



20414/2

LIMITER LA POLLUTION PAR LES NITRATES EN COMPOSTANT LES FUMIERS ?

PETIT Aurélie
B.T.S.A. GEMEAU
Spécialité Maîtrise de l'Eau en Agriculture
Promotion 95-96

MEEA

RESUME

L'Agence de l'**Eau** Rhin-Meuse est concernée et agit dans tous les domaines qui touchent la qualité de l'eau. Actuellement, la situation en terme de qualité sur son périmètre d'action est préoccupante, mais pas catastrophique.

Au niveau agricole, un des principaux points soulevés est la pollution par les nitrates. Elle vient en grande partie d'une gestion inadéquate des matières organiques, et notamment des fumiers de bovins, très présents dans le bassin Rhin-Meuse.

Le compostage de fumiers est une technique qui transforme ce **produit** souvent considéré comme un "déchet" en un produit plus "propre", et qui permet une utilisation différente. Le compost est supposé être moins polluant. Il existe différentes techniques de compostage, la réussite du processus est soumise à différents paramètres, entre autres le niveau de paillage des animaux.

Composter les **fumiers** fait gagner du temps, mais coûte plus cher. Le compost peut s'utiliser avant cultures et sur prairies, où il présente des avantages par rapport au **fumier**. Son apport en couverture sur céréales semble aussi possible sous certaines conditions.

Du point de vue environnemental, ce procédé ne diminue pas les jus qui s'écoulent d'un **fumier mis** en dépôt. Epanché sur sol nu comme le fumier, le compost semble larguer autant d'azote.

Ainsi, il paraît plus intéressant d'utiliser le compost pour délocaliser les apports de fumiers, généralement faits sur sol nu, vers les prairies. Cette technique s'inscrit donc dans l'optique d'une gestion différente des matières organiques, et d'un changement de pratiques agricoles.

INTRODUCTION

1

I CADRE DE L' ETUDE

JOURNAL DE STAGE

2

1.1. LES AGENCES DE L'EAU, ORGANISMES PUBLICS

3

Présentation

3

Fonctionnement

3

Particularités de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse

4

1.2. ETAT DU MILIEU

6

Quelques rappels sur l'azote

7

Situation des eaux superficielles et souterraines

9

Conséquences d'un excès de nitrates dans l'eau

10

Les acteurs de la pollution

11

1.3. UNE AGRICULTURE POLLUANTE

12

Caractérisation de l'agriculture du bassin Rhin-Meuse

12

Comment l'agriculture pollue-t-elle ?

13

Pratiques actuelles d'épandage du fumier

15

Estimation des quantités de nitrates perdues par l'agriculture

16

Les actions de l'Agence de l'Eau : le PMPOA

18

II LE COMPOSTAGE DES FUMIERS DE BOVINS

2. 1. PROCESSUS DU COMPOSTAGE DES DEJECTIONS ANIMALES

20

Qu'est-ce que le compostage ?

20

Etapes du compostage ; paramètres importants

21

Transformations de la matière

23

2.2. PRATIQUES ACTUELLES DU COMPOSTAGE DES EFFLUENTS D'ELEVAGE

24

Techniques de compostage

24

Utilité d'une plate-forme bétonnée ?

27

Epannage

30

Qui composte ?

30

Exploitations potentiellement concernées par le compostage

32

III INTERETS ET LIMITES DU COMPOSTAGE

3.1. COMPARAISON EN COUT ET EN TEMPS

34

Coûts de compostage et d'épandage

34

Facteur temps

35

3.2. UTILISATIONS POSSIBLES ET VALEUR FERTILISANTE DU COMPOST

37

Utilisé sur sol nu

37

Utilisé en couverture sur céréales

38

Utilisé sur prairie

38

3.3. IMPACT SUR LA RESSOURCE EN EAU

40

Risques pendant le compostage

40

Risques au champ

46

3.4. SYNTHESE ET DISCUSSION

52

CONCLUSION

54

BIBLIOGRAPHIE

CARTES ET ANNEXES DANS FASCICULE JOINT

INTRODUCTION

Le problème de la pollution de la ressource en eau par les nitrates d'origine agricole est au premier plan de l'actualité. De nombreux efforts sont faits pour tenter d'améliorer la situation ces **derniers** temps.

Parmi les actions menées aujourd'hui pour résoudre ce problème, il existe :

- des actions volontaires du type des opérations "Ferti-Mieux", qui associent les Organisations Professionnelles Agricoles, les collectivités, **l'Etat**, et les intérêts de l'agriculteur avec la qualité de l'eau ;
- des actions volontaires comme les Mesures Agri-Environnementales, avec une contrepartie financière pour l'agriculteur ;
- des actions réglementaires comme la "directive nitrates".

Les diagnostics préalables aux opérations "**Ferti-Mieux**" mettent en évidence des balances azotées très excédentaires dans **des** exploitations de polyculture élevage, liée notamment à une mauvaise gestion du fumier. Celui-ci est généralement épandu à forte dose, et sa valeur fertilisante n'est pas prise en compte dans le calcul de fertilisation.

Parallèlement, le compostage des engrais de ferme est une technique qui revient au goût du jour, et à laquelle différents organismes s'intéressent. Ce procédé, déjà largement utilisé chez les Agrobiologistes, a la réputation d'être un produit 'noble' et présentant de nombreuses qualités. Ces agriculteurs estiment en effet que le fumier ainsi transformé est plus souple d'emploi et valorisable dans des situations où le **fumier** ne peut l'être correctement. Cette technique permettrait a priori de limiter les pertes en azote.

L'Agence de **l'Eau** Rhin-Meuse, dans le cadre de la lutte contre la pollution par les nitrates, pourrait encourager cette technique auprès des agriculteurs du bassin. C'est là le sujet de ce rapport : le compost pollue-t-il moins que le **fumier** ? Est-ce une technique réalisable pour les agriculteurs ?

Pour permettre de répondre à cette question, nous aborderons la situation de la ressource en eau en terme de pollution dans le bassin Rhin-Meuse. L'activité agraire de cette zone sera caractérisée, et les transferts d'azote agricole expliqués. Nous verrons ensuite comment la gestion des **fumiers** peut poser des problèmes. La technique du compostage sera exposée, et enfin nous étudierons ses intérêts et ses limites pour les agriculteurs, et surtout, si le compost s'avère moins polluant que le fumier.

JOURNAL DE STAGE

Le stage de huit semaines que j'ai réalisé à l'Agence de l'**Eau** Rhin-Meuse, à Moulins-lès-Metz en Moselle avait pour objet la recherche concernant la pratique du compostage et son incidence sur la qualité de l'eau. Faut-il encourager cette technique auprès des agriculteurs dans le cadre du Programme de Maîtrise des Pollutions d'origine Agricole ?

J'ai donc réalisé un travail de recueil et de synthèse d'informations, à travers la bibliographie existante, mais aussi par la rencontre de nombreuses personnes.

- Des personnes de l'Agence de l'**Eau** : Mlle Claire **RIOU**, M. SALLERON, M. Guillaume **DEMORTIER**, de la division "Milieu Naturel et Données Techniques".

- . Des agriculteurs qui pratiquent le compostage, M. André **DUVAL** à Maconcourt, dans les Vosges ; M. Jacques **DELATTE**, agriculteur biologique en Meurthe-et-Moselle.

- . Des professionnels de différents organismes : M. Marc **BENOIT**, directeur de la station de l'**INRA** de Mirecourt ; M. **PIERRE**, directeur d'**Agrivair**, société filiale de Perrier Vittel S.A. ; Mlle Stéphanie **PETIT** et M. Jean-Claude **MOURAIN**, du Centre de Groupement des Agrobiologistes, à Toul ; Mlle Pascaline **LOEWENGUTH**, de l'**ITCF** à St Hilaire en Woëvre dans la Meuse ; Mlle **ANTOINE**, Mlle **TARANT** et M. **HESTROFFER**, du Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy en Moselle.

Par ailleurs, afin de mieux connaître le bassin Rhin-Meuse, son agriculture et les opérations Ferti-Mieux, j'ai participé à des réunions (comités techniques, ou de pilotage pour les opérations Ferti-Mieux) en Alsace ou Lorraine. J'ai pu également assister au colloque **Ferti-Mieux** qui a eu lieu le 19 Janvier 1996, à l'**Hôtel** de Région à Metz.

1.2.1. QUELQUES RAPPELS SUR L'AZOTE (SNIE et al., 1990 ; SOLTNER, 1992 ; Agence de l'Eau Artois Picardie et al., 1994)

1.2.1.1 GENERALITES (cf. figure n° 1 en page de gauche)

L'azote est omniprésent dans la nature. On le rencontre dans l'atmosphère (l'air en contient **70%**), l'eau, le sol, et la biomasse. Avec le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, c'est un constituant essentiel des protéines. Tout être vivant doit donc nécessairement absorber de l'azote, et en rejette aussi.

L'azote atmosphérique n'est directement utilisable que par une infime partie des espèces vivantes. Seules certaines bactéries du sol, associées à des plantes légumineuses (Rhizobium) ou non (Azotobacter, Clostridium), sont capables de le fixer. De manière anecdotique, les décharges électriques des orages oxydent l'azote gazeux sous forme minérale. C'est aussi à partir de l'azote de l'air que l'on synthétise les engrais azotés. Le tableau n°2 ci-dessous présente différentes formes d'azote et leurs noms.

Tableau n°2 : différentes formes d'azote.

Formule chimique	Nom chimique	Forme d'azote
N_2	diazote	azote atmosphérique
NH_3	ammoniac	azote atmosphérique
$\begin{array}{c} R - COOH \\ \\ NH_2 \end{array}$	dérivé organique	azote organique
NH_4^+	ion ammonium	azote ammoniacal
NO_2^-	ion nitrite	azote nitreux
NO_3^-	ion nitrate	azote nitrique

Les végétaux puisent l'azote minéral (ils utilisent principalement les nitrates) contenu dans le sol, et les animaux couvrent leurs besoins azotés en se nourrissant de plantes ou d'autres animaux. Il est ensuite restitué dans leurs déjections, et à leur mort.

1.1.2.2. L'AZOTE DANS LE SOL

L'azote dans le sol se rencontre sous trois formes : gazeux, organique et minéral.

- L'azote **gazeux** se situe dans l'air des porosités du sol.

- **L'azote organique** se retrouve dans la matière organique du sol, qui présente trois états de décomposition de la matière organique vivante (la biomasse) :

PROCESSUS DE TRANSFORMATION DE L'AZOTE DANS LE SOL

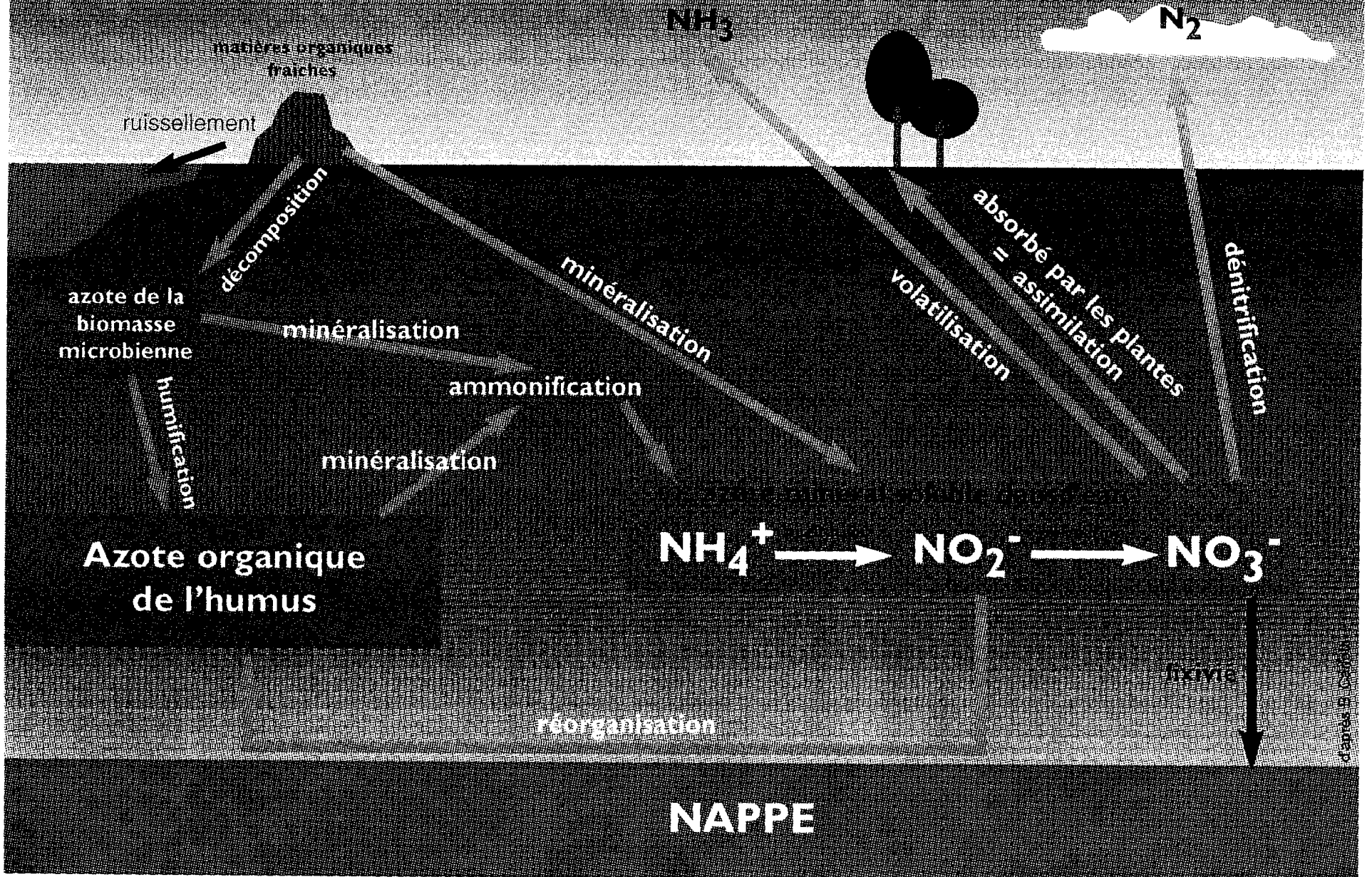


Figure n°3

- la matière organique **fraîche**, composée de débris végétaux comme les résidus de cultures (cannes, pailles, racines...), et de matières animales comme les animaux morts, les urines et fèces ;

- les produits transitoires ou biomasse microbienne, qui résultent de la décomposition active de la matière organique **fraîche**. Une grande partie de ces produits se trouve sous forme de corps microbiens et de leurs sécrétions ;

- l'humus stable, qui contient **90%** de l'azote organique du sol, soit environ deux tonnes par hectare. Il est synthétisé à partir de cette biomasse microbienne. C'est un mélange très complexe de composés humiques.

