des unités aux capacités importantes (de 500 000 à 1 000 000 t/an). En France on s'oriente vers des techniques moins conséquentes. Les procédés de traitements envisagés sont proches de ceux mis en œuvre dans les stations d'épuration, donc essentiellement biologiques. Deux unités pilotes sont testées :

- pilote OTV à Yffiniac (22) : procédé biologique de type boue activée en aération prolongée,
- pilote AGROCLAR à Andel (22) : tamisage, pré traitement physico-chimique, traitement biologique par boues activées avec injection d'air.

Afin de développer de telles expérimentations, il est nécessaire de s'orienter vers des filières de traitement conjoint des lisiers de porcs et d'autres effluents.

Traitements individuels

Ces procédés d'épuration à la ferme avec rejet du liquide traité dans le milieu naturel se révèlent difficilement supportables par les éleveurs au niveau du coût. Donc le traitement individuel se limite à un traitement partiel, ou un traitement des seuls excédents, ou un traitement préparatoire à l'exportation.

Traitement partiel de l'azote

Il s'agit de diverses techniques de désodorisation aérobie (stockage aéré, stabilisation aérobie mésophile avant stockage).

Traitement des seuls excédents

Procédé Avili EFL : l'objectif est d'évaporer la partie du lisier excédentaire avec de l'air à température ambiante et effet de serre combiné.

Procédé SOLEPUR : ce procédé expérimental (CEMAGREF, groupement de Rennes) consiste à utiliser d'une part le sol pour nitrifier le lisier excédentaire et d'autre part une partie du lisier brut comme agent de dénitrification.

Traitements préparatoires à une exportation ou à un traitement de finition

Ce sont des techniques de pré traitement basés sur des procédés de séparation. Les techniques de traitements sont nombreuses, cependant encore peu répandues, voir **tableau** ci-dessous.

	Nombre d'élevages pratiquant	% du nombre total d'élevages commerciaux	Nombre de porcs (milliers)	% du nombre total de porcs
Ensemble des traitements	6 670	21	3 547	41
désodorisation par aération au stockage	1 740	5	876	10
désodorisation par produit d'addition au stockage	2 940	9	2 162	25
désodorisation par produits masquant à l'épandage	180	0,6	123	1,4
épuration	340	1,1	174	2,0
compostage	1 160	3,6	330	3,8
autres traitements	1 020	3,2	412	4,7

Fig. 3 : **Un élevage sur cinq seulement pratique un traitement du lisier.**
(Source : AGRESTE - Enquête cheptel porcin de décembre, 1991)

Cependant, lors d'une éventuelle installation d'un système de traitement, plusieurs points sont à étudier : le coût réel de l'installation, sa durée d'utilisation, ses modalités de financement, les coûts de fonctionnement, la valorisation éventuelle des résidus, les économies réalisables... L'investissement doit être compatible avec les possibilités financières de l'exploitant.

Les perspectives d'avenir

(voir les articles de M. Bertrand, 1990 et J. Sebillote, 1990)

Tout d'abord, il est nécessaire d'informer et de former le monde agricole à des techniques plus rationnelles. Des établissements d'enseignement agricole ont intégré ces données dans leurs préoccupations (contributions à des expérimentations, notamment). Parmi les

actions menées par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche, on peut citer des aides financières aux investissements et aux expérimentations et des actions de promotion des bonnes pratiques agricoles dans les zones vulnérables.

Au niveau de l'exploitation agricole, un certain nombre d'actions peuvent être réalisées : collecte et gestion des lisiers, ajustement de l'alimentation azotée, réflexion sur le système de production en place. La valorisation agronomique reste prioritaire : l'épandage des déjections assure l'épuration, la destruction des germes et la fertilisation. C'est la base de la fertilisation raisonnée, en zone de polyculture-élevage. Une réflexion d'ordre économique est à mener avant tout recours à des traitements.

De nombreuses recherches et expérimentations restent à mener, cependant une stratégie globale associant éleveurs, chercheurs, pouvoirs publics et industriels s'imposent. Une telle concertation est nécessaire dans le cadre d'une approche systématique.

Références bibliographiques

- AFGR, 1992. *Bâtiments d'élevage et environnement, enjeux et perspectives*, Actes du colloque. Nantes, 3 décembre 1992, 140 p.
- BERTRAND M., GORIAUX-PERAIIS M.-I., 1993. Réduire les pollutions d'origine agricole, les orientations en Bretagne. *Courants*, n° 20, pp. 47-52.
- COILLARD J., 1990. Le traitement des lisiers de porcs excédentaires. *Courants*, n° 20, pp. 47-52.
- COILLARD J., 1993. Les matériels pour la gestion et le traitement des lisiers. *BTMEA*, n° 70, pp. 20-25.
- COLEOU J., 1992. *Les pollutions dans les bâtiments et à travers le système animal*. Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France, vol. 78, n° 7, pp. 41-56.
- DECESSE P., 1993. Lisier en stock cherche terres pour s'épandre. *AGRESTE Cahiers*, n° 13, pp. 17-25.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 1990. *L'action pour la réduction de la pollution des eaux par les nitrates provenant des activités agricoles, programme d'action en Bretagne, valoriser les déjections animales, un enjeu pour l'agriculture, une nécessité pour l'environnement*, 40 p.
- SEBILLOTE J., 1990. Agriculture et nitrates : la problématique. *Chambre d'agriculture*, supplément au n° 784, pp. 25-27.
- TILLIEM., CAPDEVILLE J., JAUBOURG J., 1993. *Bâtiments d'élevage porcin et bovin : réglementation et préconisations relatives à l'environnement*. 94 p.
- VERREL J.-L., 1992. *Connaissance et prévention des pollutions d'origine agricole*. Les activités du CEMAGREF, 60 p.

L O U I S - J E A N
avenue d'Embrun, 05003 GAP cedex
Tél. : 92.53.17.00
Dépôt légal : 108 — Février 1994
Imprimé en France





9 782853 623490

CEMAGREF - ÉDITIONS 1994

ISBN 2-85362-349-1 - Prix :