Les matières organiques améliorent les propriétés physiques et chimiques des sols, et stimulent leur activité biologique.

. **L'azote minéral** est représenté par deux principales formes : les ions ammonium (NH_4^+) et nitrate (NO_3^-) ; ce dernier constitue l'azote assimilable par les plantes. L'ion nitrite (NO_2^-) est un composé peu stable, **intermédiaire** entre les deux premiers. Ces ions sont solubles dans l'eau. La figure n°3 ci-contre montre leurs devenir possibles : dénitrification, volatilisation, assimilation par les plantes, humification (ou immobilisation) ou **lixiviation**² dans l'eau. C'est principalement l'ion nitrate qui est concerné par la lixiviation : l'ion ammonium, de charge positive, peut être retenu par le complexe argilo-humique qui porte une charge négative ; et l'ion nitrite a tendance à se transformer en ion nitrate.

La minéralisation est un processus de simplification des molécules : il permet en deux étapes le passage de l'azote sous forme organique à l'azote sous forme minérale. L'humification correspond à la construction de molécules de plus en plus grosses : on passe de formes telles que NO_2^- , NO_3^- à l'azote organique.

1.1.2.3 FACTEURS INFLUENÇANT LE CYCLE DE L'AZOTE

La minéralisation est favorisée par les facteurs qui conditionnent l'activité des **micro-**organismes qui la réalisent :

- des températures douces (**>4°C**), l'optimum étant **30°C**,
- une humidité proche de l'humidité **à** la capacité au champ (lorsque les macroporosités du sol se sont vidées),
- les alternances climatiques du type gel / dégel ou sécheresse / réhumectation,
- un sol de pH neutre, **suffisamment** riche en calcium, et aéré.

² Lixiviation : entraînement des éléments dissous dans l'eau vers les nappes.

La minéralisation a donc lieu principalement aux saisons douces et assez pluvieuses : Printemps et Automne pour les régions du bassin Rhin-Meuse. Ce phénomène peut-être maîtrisé dans des conditions de laboratoire, mais dans le milieu naturel, on ne peut pas prévoir quand il va commencer, puisqu'il est fortement lié aux conditions climatiques.

1.2.2. SITUATION DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES

1.2.2.1. COURS D'EAU

Cette situation peut s'évaluer à partir des résultats d'analyses réalisées dans le bassin, mais aussi au vu de l'état **d'eutrophisation³** des eaux **superficielles**.

Les cartes D et E (cf. fascicule) représentent les principaux cours d'eau du bassin Rhin-Meuse. La carte en page de gauche (**D**) montre l'état actuel de pollution de ceux-ci, à partir de critères donnés en annexe II. Elle a été établie grâce à des mesures prises dans 224 stations réparties dans tout le bassin. La carte en page de droite (E) expose les objectifs de qualité fixés par l'Agence. On remarque un écart entre ces deux cartes. Pour 57% des stations de mesures, la qualité de l'eau est conforme aux objectifs. Les 43% restants ont un ou deux rangs d'écart avec l'objectif fixé. Par ailleurs, on constate que sur les 224 stations, environ 70% ont pendant la majorité du temps une concentration en nitrates qui induit un niveau de pollution "notable" (>25 mg/L) à "excessif" (>50 mg/L).

Un rapport technique sur l'eutrophisation des eaux superficielles en Moselle (Agence de l'Eau Rhin-Meuse et al., 1993) conclut que ce phénomène "atteint toutes les grandes rivières (Moselle, Sarre, Seille, Nied, Orne, Albe) et la majorité des autres cours d'eau, en particulier sur le plateau lorrain.". La carte F illustre ce propos.

1.2.2.2. NAPPES

Les cartes G et H présentent les teneurs en nitrates dans les nappes aquifères se situant à l'Ouest des Vosges en 1986 et en 1992. Ces concentrations ont augmenté, et l'on trouve plus d'endroits où elles dépassent 50 mg/L. La situation s'est donc dégradée avec le temps.

³ L'eutrophisation est la prolifération d'algues et de plantes aquatiques due à un excès de phosphore et d'azote.

En ce qui concerne la nappe d'Alsace, la surface non utilisable du fait des pollutions **diffuses**, notamment liées aux nitrates, augmente avec les années comme le montre le tableau n°4 suivant. Il faut noter que la nappe a une superficie totale de 2800 **km²**.

Tableau n°4 : surface de nappe non potable (**km²**) du fait des pollutions diffuses

en 1970	en 1983	en 1992	prévision 2000
20	113	230	470

Source : Agence de l'eau Rhin-Meuse

1.2.3. CONSEQUENCES D'UN EXCES DE NITRATES DANS L'EAU

L'excès d'azote dans l'eau pose aussi bien des problèmes pour l'eau destinée à la consommation humaine et animale que pour les milieux naturels.

1.2.3.1. NUISANCES POUR LA SANTE HUMAINE (OMS, 1986 ; S.D.E.A., 1993 ; DENIS, 1994 ; **SOBERKA** et al., 1995)

Ce sont les nitrites, issus de la réduction des nitrates, qui présentent en fait un danger. Ils réduisent l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre au transport d'oxygène, d'où asphyxie des tissus. La méthémoglobinémie concerne les enfants en bas âge, chez qui elle provoque une cyanose.

Par ailleurs, les nitrites peuvent se transformer en nitrosamines, composés suspectés d'être cancérigènes. Cependant, les études faites à ce sujet n'ont pas fourni de preuves concluantes d'un lien entre cancer et nitrates contenus dans l'eau.

Parmi tous les nitrates que nous absorbons, la plupart viennent de la nourriture. D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la dose journalière admissible (DJA) est pour les nitrates de **5 mg/kg** de poids corporel, et de **0,2 mg/kg** pour les nitrites. A partir de la quantité moyenne de ces composés absorbés dans notre alimentation "solide" (qui est de 134 mg de NO₃⁻), et en estimant la consommation à deux litres d'eau, on obtient la norme pour l'eau potable, qui est de **50 mg/L** d'ions nitrates, et de **0,1 mg/L** d'ions nitrites. Cependant une concentration de **25 mg/L** de nitrates est considérée comme un "niveau guide" de la pollution. Dès que ce niveau est atteint dans une rivière ou une nappe souterraine, il est important de chercher à déterminer l'origine de la pollution, et d'envisager des actions permettant d'enrayer l'augmentation des teneurs en NO₃⁻. Dans le cas où la pollution est de source agricole et liée à une mauvaise gestion de la fertilisation azotée, cela peut se traduire par la mise en place d'opérations de conseils de type Ferti-Mieux

1.2.3.2. NUISANCES POUR LA SANTE ANIMALE (Terre et eau d'Alsace, 1994)

L'excès de nitrates dans l'alimentation peut entraîner une intoxication qui se traduit par des difficultés à respirer, une faiblesse généralisée et la coloration brune du sang. Pour le cheval, le porc et les volailles, c'est l'eau de boisson qui est le plus souvent responsable de l'intoxication.

1.2.3.3. NUISANCES POUR L'ENVIRONNEMENT (Agence de l'Eau Rhin-Meuse et al., 1993 ; DENIS, 1994)

La présence d'azote associé au phosphore dans les cours d'eau peut y provoquer l'eutrophisation. Cela arrive en période d'ensoleillement comme l'été, sur des rivières à cours très lent, lacs, étangs, retenues d'eau ainsi que les eaux du littoral. Dans ces conditions (phosphore + azote + soleil), les algues n'ont plus de facteur limitant leur développement, et croissent très rapidement à la surface de l'eau. Par contre, en profondeur, la photosynthèse diminue faute de lumière, et l'eau va s'appauvrir en oxygène. Les végétaux meurent et se décomposent, dégageant de l'hydroxyde de **soufre (H₂S)** et de l'ammoniac (NH₃) qui sont toxiques. Ceci entraîne un ralentissement, voire la mort, de la vie aquatique.

L'excès d'azote, que ce soit dans de l'eau de consommation ou dans l'eau des rivières, représente donc un danger. D'où vient cet azote ?

1.2.4. LES ACTEURS DE LA POLLUTION

Il n'est pas toujours évident de quantifier la contribution de chaque activité à la pollution par les nitrates, car toutes en produisent. Les industries, les collectivités, et l'agriculture rejettent de l'azote dans l'eau.

Au niveau national, la répartition des rejets est estimée pour **deux tiers venant de l'agriculture**, le reste venant des collectivités et de l'industrie, comme le détaille le tableau n°5 suivant.

Tableau n°6

Systemes d'exploitation en Lorraine, par orientation en %

	1979	1993
Céréales et grandes cultures	9	11
Bovins Lait	17	16
Bovins Viande	3	7
Bovins Mixtes	6	8
Ovins, caprins et autres herbivores	14	15
Herbivores et grandes cultures	11	17
Autres	40	26

Source : SRSA

Tableau n°5 : Rejets d'azote en tonnes par an.

Origine	Eaux superficielles	Eaux souterraines	TOTAL
Domestique et industrielle	300 000	40 000	340 000
Elevage	250 000	100 000	720 000
Cultures	20 000	350 000	
TOTAL	570 000	490 000	1 060 000

Source : Agence de l'Eau Seine Normandie

1.3. UNE AGRICULTURE POLLUANTE

A travers le chapitre précédent, nous avons pu constater que la situation des cours d'eau et des nappes du bassin Rhin-Meuse se détériore. Même si elle n'est pas catastrophique, elle n'en est pas moins préoccupante. -Nous avons vu aussi que l'agriculture est en grande partie responsable de la pollution par les nitrates. Dans ce chapitre, il sera fait un bref aperçu de l'agriculture du bassin. Ensuite, nous nous attacherons à expliquer comment l'azote arrive jusqu'à l'eau, et en quelle quantité. Enfin, nous nous intéresserons aux pratiques agricoles polluantes, et à ce que fait l'Agence de l'Eau pour les maîtriser.

1.3.1. CARACTERISATION DE L'AGRICULTURE DU BASSIN RHIN-MEUSE

Les Services Régionaux de Statistique Agricole recensent régulièrement le nombre d'exploitations et leurs caractéristiques, par départements et régions. Voici les caractéristiques agricoles des différentes régions du bassin.

1.3.1.1. L'AGRICULTURE LORRAINE EN 1993

Pour simplifier cette présentation l'agriculture de la partie lorraine du bassin **Rhin-Meuse** sera assimilée à celle de la région lorraine toute entière. En tout, 21 650 exploitations exploitent un peu plus d'un million **d'hectares**. Le tableau **n°6** ci-contre en présente les systèmes d'exploitation. Nous pouvons voir que l'élevage concerne une majorité des exploitations. Les bovins sont au nombre de 990 020 têtes, les ovins 283 000, et les porcins 94 140. La surface

Tableau n°7

Systèmes d'exploitation en Alsace, par orientation en %

	1979	1993
Céréales	9	25
Grandes cultures	2	7
Bovins Lait	13	6
Herbivores et grandes cultures	18	8
Viticulture	21	27
Polyculture	7	7
Autres	24	20

Source : SRSA

fourragère totale recouvre 645 200 ha, dont 53 000 en maïs fourrage. Les principales cultures de vente sont le blé, le colza, l'orge d'hiver, de printemps, et le maïs grain.

1.3.1.2. L'AGRICULTURE DE LA PARTIE CHAMPAGNE-ARDENNES SITUEE DANS LE BASSIN RHIN-MEUSE

Il est difficile de donner des statistiques concernant cette partie du bassin puisque le "découpage" de celui-ci ne suit pas les limites administratives. Cependant, d'après l'expérience du personnel de **l'Agence de l'Eau** qui intervient là-bas, **la** plupart des exploitations sont en polyculture élevage, du même type que celles qu'on trouve en Lorraine.

1.3.1.3. L'AGRICULTURE ALSACIENNE EN 1993

Elle est plus diversifiée, comme le montre le tableau **n°7** ci-contre, et comprend 17 750 exploitations sur 337 000 hectares de SAU (Surface Agricole Utile). Les principales cultures sont le maïs grain (116 400 ha, soit près de 3 5% de **la SAU**), le blé, l'orge, la vigne, et la surface fourragère occupe 140 000 ha, dont 25 000 de maïs fourrage. Le cheptel s'élève à 192 060 têtes de bovins, 47 690 d'ovins et 86 880 de porcins. Ces élevages sont souvent conduit en système hors-sol, ce qui entraîne des quantités importantes de déjections à répartir sur les cultures de printemps notamment.

L'agriculture située dans le bassin Rhin-Meuse est donc principalement de l'élevage bovin, producteur de **fumier**⁴ et des grandes cultures et céréales, dont une part importante de maïs. Comme nous allons le voir, l'agriculture est facteur de pollution, notamment concernant l'azote. Cela vient en partie d'une mauvaise gestion de cet élément.

1.3.2. COMMENT L'AGRICULTURE POLLUE-T-ELLE ?

L'agriculture peut être responsable de la pollution des eaux à plusieurs niveaux :

- au niveau mécanique, par les particules de terre issues de l'érosion des sols nus, qui sédimentent dans les cours d'eau,
- au niveau des produits phytosanitaires, souvent dangereux voire toxiques, et qu'on ne connaît pas toujours très bien,

⁴ Fumier = mélange **de** paille de la litière et des déjections animales.

Mécanismes de transfert

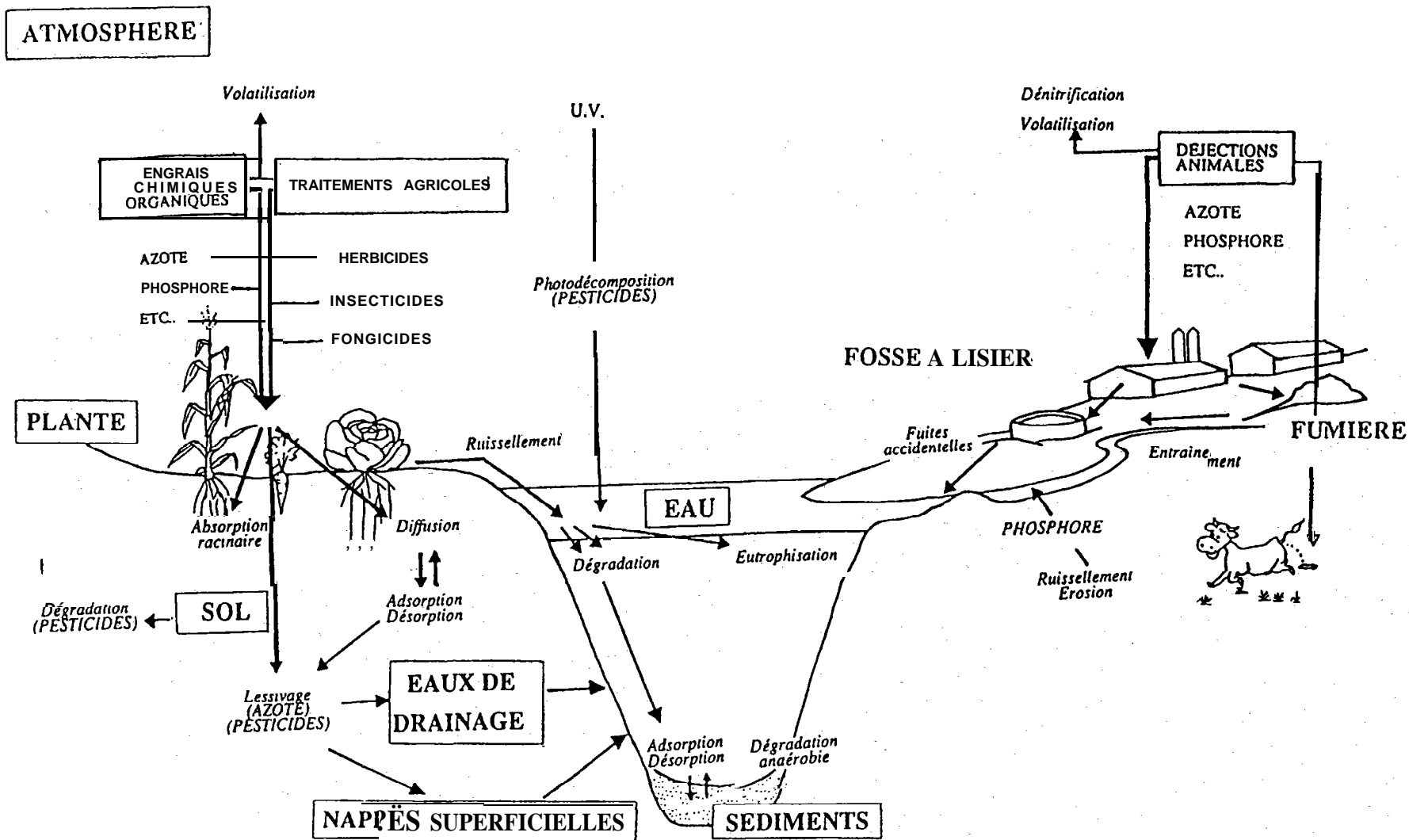


Figure n°8

Extrait de : Les polluants agricoles de l'Eau - J.C. SIMON et P.JAMET (I.N.R.A.) - 1991

- au niveau des matières organiques,
- au niveau des éléments fertilisants tels que **le** phosphore et l'azote.

Voyons comment se font les transferts d'azote de l'exploitation agricole vers les cours d'eau et les nappes, ce que schématise la figure **n°8**, en page de gauche.

1.3.2.1. POLLUTION DES COURS D'EAU : RUISSELLEMENT

La pollution des cours d'eau par l'azote d'origine agricole peut se faire suivant deux modes (**GAILDRAUD**, 1995) :

- la pollution par les bâtiments d'élevage, par rejet direct ou indirect d'effluents animaux (jus de fumiers, lisiers), parfois végétaux (jus de silos), du fait d'absence de fosse étanche, de mauvais dimensionnement de ces fosses...

- la pollution à partir des parcelles cultivées, et des intrants (fumiers, lisiers, engrais de synthèse) épandus sur ces parcelles. Ceux-ci parviennent généralement au cours d'eau par ruissellement épidermique⁵ ou **hypodermique**⁶.

Dans le bassin Rhin-Meuse, la carte 1 (**cf.** fascicule joint) montre la pression de pollution exercée par les élevages sur les eaux superficielles. De nombreux cours d'eau sont donc concernés.

1.3.2.2. POLLUTION DES NAPPES : LIXMATION

Lorsqu'ils ne sont pas absorbés par le système racinaire des végétaux ni réorganisés par voie microbienne, les nitrates s'accumulent dans l'eau du sol. En période déficitaire en pluie, ils remontent par capillarité vers la surface. En période de pluies excédentaires, ils migrent vers les horizons profonds (**TEILHARD DE CHARDIN**, 1990). Le lessivage des nitrates vers les nappes est donc la conséquence de deux faits (Agence de l'eau Rhin-Meuse, 1994) :

- présence de nitrates dans le sol, en quantité supérieure à ce que peut absorber le couvert **végétal**, ou se situant sous la zone racinaire (ce qui fait qu'ils ne peuvent plus être "pompés" par les plantes, et difficilement réorganisés, car avec la profondeur, le nombre de micro-organismes diminue);

- excès d'eau dû à la pluviométrie ou à une irrigation supérieure à la rétention d'eau du sol.

⁵ Ruissellement épidermique = **sur la surface** du sol.

⁶ Ruissellement hypodermique = dans le sol. en "coulant" sur une couche de roche **impermeable**.

Dans ces conditions, les nitrates, qui sont des éléments solubles dans l'eau, sont entraînés avec l'eau vers la nappe. Ces conditions peuvent être réunies au Printemps et surtout en Automne-Hiver (période où les nappes se "remplissent"), du fait :

- d'une surfertilisation, liée à une évaluation inadéquate des besoins en azote des cultures, telle que la surévaluation du rendement et donc des besoins, ou la non prise en compte de l'apport du sol et des amendements organiques ;
- d'un apport d'azote décalé par rapport aux besoins de la culture ;
- d'un objectif de rendement qui n'a pas été atteint (la culture n'a pas pu valoriser tout l'azote qu'elle avait à sa disposition) ;
- des sols nus en hiver ;
- des retournements de prairie.

1.3.3. PRATIQUES ACTUELLES D'EPANDAGE DE FUMIER

Le **fumier** est généralement épandu avant labour, et éventuellement en couverture sur prairie.

- Souvent, il est apporté en été, juste après les moissons, sur chaumes, ou bien avant les labours de printemps. Ce sont les céréales d'hiver et de printemps qui sont concernées, et surtout le maïs (TEILHARD DE CHARDIN, 1990).

- Les agriculteurs craignent souvent d'apporter du **fumier** sur prairie destinée à la fauche ou pâturée. Les déjections contiennent des organismes pathogènes qui risquent de contaminer le troupeau en pâture ou l'ensilage à cause des mottes qui ne se décomposent pas. De plus, les animaux sont repoussés par l'odeur du fumier dans leur prairie, et peuvent **refuser** d'y paître.

- Les parcelles réceptrices sont généralement les mêmes. De plus, les doses épandues sont couramment excessives (supérieures à 60 tonnes par hectare) et ne sont pas prises en compte dans le calcul pour la fertilisation, comme le démontrent de nombreuses enquêtes préalables à Ferti-Mieux sur les pratiques des agriculteurs (Chambre d'Agriculture de Moselle, 1995 ; Comité de pilotage **FERT'ILL**, 1995 ; **GAURY, 1992**).

La pollution vient donc en partie d'une mauvaise gestion de l'azote, et notamment de l'azote contenu dans les déjections animales. Une diminution des doses à l'hectare contribuerait à limiter la pollution azotée. Composter les fumiers le permettrait-il aussi ? Avant d'essayer de répondre à cette question, nous allons voir à quelle hauteur l'agriculture peut être responsable des nitrates que l'on retrouve dans l'eau.

1.3.4. ESTIMATION DES QUANTITES DE NITRATES PERDUES EN AGRICULTURE

La carte J présente les différentes zones hydrogéologiques (eaux souterraines) et hydrologiques (eaux superficielles) touchées par les nitrates d'origine agricole dans le bassin Rhin-Meuse. Pour quantifier l'apport de l'agriculture, plusieurs approches sont à notre disposition : globalement sur bassin Rhin-Meuse ; sur le bassin versant du Rhin ; et sur des petites unités géographiques, où il est plus facilement possible de comparer la contribution de l'agriculture à celle des autres activités économiques.

1.3.4.1. SUR LE BASSIN RHIN-MEUSE

L'Agence de l'eau Rhin-Meuse a réalisé une étude concernant les flux d'azote agricole en Lorraine et Alsace de 1980 à 1993 (HAUG et al., 1994). A partir des statistiques agricoles, effectuées par le Service Régional de Statistiques Agricoles (SRSA), un bilan global départemental simplifié a été établi : l'excédent d'azote résulte de l'apport d'azote animal et de l'apport d'engrais chimique, diminué de l'exportation d'azote par la récolte.

Ce bilan nous donne une idée générale de l'excès d'azote agricole, et représente des tendances globales, même si de nombreux facteurs ont été négligés, et s'il ne s'agit que d'une estimation globale où les excès sont "compensés" par des déficits.

Voici les résultats qui en ressortent :

Apport d'azote animal :

les effectifs d'animaux varient peu dans la période pour les départements lorrains. Pour l'ensemble des départements, l'apport moyen d'azote animal présente une diminution légère mais constante de 57 à 52 **kg/ha**, qui est due à la diminution assez forte des porcins. En Alsace, ce mouvement est beaucoup plus prononcé : de 59 à 42 **kg/ha**.

L'apport total animal résulte principalement de l'élevage de bovins à plus de 90% en Lorraine, et plus de 80% en Alsace.

Apport d'azote d'engrais chimique :

cet apport à l'hectare a très fortement augmenté dans la période pour tous les départements. Les valeurs se sont accrues en treize ans de 100% en Lorraine et de 46% en Alsace. Néanmoins, en 1980, les niveaux de **fumure** minérale étaient nettement plus importants en Alsace. Ils sont en 1993 du même ordre dans les deux régions. En moyenne, sur tout le territoire étudié, on constate une augmentation des doses continue de 60 à 110 kg d'azote par hectare, soit une augmentation de 80% sur la période considérée.

Tableau n°9

Valeurs des mesures de lixiviation de nitrates réalisées de 1989 à 1992 en Lorraine

Couvert végétal	Moyennes en mg de NO ³⁻ par litre	Ecart-types
Forêts	2	-
Prés de fauche	19	14
Luzerne	23	8
Prairies temporaires	28	-
Pâtures	31	25
Céréales de printemps	32	20
Blé d'hiver	46	25
Orge d'hiver	62	55
Colza	120	-
Mais fourrager	126	77

Source : **BENOIT**, 1996, d'après **GAURY**, 1992

Les excédents en azote :

ils varient fortement d'une année sur l'autre, avec des tendances opposées entre la Lorraine et l'Alsace. Les excédents sont élevés dans les départements de la Moselle, les Vosges et la Meurthe et Moselle où ils sont de l'ordre de 59 **kg/ha**. Ils sont moins élevés dans la Meuse (39 **kg/ha**) et en Alsace, où ils ne dépassent pas 30 **kg/ha** en moyenne. Parmi cet excédent, une partie va se réorganiser sous forme d'azote organique, et l'autre restera susceptible d'être lessivée. Il n'est pas possible de savoir dans quelle proportion la réorganisation se réalisera.

Le tableau n°9 ci-contre, établi par l'INRA de Mirecourt (Vosges), montre les mesures de lixiviation de nitrates réalisées de 1989 à 1992, sous différents couverts en Lorraine. Malgré la grande variabilité des résultats, cela nous permet de "classer" les cultures en fonction de leur potentiel de pollution. Cela semble confirmer l'ordre de grandeur de l'étude citée plus haut.

A partir de ces données, il est possible de réaliser un calcul afin d'avoir une idée de la concentration de l'eau drainée ou lixiviée. Le drainage hivernal moyen est estimé à 200 mm en Lorraine et 120 mm en Alsace (RAMON S., communication personnelle). En estimant arbitrairement que 50% de l'excédent sera lixivié, nous arrivons aux concentrations présentées dans le tableau n°10 suivant.

Tableau n°10 : Exemple de la qualité de l'eau produite en fonction de la quantité d'azote drainé

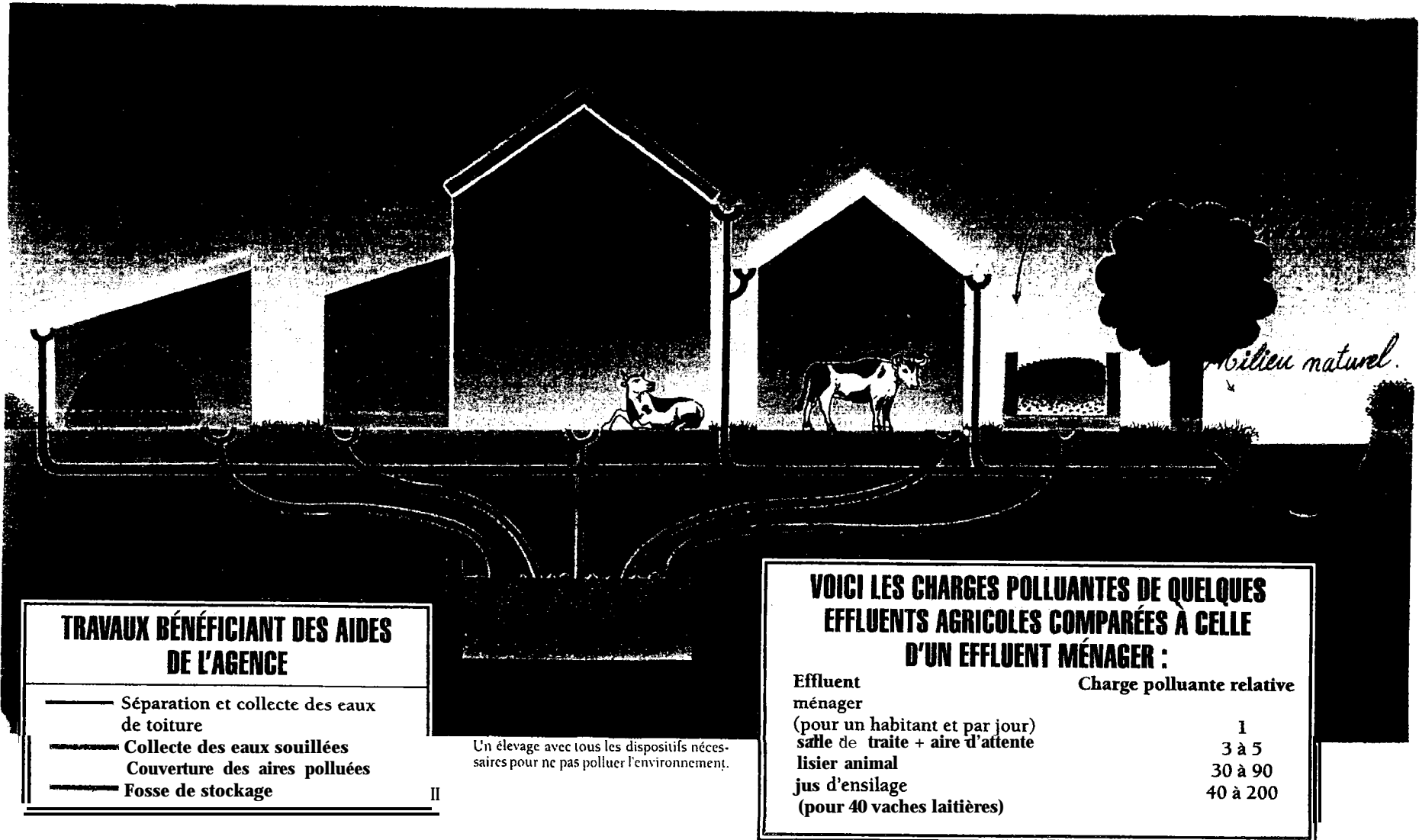
	Quantité d'azote drainé	Quantité de nitrates drainés (1)*	Drainage hivernal (2)	Concentration (1) / (2)
Lorraine	30 kg/ha	132 000 000 mg / ha	2 000 000 L / ha	66
Alsace	15 kg/ha	66 000 000 mg / ha	1 200 000 L / ha	55

* En considérant qu'un gramme d'azote N donne 4,4 grammes de nitrates NO_3^-

1.3.4.2. SUR LE BASSIN VERSANT DU RHIN

Sur ce bassin versant (et donc celui de la Moselle, puisqu'elle s'y jette en Allemagne), la Commission Internationale pour la Protection du Rhin contre la Pollution a estimé dans son rapport d'activités de 1992 (CIPRP, 1992) que l'agriculture était responsable chaque année d'un apport **diffus** d'azote de 26 600 tonnes.

Figure n°11



1.3.4.3. SUR DES PETITES UNITES

Sur des petites unités comme un petit bassin versant ou la zone de captage d'une source, il devient plus évident de quantifier la part de l'agriculture. En effet, on y connaît précisément toutes les activités, le nombre d'habitants, etc...

Par exemple, dans la zone de Sierck-les-Bains (Moselle), une étude a permis d'estimer le flux d'azote agricole (Chambre d'agriculture de la Moselle, 1995). Il représente 352 tonnes par an, dont 240 venant de la production animale, ce qui correspond à 90% du flux d'azote total (395 tonnes), le reste venant des habitants.

De même, dans la vallée de la Bar (Ardennes), la pollution due aux nitrates du captage en eau potable de Sy par exemple vient uniquement de l'agriculture, puisque c'est la seule activité présente dans le périmètre de protection du captage d'eau potable (**MORLOT**, 1992).

L'agriculture manipule donc beaucoup d'azote, et si cet azote est mal géré, il peut présenter des risques de pollution importants. L'agence de **l'Eau** Rhin-Meuse mène différentes actions pour diminuer ce risque.

1.3.5. LES ACTIONS DE L'AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE : LE PROGRAMME DE MAITRISE DES POLLUTIONS D'ORIGINE AGRICOLE (PMPOA)

1.3.5.1. LUTTE CONTRE LA POLLUTION PAR LES ELEVAGES (**DENIS**, 1994)

Il s'agit de réaliser au siège de l'exploitation des travaux de maîtrise de la pollution et d'améliorer la gestion des épandages **afin** d'éviter toute vidange dans le milieu naturel. Il s'agit aussi de valoriser au mieux ces déjections pour fertiliser la surface agricole en tenant compte du pouvoir épurateur des sols. Ce programme, appelé improprement "mise aux normes" doit suivre trois règles.

- L'implantation ou la délocalisation de bâtiments par rapport aux tiers : cette règle, seulement valable pour les nouveaux bâtiments, fixe les distances à respecter pour éviter les nuisances générées par l'élevage.

- L'aménagement et la réalisation conforme : ce précepte exige l'étanchéité des bâtiments ainsi que la séparation et la récupération des eaux souillées et des eaux pluviales (murs imperméables, gouttières obligatoires. ...cf. figure **n°11** en page de gauche).

- Le stockage et l'utilisation des effluents d'élevage : le stockage devra se faire pendant une période de quatre mois minimum (sauf pour le fumier compact pailleux, pour lequel deux mois suffisent) sur ou dans des ouvrages totalement étanches. L'utilisation de ces

effluents impose le respect du plan d'épandage où sont signalés les dates possibles d'épandage, les volumes et quantités d'azote épandables, les parcelles réceptrices, la nature des cultures et le délai d'enfouissement.

Dans ce cadre, l'Agence de l'Eau s'interroge sur l'utilité d'encourager le compostage des déjections animales.

L'Agence de l'eau finance un tiers de ces travaux, **l'Etat** et les collectivités un tiers, et le tiers restant est à la charge de l'exploitant.

A terme, si un agriculteur n'a pas réalisé ces travaux et ne respecte pas le plan d'épandage, il devra payer une redevance en fonction des rejets de son élevage, comme le font actuellement les industries et les collectivités.

1.3.5.2. OPERATIONS FERTI-MIEUX

L'objectif est de réduire les fuites de nitrates par un meilleur raisonnement de la gestion de l'azote sans perte de revenu pour l'agriculteur. Ces actions sont sanctionnées d'un label certifiant la qualité des actions menées à un échelon local. Les labels sont attribués par un comité scientifique local et exigent le respect d'un cahier des charges élaboré par le **CORPEN**.

Ces opérations de conseil et d'information supposent l'acquisition de références et d'indications précises sur les objectifs de rendement, sur les fournitures en azote du sol, et le cas échéant la valeur fertilisante des déjections animales. Elles sont recueillies sur des unités hydrogéographiques telles que les bassins versants, par le biais de mise en place de parcelles de démonstration. Une fois les références acquises, les conseils de fertilisation sont distribués sous la forme de fiches techniques d'informations. Elles sont destinées à sensibiliser et à guider les agriculteurs dans l'ajustement de leur fertilisation, adapté à un objectif de rendement réaliste. Des tours de plaine et des journées "portes ouvertes" sont aussi organisés afin de présenter de manière visuelle les résultats obtenus en matière de fertilisation raisonnée.

Il s'agit donc d'actions incitatives et qui sont basées sur le volontariat des agriculteurs. Il en existe dix dans le bassin Rhin-Meuse, localisées sur des nappes superficielles donc très vulnérables (cf. cartes K et L). L'une d'entre elles intègre les techniques de compostage, comme nous le verrons dans le paragraphe 3.3.2.5.

Voyons à présent qu'est-ce-que le compostage, et comment il se pratique.

SECONDE PARTIE

LE COMPOSTAGE

DES FUMIERS DE BOVINS

2.1. PROCESSUS DU COMPOSTAGE DES DEJECTIONS ANIMALES

2.1.1. QU'EST-CE QUE LE COMPOSTAGE ?

2.1.1.1. DEFINITION

“Le compost est le produit obtenu lors du compostage de déchets organiques. Le compostage peut être défini comme un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation des substrats organiques en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques” (MUSTIN, 1987).

Dans la pratique, le compostage est l'opération qui consiste à faire fermenter des déchets organiques en présence d'oxygène de l'air.

Cette technique peut être utilisée pour valoriser de nombreux déchets : restes de collectivités, boues de station d'épuration, sous-produits agro-alimentaires et ligneux, résidus d'abattoirs, et déjections animales telles que les fumiers, auxquels nous allons plus particulièrement nous intéresser.

2.1.1.2. LE COMPOSTAGE DES FUMIERS DE FERME (Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy, 1995)

Le compostage consiste à disposer le fumier des bovins dans des conditions aérobies⁷ qui vont lui permettre d'évoluer. Pour ce faire, il faut le retourner et le brasser, afin de le ventiler. Le fumier va entrer en fermentation. Des micro-organismes (bactéries, champignons, **actinomycètes**⁸...) vont se développer et faire chauffer ce produit jusqu'à une température de 70°C environ. En quelques semaines, le fumier va sous cette action se transformer en un produit désodorisé, de couleur foncée, de faible granulométrie, qui a changé de composition chimique, et qui a diminué de 40 à 60% en volume. Si l'on poursuit ce compostage, on assiste alors à une maturation du produit, conduisant à du terreau.

⁷ Conditions aérobies : **en présence d'air**

⁸ Les actinomycètes sont ces champignons unicellulaires.

Tableau n° 12

Comparaison fumier / compost

	Fumier	Compost
Aspect	tas pailleux	tas de terreau
Couleur	jaunâtre	brun-roux
Odeur	forte et désagréable	"sous-bois", noir
Composition chimique	matières organiques fraîches	matières organiques humifiées
Consistance	hétérogène, en blocs	granuleuse, homogène

D'après MANTEAUX, 1995

Figure n°13 : différence visuelle fumier frais / fumier en cours de compostage.



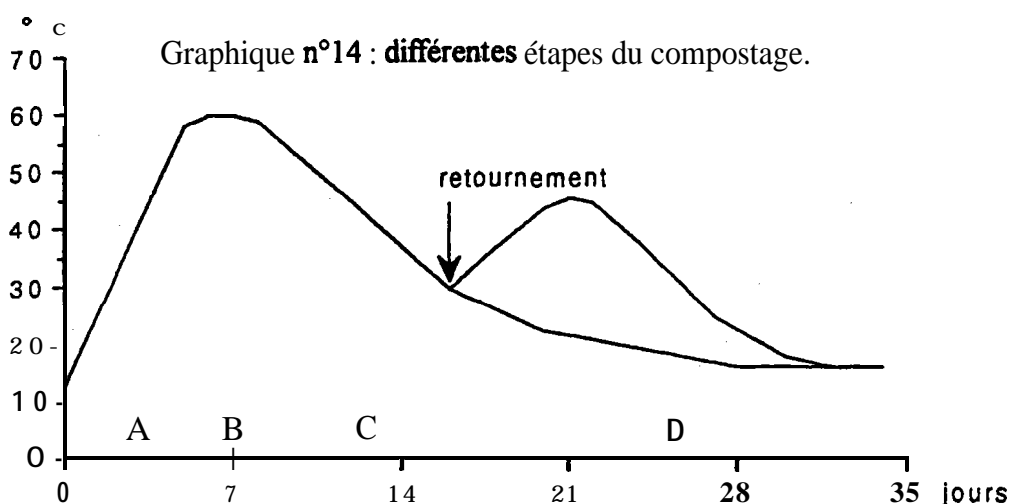
Photo : A. PETIT, AERM

Le compost est un produit **différent** du **fumier**. Le tableau n° 12 et la figure n°13 ci-contre présentent ces différences. Le fumier de dépôt n'est pas non plus un compost, même s'il a évolué (c'est un siège de fermentations anaérobies) par rapport au matériau de départ.

Différentes étapes, accompagnées d'un changement de composition, caractérisent ce processus.

2.1.2. ETAPES DU COMPOSTAGE ET PARAMETRES IMPORTANTS (GODDEN, 1994)

C'est à partir de l'évolution de la température que l'on définit les différentes phases du compostage, comme on peut le voir sur le graphique n°14 ci-dessous.



Exemple d'évolution de température pendant le compostage

Phases: A: **mésophile**, B: **thermophile**, C: de refroidissement, D: de maturation
Source : GODDEN, 1994

Chacune de ces phases est caractérisée par une microflore spécifique, le tableau n°15 ci-dessous montre les groupes microbiens dominants typiques à chacune d'elle.

Tableau n° 15 : caractérisation des phases de compostage

Nature des phases	Evolution des températures	Groupes microbiens dominants
Mésophile	de la T.A. à 30-40 °C	bactéries et champignons mésophiles indigènes
Thermophile	de 30-40°C à 60-70°C	bactéries et champignons mésophiles thermotolérants et thermophiles ; actinomycètes thermophiles
Refroidissement	de 60-70°C à la T.A. *	bactéries, champignons, actinomycètes mésophiles
Maturation	T.A. constante	activité microbienne réduite

* T.A. = température ambiante

D'après GODDEN, 1994

Il faut noter la grande diversité des micro-organismes impliqués et surtout la succession de ces populations, qui se développent si les conditions leur sont favorables. Par ailleurs, après le refroidissement, des arthropodes (insectes, arachnides), s'installent aussi dans le compost et ont également un rôle dégradateur. Remarquons que pour l'utilisation prévue, nous ne cherchons pas à obtenir un produit bien "fini".

La pratique du compostage a pour but de faciliter l'installation de cette microflore en lui créant un milieu propice. Les principaux paramètres influant le processus sont (**DRIEUX, 1993 ; GODDEN, 1994 ; GUERRY, HESTROFFER, 1994**) : l'aération du **fumier** ; la structure du **fumier** ; le rapport **C/N** (masse de carbone / masse d'azote) et l'humidité.

• L'aération

Une bonne aération est une condition nécessaire au bon déroulement du compostage, car les micro-organismes ont besoin d'air pour agir et se développer. C'est en début du processus que se situe la plus forte demande en oxygène, par la suite elle régresse progressivement jusqu'à la maturation. Un manque d'oxygène entraîne la formation de ce qu'on appelle communément le "beurre noir", qui vient d'une anaérobiose difficilement récupérable.

• La structure

En pratique, l'aération est liée à la structure des fumiers. Ils doivent être suffisamment pailleux, au minimum 4 kg de paille par animal par jour pour des bovins viande (**HACALA et al., 1994**), et 7-8 kg par vache laitière.

• Le rapport **C/N** (masse de carbone / masse d'azote)

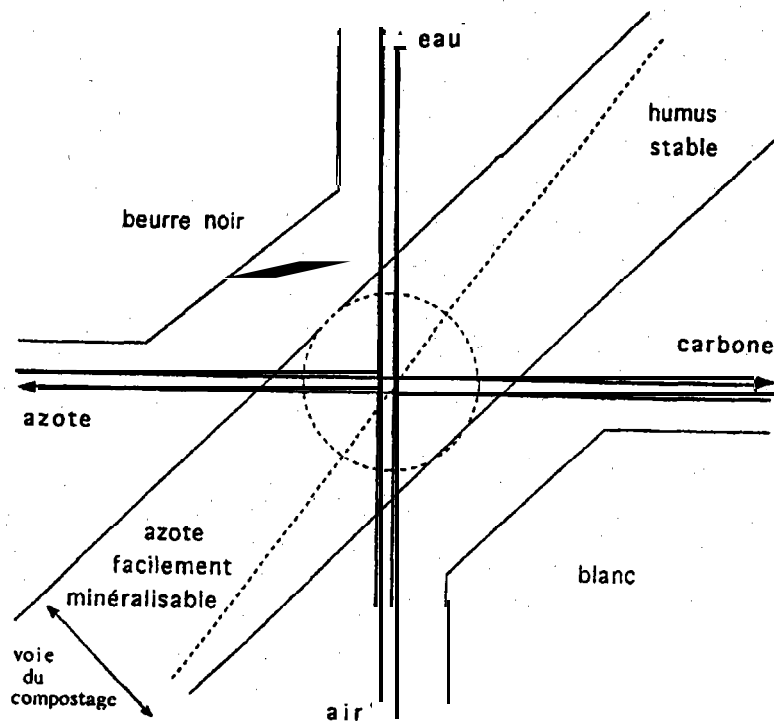
Le carbone, principalement fourni par les pailles, représente la source d'énergie pour les décomposeurs, et l'azote, qui vient des excréments, est utilisé pour la synthèse des protéines. Pendant les phases de fermentation aérobie active, les micro-organismes consomment de 15 à 30 fois plus de carbone que d'azote dans le substrat. On considère donc un rapport **C/N** de départ de **25-30** comme optimal. S'il est trop élevé, le produit a du mal à composter car il manque d'azote. A l'inverse, si ce rapport est trop bas, comme c'est le cas pour un fumier insuffisamment **pailleux**, on a un excès relatif d'azote qui ne peut être piégé par la microflore faute d'alimentation **carbonée**. Il est possible de corriger le **C/N** de départ en rajoutant de la paille, des résidus ligneux tels que copeaux de bois, sciure, etc., qui par la même occasion améliorent la structure et l'aération.

Le rapport **CM** décroît constamment au cours du compostage pour se stabiliser vers 10 dans un compost fini.

• L'humidité

L'eau est vitale pour les êtres vivants qui interviennent dans le compostage. La teneur en eau optimum du compost se situe autour de 60%.

Figure n°16 : la voie du compostage.



Source : JOLIET, 1994

Tableau n°17 : Composition des engrais de ferme,

Fumier

Espèce Type d'animaux	Type de bâtiments	MS %	MO %	C/N	pH	Eléments principaux (kg/t)						Oligo-éléments (g/t)						
						N total	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	CU	Mn	Zn	Fe		
Bovins																		
Vaches laitières	Stabulation libre	25	18	14,0	7,8	5,5	0,5	3,5	8,0	5,0	1,9	0,5	8	150				
	Etable entravée	21				4,7		3,1	4,4									
Bovins à viande		24	15		7,3	3,9		3,7	4,0	2,5	1,5	0,7				16	20%	
Veaux		19	13		7,8	2,4		1,0	2,7	1,8	0,5	0,7						
Ovins		30	23	23,0	8,1	6,7		4,2	11,2	11,2	1,4	1,8						
Porcs		21	16			6,0		6,0	4,0	6,0	2,5	1,0						
Caprins		48				6,1		5,2	5,7									
Chevaux		54	41			8,2	2,1	3,2	9,0		2,0							
Volailles																		
Poulets de choir		58	48	11,0	6,8	25,5		21,5	21,0	14,5	3,7		81			147		
Dindes		54	43	10,5	6,9	24,0		25,0	20,5	21,5	4,2		78			166		

Source : ZIEGLER et al., 1991

Un manque d'eau entraîne l'apparition du "blanc", forme de résistance des actinomycètes et des champignons pour survivre en conditions défavorables. Il suffit d'apporter de l'eau pour que la décomposition redémarre.

Les rapports C/N et air / eau ne sont pas indépendants : plus le rapport C/N sera élevé, plus il faudra d'eau ; inversement, plus le mélange sera riche en matières d'origine animale, plus il aura tendance au tassement et plus il aura besoin d'être aéré (JOLIET, 1994). C'est ce que schématise la figure n°16 ci-contre.

La succession des différentes étapes, associées à ces paramètres, va entraîner une évolution de la composition du fumier composté.

2.1.3. TRANSFORMATIONS DE LA MATIERE (GODDEN, 1994 ; LE HOUEROU, 1993 ; TARANT, HESTROFFER, 1995)

En quelques semaines, plus de la moitié des matériaux d'origine ont changé de composition (GODDEN, 1994), et la quantité globale de produit diminue. La constitution chimique évoluera en fonction de la nature du fumier de départ, du temps, et surtout des conditions climatiques, notamment la pluviométrie.

La composition des fumiers dépend du type de bâtiment, de l'espèce animale élevée, des rations de bases distribuées, des modes de paillage pratiqués (HACALA et al, 1994 ; GUEYDON, 1992).. Ci-contre, le tableau n°1 7 présente les valeurs moyennes pour du fumier de différentes espèces.

D'une manière générale, on estime que lors du compostage :

- le taux de matières organiques diminue, du fait du dégagement de dioxyde de carbone ;
- les teneurs en éléments fertilisants ont tendance à augmenter malgré les pertes, notamment pour le phosphore (P_2O_5), la potasse (K_2O), le calcium (CaO), le magnésium (MgO). Cela est dû à la diminution en masse du compost ;
- l'azote qui était sous forme organique et ammoniacale, donne un produit organique bactérien (la masse microbienne), polymérisé et stable, contrairement à la matière organique du fumier facilement minéralisable. Cela permet d'établir l'hypothèse d'une cinétique de minéralisation différente selon les produits : plus rapide pour les fumiers frais, différée de plusieurs semaines ou mois pour des fumiers compostés (LE HOUEROU, 1995). Nous verrons par la suite si cette hypothèse se confirme.

Figure n°18 : dégagement de vapeur d'eau d'un fumier en cours de compostage.

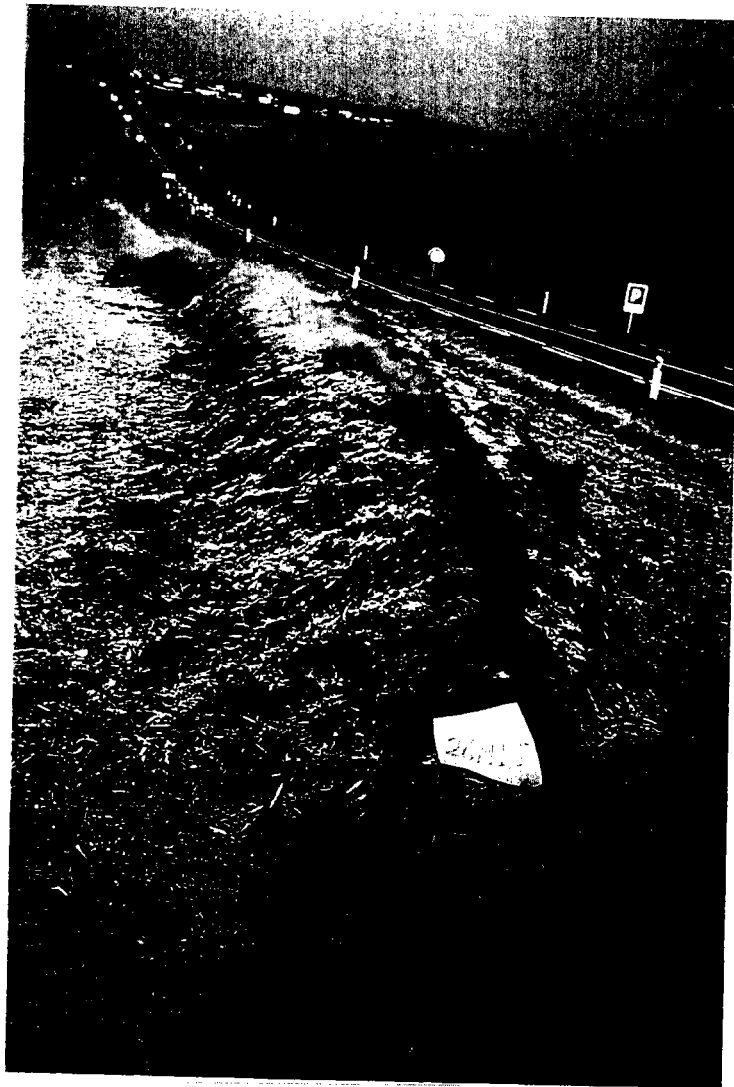


Photo : Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy

Pendant l'évolution du **fumier**, les pertes de matière se font par voie gazeuse et sous forme de jus. La figure n°18 ci-contre montre les dégagements de vapeurs d'eau lors de la phase thermophile. On peut se demander à juste titre si gaz et jus ne sont pas dangereux pour l'environnement. En ce qui concerne les écoulements de jus, nous nous y intéresserons dans la troisième partie. A propos des dégagements gazeux d'ammoniac, qui pourraient participer au phénomène des pluies acides ce qui délocaliserait la pollution, il s'agit de voir si le compost n'en dégage pas plus que le fumier. Une étude à ce sujet est en cours à l'**INRA** de **Paris-Grignon**. Un tas de compost dégage trois fois plus de gaz qu'un tas de **fumier** de dépôt en un mois et dix jours (**BENOIT**, communication personnelle). Les libérations de gaz après épandage ne sont par contre pas encore connues. Nous ne pouvons donc pour l'instant rien en conclure.

2.2. PRATIQUES ACTUELLES DU COMPOSTAGE DES EFFLUENTS D' ELEVAGE

Dans ce chapitre seront abordés :

- les différentes techniques de compostage utilisées ;
- la nécessité éventuelle d'une plate-forme de compostage ;
- l'épandage.

Ensuite, nous verrons qui composte actuellement, et quel type d'exploitation est susceptible de pouvoir mettre en pratique cette technique.

2.2.1. LES TECHNIQUES DE COMPOSTAGE (DRIEUX, 1993)

Pour composter le **fumier**, de nombreuses techniques plus ou moins simples et demandant du matériel plus ou moins adapté sont à la disposition des agriculteurs.

Le compostage de surface

Il s'agit en fait d'un épandage direct de fumier au champ, que certains appellent "compostage de surface". A ce sujet les avis divergent. L'ITAB, dans son "Guide de la Matière Organique", **affirme** que "le compostage de surface n'est pas un compostage". Cependant, dans la brochure accompagnant une "journée compostage" organisée par le Centre des Groupements Agrobiologistes en 1989, Marc **TROULLOUD** (agriculteur biologique conseiller à

Figure n° 19 : retourneur d'andains.



Photo : A. PETIT, AERM

l'ADAB Rhône-Alpes) propose un compostage de surface pour les fumiers peu pailleux. Nous ne nous intéresserons pas à cette technique, d'ailleurs il existe peu de références à ce sujet.

Retournement avec chargeur

Une solution simplifiée de compostage consiste à sortir le fumier avec la benne en long tas. Les retournements sont alors simplement réalisés avec le chargeur du tracteur. Cette solution est peu coûteuse (pas d'investissement) et assez rapide. Par contre, elle ne convient que pour des fumiers très pailleux et on ne peut aboutir facilement à une granulométrie très fine.

Mise en andains à l'épandeur à fumier

Cette technique consiste à passer le fumier à l'épandeur à poste fixe, ce qui permet de broyer et d'homogénéiser le fumier tout en le remettant en andain régulier d'environ 1,5 à 2 mètres de haut, 3 de large, et de longueur variable. L'avantage de cette méthode est sa simplicité, pourtant elle présente plusieurs inconvénients. Elle limite le nombre de retournements car il faut à chaque fois reprendre les andains avec le chargeur du tracteur ; elle est coûteuse en usure de l'épandeur et en temps car le débit de l'épandeur à poste fixe n'est pas très important.

Retouneur d'andains (cf. figure n° 19 en page de gauche)

Le fumier vidé doit être installé en un tas long, qui ne doit pas dépasser 3 ou 4 mètres de large (suivant la machine), et 2 mètres de haut ; sur lequel on passe le retouneur d'andains. Cet appareil permet de revenir plusieurs fois sur le tas, car le retournement est beaucoup plus simple qu'avec l'épandeur. Il permet d'obtenir en quelques semaines un compost à granulométrie fine, et de bel aspect. Il présente deux contraintes techniques : la vitesse d'avancement du tracteur doit être très lente, au moins pour le premier passage. De plus il nécessite un tracteur d'une puissance relativement importante. Son coût s'élève à 65 000 francs environ.

Plate forme à "briques d'air"

Ce système consiste à poser des briques de béton creuses sur une plate-forme bétonnée. L'ensemble posé constitue un système drainant les jus du **fumier**, les drains conduisant à une fosse à purin. Les principaux objectifs sont de réaliser un compostage lent (6 mois à un an), d'évacuer les poches de purin, de récupérer les jus de compostage et d'en arroser le compost. Cependant l'aération est insuffisante. Cette technique n'est pas ou peu utilisée.

Figure n°20a :
composteuse de la société AGRIV'AIR,
vue de derrière.

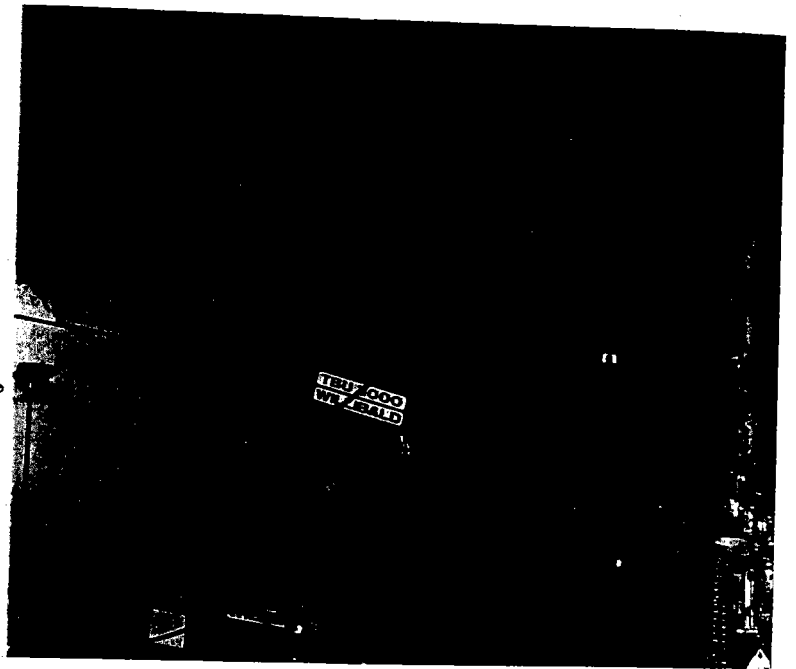


Photo : A. PETIT, AERM

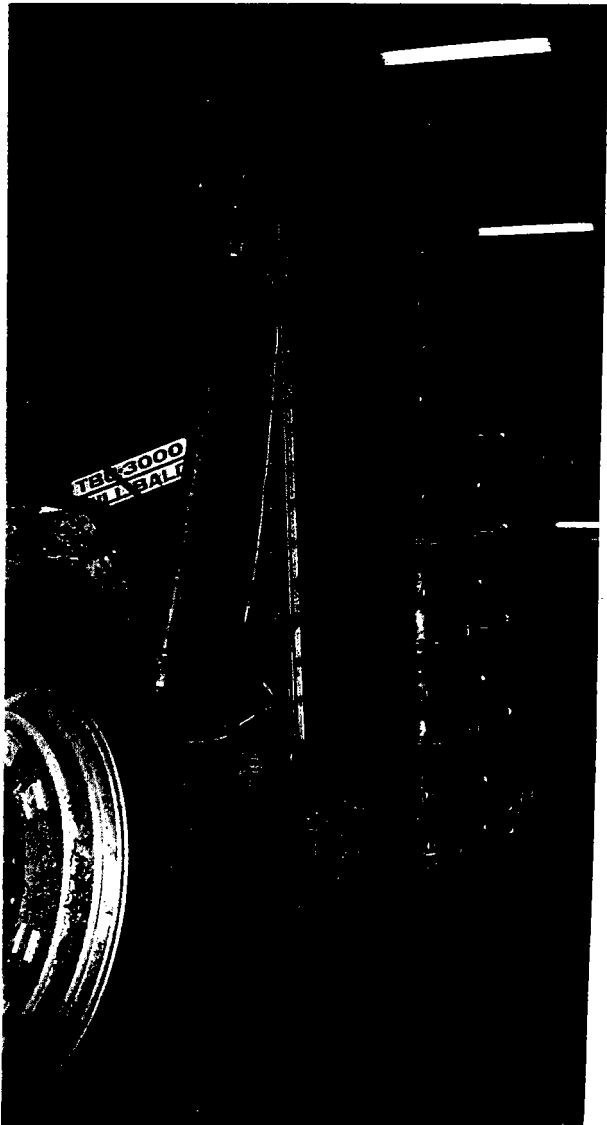


Figure n°20b :
composteuse de la société AGRIV'AIR,
hérisson déchiqueteur.

Photo : A. PETIT, AERM

Composteuse

C'est une machine qu'utilisent les espaces verts par exemple pour composter. Elle prend l'andain et le fait ressortir de l'autre côté. Il est possible de l'adapter aussi pour une utilisation agricole, comme l'a fait la société Agrivair. Les figures n°20a et 20b en page de gauche la représentent. Sa capacité de retournement est de 1600 mètres cubes en trois heures. Son coût est élevé, supérieur à 200 000 francs.

Arrosage de paille avec lisier

Surtout étudiée pour composter les lisiers provenant d'élevages porcins, cette technique pourrait aussi s'appliquer pour les lisiers de bovins. Il y a différentes techniques (développées dans PORC MAGAZINE n°278 de mai 1995) :

- répartir la paille par terre, épandre le lisier dessus, puis passer au rotovator ;
- répartir de la paille par terre, puis passer avec un retourneur d'andains transformé, c'est-à-dire qui amène le lisier sur la paille qui est en train d'être remuée ;
- plate-forme circulaire en pente vers le centre, épandage par rampe tournant autour du point d'arrivée du lisier (rampe tractée par le tracteur de l'exploitation), malaxage au rotovator.

Les coûts de ces techniques seraient respectivement de 65 francs, 50 francs et 61 francs par mètre cube de lisier. Cependant, le compostage des lisiers nécessite souvent d'aller chercher de la paille hors de l'exploitation, et prend sans doute plus de temps que lorsque l'exploitation est déjà en système paillé

Aiout d'activateurs et d'adjuvants (DRIEUX, '1993 ; ITAB, 1995)

Il est possible d'ajouter trois types de produits au compost : des activateurs microbiens, des minéraux, des adjuvants d'origine organique.

. . Les activateurs microbiens sont censés apporter une microflore qui permette de composter. On peut s'interroger à juste titre sur leur utilité, puisque les bouses de vache sont déjà porteuses des groupes microbiens les plus adaptés au compostage (ITAB, 1995). Ensuite, les produits ne peuvent agir que si l'on est déjà en présence d'un fumier équilibré, pailleux, qui n'est pas trop humide. Or un fumier de ce type composte sans **difficulté** par lui-même (DRIEUX, 1993).

- Les minéraux enrichissent le compost. Deux types d'additifs sont utilisés :
 - le carbonate de calcium (apporté sous forme de chaux agricole, dolomie.. .), qui contient du calcaire favorable au développement des micro-organismes ;

- les phosphates, pour enrichir le compost, mais aussi pour assécher la litière et éviter les problèmes de boiterie des animaux. De plus, le phosphate a un effet fixateur d'ammoniaque, ce qui limiterait les pertes d'azote **déjà** à l'étable, ce qui est intéressant pour l'élevage au plan respiratoire, et pour les risques de ces pertes par voie gazeuse évoquées dans le paragraphe 2.1.3.

▪ Les adjuvants d'origine organique peuvent intervenir pour compenser un déséquilibre des matières premières (exemple : ajout de poudre de sang ou de purin d'ortie pour **l'azote**). Il est également possible d'y mettre de la terre, qui peut avoir une triple action : biologique, elle "ensemence" le mélange ; physique, elle limite les risques d'excès de température ; chimique, elle fixe des éléments minéraux.

Bâchage

Il est possible de protéger le tas de **fumier** par une bâche, ou un "manteau" de paille, pendant ou après la fermentation. Un bâchage plastique (avec quelques trous pour laisser circuler l'air) placé dès le départ empêche toute bonne décomposition et crée des conditions asphyxiques inadaptées. Par contre, il semble que le géotextile permette d'obtenir un produit sensiblement plus homogène (**MANTEAUX, 1995**). En général, d'après la littérature, le bâchage pendant l'échauffement semble gêner les échanges gazeux, même s'il s'agit d'une bâche micro perforée perméable aux gaz (**DRIEUX, 1993**). Par contre, après avoir effectué les retournements et lorsque la température commence à diminuer, il paraît intéressant de protéger le tas contre les intempéries pour qu'il ne s'engorge pas d'eau, et produise moins de jus.

En conclusion, les méthodes donnant les résultats les plus satisfaisants sont le retourneur d'andains et la composteuse, car ce sont celles qui sont les plus simples et les plus rapides à réaliser, et qui donnent un compost suffisamment émietté

2.2.2. UTILITE D' UNE PLATE-FORME BETONNEE ?

Habituellement, le compostage se réalise en bout de champ, souvent sur les parcelles qui seront ensuite fertilisées. La question de l'utilité d'une plate-forme bétonnée sur la ferme pour réaliser le compostage se pose. En effet, cela permettrait de récupérer les jus qui s'en écoulent, si ceux-ci présentaient un danger pour l'environnement, question traitée dans le chapitre 3.3.1. **Elle** apporte aussi des avantages et des inconvénients.

▪ Intérêts et limites

Intérêts présentes par une plate-forme bétonnée :

- elle réduit les problèmes de **portance** du sol (sol saturé en eau qui rend impossible l'entrée du tracteur dans le champ, risque de faire des ornières, de rester embourbé. ...) que l'agriculteur peut rencontrer lorsqu'il composte au champ ;
- elle peut permettre de gagner du temps, car le chantier de compostage est à un seul endroit, et surtout souvent proche de l'exploitation ce qui dispense d'emmener loin de gros volumes ;
- elle oriente les jus vers une fosse à purin ils peuvent ainsi être valorisés par l'épandage, et évite leur dispersion dans le milieu naturel.

Limites à cette installation :

- le principal inconvénient est le coût de la plate-forme, alors que cela ne "coûte rien" en tant qu'investissement de composter dans un champ ou sur le bord d'un chemin ;
- par ailleurs, il faut dans ce cas revoir la contenance de la fosse à purin qui récupérera les jus.

▪ Dimensionnement

Le plan en annexe III donne un exemple de plate-forme de compostage. Il semble que la forme de la plate-forme qui permet de perdre le moins de place est le carré, contrairement à ce que l'on pourrait penser (**TARANT, HESTROFFER, 1995**).

▪ Couvrir la plate-forme ?

Il est aussi possible de couvrir par une toiture la plate-forme, qui ne recevra plus de précipitations. Cela permettrait de diminuer considérablement le volume des jus, voire de les supprimer : si le fumier est suffisamment pailleux, il résorbe la partie liquide. Par ailleurs, cela rendrait le processus du compostage **indépendant** des conditions climatiques. Par fort ensoleillement, il se déshydraterait moins vite. En cas de forte pluies, il serait protégé. En effet il arrive que la pluie "martèle" le compost et le refroidisse à tel point que cela arrête le processus. La couverture représente un "plus" au niveau technique. Cependant, il faut aussi mettre en face de ces avantages le coût de cette construction

■ Estimation des coûts

Les coûts présentés ici sont les coûts moyens observés sur quelques cas de “mise aux normes” dans la lutte contre la pollution des élevages. **En aucun cas, ils ne sont une référence.**

Le **prix** de la plate-forme est estimé à 220 francs par mètre carré ; la couverture à 280 francs par m², et la fosse à 500 francs par m³. Le volume à prévoir dans la fosse est évalué de la façon suivante : la pluviométrie s’élève à 1 mètre d’eau par an (en moyenne), la moitié s’évapore, et le stockage est prévu pour quatre mois. Pour un mètre carré de plate-forme, il faut donc envisager 0,17 mètre cube de fosse ($0,5 \times 4 / 12$). Par ailleurs, l’épandage coûte 10 francs par mètre cube.

Voyons un exemple pour 500 m² de plate-forme :

	Prix plate-forme	Prix moyen couverture ou fosse	Coût cumulé sur 10 ans	Coût total
Plate-forme couverte	110 000 francs	140 000 francs (toiture)	nul	250 000 francs
Plate-forme non couverte	110 000 francs	42 500 francs (fosse)	25 000 francs*	177 500 francs

* en considérant **qu’il faut épandre 250 m³ (0,5m×500m²) par année pour dix ans.**

Dans notre exemple, la différence de coût pour une plate forme couverte ou non s’élève à environ 70 000 francs. La couverture de la plate-forme à composter peut être justifiable financièrement dans la situation d’une exploitation entièrement paillée, qui n’a pas de fosse à lisier.

Cependant, il faut se demander si l’on recherche vraiment un produit de qualité ou non. Dans notre cas, la couverture n’est pas nécessaire pour le type de produit auquel on veut arriver.

D’un point de vue environnemental, pour pouvoir conclure sur l’intérêt d’une plate-forme, il faudrait savoir si les jus représentent un risque de pollution ou non. Ce sujet sera développé dans le chapitre 3.3.1.

Figure n°21 : épandeur, vu de derrière.

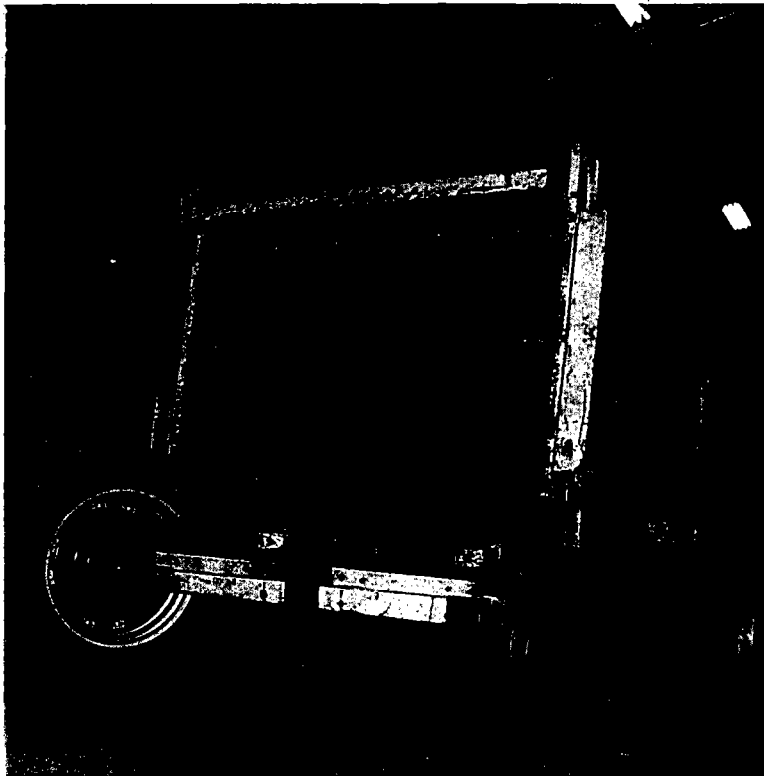
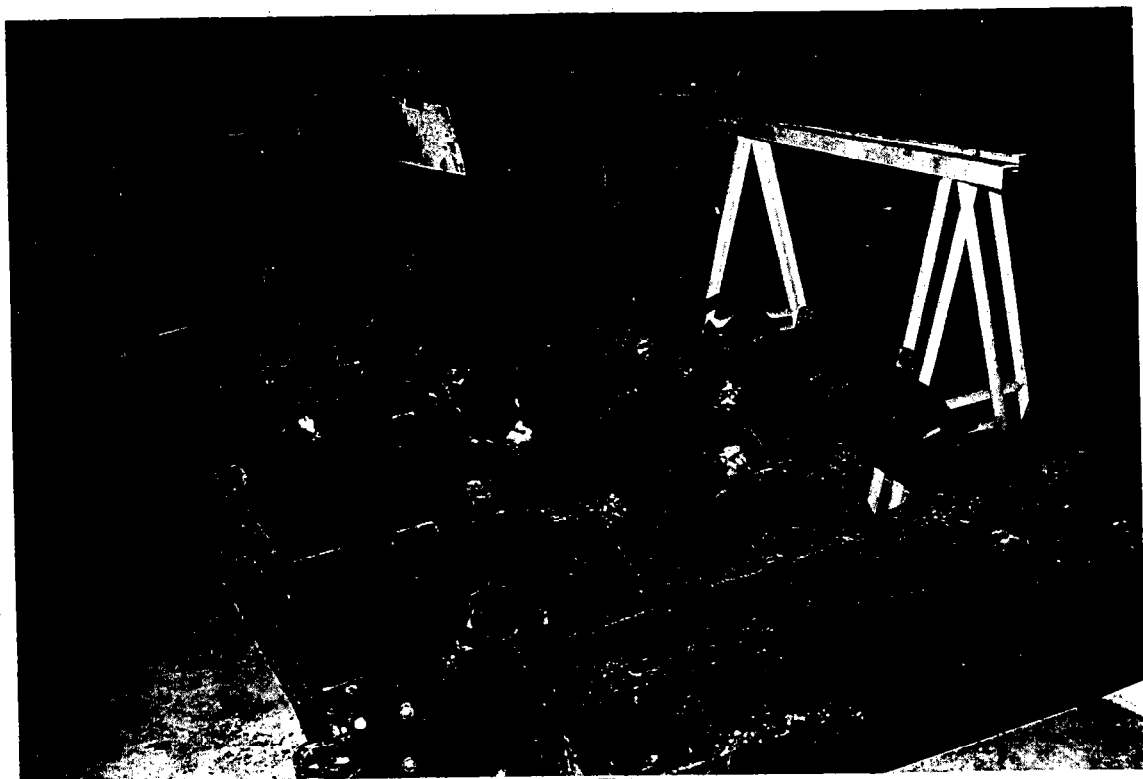


Figure n°22 : hérisson déchiqueteur horizontal, démonté.



2.2.3. L'EPANDAGE (ZIEGLER, HEDUIT, 1991)

On épand le compost avec un épandeur à fûmier (cf. figure n°21 en page de gauche). La remorque est équipée d'un fond mobile permettant l'acheminement du produit vers l'arrière où un hérisson **déchiporteur** (cf. figure n°22 ci-contre), horizontal ou vertical, émiette le produit et le répartit sur le sol. Ces matériels permettent un épandage sur la largeur de la remorque. Quelques constructeurs proposent des disques ou "table d'épandage", qui assurent une plus grande largeur d'épandage, de 10 à 12 mètres.

Les épandeurs à fûmier classiques présentent souvent une répartition très irrégulière avec une "dose" bien plus élevée sur l'axe d'avancement. La largeur ne dépasse pas **2,5** mètres avec des **hérissons** horizontaux. Les hérissons verticaux augmentent la largeur d'épandage jusqu'à 4 à 8 mètres, mais n'améliorent pas sensiblement l'homogénéité de la répartition.

Le compost, grâce à sa granulométrie plus fine donne un épandage beaucoup plus homogène que le fumier. Les caractéristiques physiques, voire mécaniques, des composts, facilitent le réglage des épandeurs et la réussite des épandages à faibles doses (**ITAB, 1995**). Cependant, le matériel d'épandage est encore insuffisamment adapté pour les épandages à faible dose. Une simple augmentation du réglage de tapis de 2 à 3 points double la quantité globale épandue et augmente l'hétérogénéité de la répartition au sol (**LE HOUEROU, 1995**).

Il est à noter que devant l'intérêt croissant porté à cette technique, les constructeurs perfectionnent de plus en plus leurs matériels et leur qualité d'épandage.

2.2.4. QUI COMPOSTE ?

Actuellement, il semble que cette pratique soit surtout connue et utilisée par les agriculteurs biologiques.

D'après une étude réalisée sur 37 exploitations lorraines conduites en agriculture biologique, 23 (soit 62%) compostent, dont 16 la totalité des déjections produites à la ferme, et 7 une seulement partie des effluents (**PETT, 1994**).

En pratique, ils stockent et compostent tous sur les parcelles à fumer ou à leur proximité, sans plate-forme bétonnée, dans les endroits les plus portants et accessibles. Les tas de **fumier** sont mis en **andains**. Ils compostent pour fabriquer de l'humus, afin de ne pas épandre du fumier encore **pailleux**, rapporter au sol ce qui a été exporté par les cultures ;

détruire les adventices ; diminuer les volumes et épandre sur le maximum de surface chaque année.

En Lorraine existent aussi deux endroits où le compostage de fumier est **pratique** à grande échelle. Il s'agit de la zone de **captage** des eaux de Vittel dans les Vosges, et du plateau de **Vicherey-Beuvezin**⁹, à la limite des Vosges et de la Meurthe-et-Moselle, dans le cadre d'une opération Ferti-Mieux. Dans ces deux cas, le compostage est réalisé par du matériel mis en commun, et sur des plates-formes, dont certaines sont couvertes.

Afin de faire connaissance avec cette technique et de comprendre le point de vue de quelqu'un qui la pratiquait, j'ai rencontré Monsieur **DELATTE**, agriculteur biologique au GAEC de la Saule, à côté de Nancy (54).

« Pourquoi compostez-vous ?

Je composte pour deux raisons. Tout d'abord, pour protéger l'environnement. Le compostage donne un produit homogène et stable, où les éléments se sont réorganisés. D'une manière empirique, on considère donc qu'il doit être moins polluant que du fumier. C'est d'ailleurs ce que tendent à confirmer les essais de **l'INRA** de Mirecourt. Ensuite, d'un point de vue technique, composter me permet de diminuer et assainir les tas. L'augmentation de température détruit les graines de mauvaises herbes et les germes pathogènes comme les butyriques, contenus dans les déjections des animaux. Cela me permet de ne pas apporter n'importe quoi dans mes champs, d'apporter le plus d'éléments possibles, et d'entretenir la vie microbienne. En plus, l'épandage est possible sur les pâtures.

Quelle est votre technique ?

Je composte en bout de champ avec un retourneur d'andains de trois mètres de large. Je le fais à quatre endroits **différents** : deux sont plus ou moins permanents, et deux autres sont "itinérants" et changent régulièrement. En tout, cela occupe 40 à 60 ares. Les contraintes pour choisir ces endroits sont d'éviter les sols trop pentus, la proximité de fossés, et bien sûr les périmètres de protection de **captages**.

Je composte le fumier de bovins et vaches allaitantes issu de mon exploitation, et du fumier de cheval qui vient d'un club hippique d'à côté. Ce fumier me pose d'ailleurs problème car il est très sec. Je fais trois retournements espacés de huit à dix jours. Ensuite, j'essaye d'épandre le plus rapidement possible.

Que faites vous du compost ?

J'apporte le compost beaucoup avant semis, essentiellement sur les cultures annuelles et occasionnellement sur prairie de fauche. Bien sûr, les parcelles de luzerne ou de blé après

⁹ **développé** dans le paragraphe 3.3.2.5.

Tableau n°23 : Types de déjections en fonction du mode de logement.

Mode de logement	Espace de vie	Litière Type-quantité	Effluent produit	Mode de transfert (fréquence)	Mode de stockage	Animaux concernés
Étable entravée animaux à l'attache	stalle longue ou courte avec caniveau	paille 2 à 4 kg	fumier purin	manuel ou mécanique quotidien	plate-forme avec fosse à purin sous l'étable ou extérieure	vaches laitières vaches allaitantes génisses
	avec grille à lisier	0	lisier	hydraulique (quotidien)	fosse sous l'étable ou extérieure	
Stabulation libre animaux en liberté sur un espace limité composé d'une aire de repos et d'une aire de parcours ensemble couvert	Aire paillée avec litière accumulée	paille 5 à 7 kg	fumier	hydrofourche ou grue (2 à 4 fois par saison)	plate-forme complémentaire et fosse à purin	vaches laitières vaches allaitantes génisses taurillons
	et couloir d'alimentation bétonné ou couloir avec caillebotis	0 ou 1 à 2 kg 0	lisier ou fumier lisier	rabot (quotidien) gravitaire	fosse ou plate- forme extérieure fosse sous caillebotis	
	aire paillée sur sol en pente et couloir	4 à 5 kg	fumier	rabot (quotidien)	plate-forme extérieure et fosse à purin	
	logettes paillées et couloir bétonné	2 à 3 kg	fumier et lisier	rabot (quotidien)	plate-forme et fosse extérieure	
	logettes peu ou pas paillées et couloir bétonné	0 à 0.5 kg	lisier	rabot (quotidien)	fosse extérieure	
logettes et couloir avec caillebotis	0 ou sciure	lisier	gravitaire et hydraulique	fosse sous le couloir avec fosse éventuelle à l'extérieur		
	caillebotis intégral	0	lisier	gravitaire et hydraulique	fosse sous le caille- botis et/ou fosse extérieure	taurillons
Stabulation libre avec aire d'exercice extérieure non couverte	litière accumulée et couloir avec alimentation à l'auge	paille 5 à 7 kg	fumier et lisier dilué	hydrofourche ou grue (2 à 4 fois/saison) rabot (quotidien)	plate-forme complémentaire avec fosse à purin fosse extérieure	vaches laitières vaches allaitantes génisses
	litière accumulée et libre service au silo	paille 5 à 7 kg	fumier et lisier dilué	rabot (quotidien)	plate-forme complémentaire avec fosse à purin fosse extérieure	
	logettes et couloir avec alimentation à l'auge	0 à 0.5 kg 0	lisier	rabot (quotidien)	fosse extérieure	
	logettes et libre service au silo	0 à 0,5 kg 0	lisier	rabot (quotidien)	fosse extérieure	
Porcherie d'en- graissement	caillebotis	0	lisier	gravitaire et hydraulique	fosse sous caillebo- tis ou extérieure	porcs à l'engraissement
	gisoir avec caillebotis	0	lisier	gravitaire et hydraulique	fosse sous caillebo- tis ou extérieure	
	gisoir et couloir plein	0	lisier	raclage	fosse extérieure	
	litière accumulée	paillé ou copeaux	fumier	hydrofourche	plate-forme et foss à purin	
Porcherie de naissage	caillebotis intégral	0	lisier	gravitaire	fosse sous caillebotis	truies
	gisoir avec caillebotis	0	lisier	gravitaire	fosse sous caillebotis et fosse extérieure	
	gisoir avec couloir	paille	fumier	mécanique ou manuel	plate-forme avec fosse	

luzerne sont exclues. **J'épand** à une dose de dix-douze tonnes par hectare, ce qui me permet de couvrir une plus grande surface.

Quels avantages et inconvénients voyez-vous à cette technique ?

Le premier passage du retouneur est le plus **difficile**, le plus long, et nécessite un tracteur avec une vitesse rampante. Je trouve aussi que les andains me soustraient une surface non négligeable. Et puis, bien que le calendrier d'épandage ne soit pas contraignant, en fin de compte, on est toujours en tram de faire quelque chose. Par contre, j'apprécie la performance de l'épandage que permet le compost : plus homogène, sur une plus grande largeur... J'apprécie aussi ce produit différent du fumier, et qui a perdu son odeur désagréable. Ce qui rend d'ailleurs son épandage possible sur prairie, et n'entraîne pas de problème de **refus**¹⁰ des bêtes.»

2.2.5. EXPLOITATIONS POTENTIELLEMENT CONCERNEES PAR LE COMPOSTAGE

Pratiquer le compostage n'est pas réalisable dans toutes les exploitations. Le tableau **n°23** ci-contre présente le type de déjections obtenues en fonction du mode de logement.

Nous pouvons voir que les caillebotis et les logettes ne donnent pas un effluent satisfaisant (lisier), à moins d'ajouter lors du compostage de la paille ou des copeaux de bois par exemple, ce qui entraînerait un coût supplémentaire. Par contre, un système entravé, une aire paillée avec litière accumulée ou une aire paillée sur sol en pente donnent un fumier qu'il est possible de composter

La condition la plus importante reste le niveau de paillage. Comme nous l'avons vu, il faut 4 à 8 kg de paille par animal, voire 10 selon les sources, pour obtenir un produit idéal à traiter. Par ailleurs, cette quantité devra varier suivant l'alimentation. Si le bétail est nourri d'herbe, les déjections sont assez liquides, et il faut mettre plus de paille. S'il est nourri de foin, les excréments sont plus solides, et nécessitent moins de paille.

Apparemment, les agriculteurs qui se sont mis à composter leur fumier ont eu tendance à augmenter leur paillage, notamment pour que la "matière" se "tienne" mieux.

Un achat supplémentaire de paille peut donc être requis dans certains cas, notamment dans le Sud de la Lorraine.

¹⁰Les animaux peuvent "**refuser**" de paître dans une prairie **après** un épandage de fumier, notamment à cause de l'odeur qui les repousse.

‘Le compostage des fumiers de ferme consiste donc à mettre ces effluents dans des conditions optimales pour permettre au processus de se **réaliser**. Un point important à respecter est la quantité suffisante de paille (au moins 4 à 7 kg de paille par tête suivant l’animal). Le produit obtenu est différent du fumier, plus fin, inodore, et **humifié**. La quantité de matière a diminué, les éléments se sont concentrés.

Les matériels les mieux adaptés semblent être le retourneur d’andains et la composteuse. Deux à trois retournements, espacés de une à deux semaines paraissent suffisants. Le **bâchage** est intéressant s’il est installé après le refroidissement du tas.

Une plate-forme bétonnée ne semble pas indispensable pour arriver au compost que nous recherchons, qui n’a pas la “qualité” d’un compost horticole ou maraîcher.

Après la pratique du compostage, voyons ses intérêts et ses limites.

TROISIEME PARTIE

INTERETS ET LIMITES

DU COMPOSTAGE

La partie suivante met en évidence, à partir de références existantes, les éventuels intérêts techniques et agronomiques de la technique du compostage. Nous verrons aussi dans quelle mesure cette gestion différente des **effluents** d'élevage peut ou non permettre de limiter la pollution par les nitrates.

3.1. COMPARAISON EN COÛT ET EN TEMPS

3.1.2. COÛTS DE COMPOSTAGE ET D'EPANDAGE

Avant tout, il est nécessaire de préciser que les prix moyens et les calculs du coût d'utilisation d'une composteuse sont délicats à avancer : ce matériel est encore peu utilisé, les références en matière d'entretien sont diverses, et les prix risquent d'être révisés à la baisse si les achats sont plus nombreux. Actuellement, le prix de ce matériel peut aller de 65 000 francs pour un retouneur d'andains simple à 240 000 francs pour une composteuse perfectionnée.

En considérant un amortissement sur 7 ans de 65 000 francs, le remisage, l'entretien (**forfaitairement 500 francs** par an), un retouneur d'andains coûterait globalement 10 000 **francs** par an (**TARANT, HESTROFFER, 1995**) Pour obtenir le coût réel du chantier, il faudrait aussi tenir compte de l'énergie dépensée et du temps passé.

Il est évident que plus l'utilisation de la machine est importante, plus le coût du chantier va diminuer. Ainsi, si la machine est utilisée en commun, le coût du mètre cube de fumier traité baissera. La meilleure solution serait d'acheter en CUMA le matériel, ou que des entreprises de prestation de services s'équipent pour réaliser le compostage.

Il est possible d'avoir une autre approche en comparant les coûts avec le fumier, comme l'a fait DRIEUX dans le tableau **n°24** suivant. Seuls les **coûts supplémentaires** apparaissent.

Tableau n°24 : comparaison fumier / compost : coût supplémentaire en francs

Poste	Epandeur 5 tonnes		Epandeur 10 tonnes	
	Fumier	Compost	Fumier	Compost
Coût retourneur d'andains		4 100		4 100
Déchargement fumier frais		1 120		1 120
Retournement des andains		480		480
Reprise du compost		550		550
Transport	1 920		1 728	
Epandage	1 920		1 600	
Bilan		2 410		2 922

Source : DRIEUX, 1993

Le compostage a un coût supérieur au fumier de 2000 à 3000 francs par an.

3.1.2. FACTEUR TEMPS

Dans les esprits des agriculteurs, le compostage fait perdre du temps. Pourtant, des études et estimations des temps de travaux ne confirment pas toujours cet "a priori".

Le compostage peut se diviser en plusieurs étapes .

- 1- vidange du fumier et création des tas ;
- 2- retournement des andains, et retroussement si nécessaire ;
- 3- reprise du compost ;
- 4- transport ;
- 5- épandage

Par rapport au fumier, on perd du temps sur les étapes 1, 2 et 3, mais on en gagne sur le transport et l'épandage, puisque le volume à traiter a diminué. Il faut donc voir si ce gain compense la durée passée à composter.

. Le Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy (GUERRY, HESTROFFER, 1994 ; TARANT, HESTROFFER, 1995) a recueilli des données à ce propos pendant deux ans chez un agriculteur biologique, M. DELATTE, qui composte avec un retourneur d'andains. Le tableau n°25 à la page suivante présente les résultats de 1995, pour 793 tonnes de fumier.

Tableau n°25 : temps nécessaires pour chaque étape du compostage.

	Vidange + création des tas	Retourne- ment des andains	Redres- sement des tas	Reprise	Epan- dage	Temps total	Quantité dé- part / restante (tonnes)
Compost	53h30	16h30	4h30	21h00	44h00	139h00	793/317
Fumier de dépôt	53h30			43h00	96h00	192h30	793/634
Fumier frais	50h00				120h00	170h00	793/793

Source : TARANT, HESTROFFER, 1995

Notons que le temps de transport n'a pas été pris en compte, et qu'il aurait été en faveur du compostage. Dans ce cas là, le compostage représente la technique la plus économe en temps, moins trente heures par rapport au fumier épandu directement.

Thierry **DRIEUX** a réalisé le même type d'estimation à partir de données d'une Coopérative d'utilisation de Matériel Agricole (CUMA), en envisageant la vidange et le transport du fumier avec deux attelages : un épandeur de **5** ou **10** tonnes. Voici la comparaison pour 500 tonnes de fumier, **présentée** en différence de temps dans le tableau n°26 ci-dessous.

Tableau n°26 : différentiel de durée de travail

Type d' épandeur		Vidange + création des tas	Compos -tage	Reprise	Transport	Epan- dage	Temps supplémentaire total
Cinq tonnes	Compost	+14h	+6h	+5h30			
	Fumier frais				+32h	+11h	+17h30
Dix tonnes	Compost	+14h	+6h	+5h30			+3h10
	Fumier frais				+16h	+6h20	

Source : DRIEUX, 1993

Avec du "petit matériel", le gain de temps est évident, pour l'épandeur 10 tonnes, les temps pour le compost et le fumier sont à peu près égaux.

Pour ces deux résultats, le matériel utilisé était un **retourneur** d'andains. Cette technique est plus économe en temps que le compostage à l'épandeur, qui, si l'on veut retourner plusieurs fois le tas, nécessite de recharger tout le fumier dans la benne de l'épandeur.



Nous pouvons donc conclure a posteriori et contrairement aux idées reçues que le compostage des **fumiers** et l'épandage ne font pas perdre de temps aux agriculteurs. En fonction de leur équipement, cela peut même leur permettre d'en gagner, et surtout, cela permet d'étaler dans le temps le chantier d'épandage.

Figure n°27

Dispositif expérimental

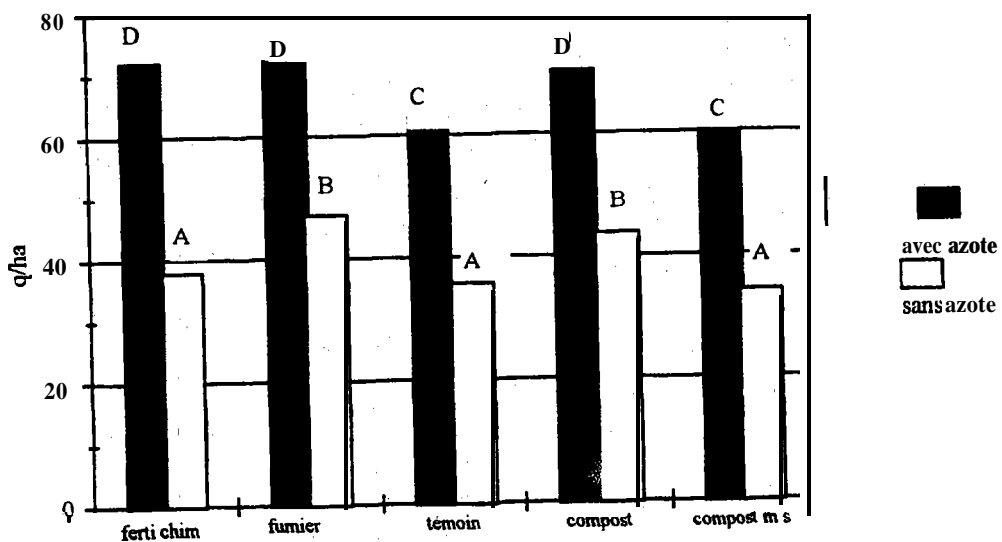
Fertilisation chimique	Fumier	Témoin	'Compost	Compost de matières stercoraires"
90 kg P_2O_5 /ha 157,5 kg K_2O /ha	55 tonnes/ha	rien	25 tonnes/ha	27 tonnes/ha

* Matières stercoraires = panses des animaux des déchets d'abattoirs

 Partie sans apport d'azote minéral
 Partie avec apport d'azote minéral

Graphique n°28

RENDEMENT BLE CAMPAGNE 94/95



Source : TARANT et al., 1995

3.2. UTILISATIONS POSSIBLES ET VALEUR FERTILISANTE DU COMPOST

3.2.1. UTILISE SUR SOL NU

3.2.1.2. AVANT MAIS

▪ Le Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy a comparé en 1993-94 (**GUERRY, HESTROFFER**, 1994) l'apport de compost sur une culture de maïs avec du **fumier** et une fûmure minérale. Cependant, la levée très hétérogène du maïs a engendré des rendements faibles dans tous les cas (de 10 à 14 tonnes de matières sèches par hectare), et difficilement comparables.

▪ De même, l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF) de Saint Hilaire en Woëvre, dans la Meuse a réalisé un essai de ce type en 1994-95 sans résultats concluants (**LOEWENGUTH**, communication personnelle).

. Pour l'**INRA** de Mirecourt (cf. paragraphe 3.3.2.1., où l'essai est présenté), le rendement est identique pour le témoin non fertilisé, le **fumier** (60 tonnes par hectare, soit 320 kg N / ha), le **compost** (dose équivalente en quantité d'azote à l'apport de fumier), la **fûmure** chimique (180 unités d'azote par hectare).

Il faut noter que l'acquisition de références pratiques est délicate. Avant de conclure des essais supplémentaires semblent nécessaires.

3.2.1.2. AVANT BLE

Un essai pluriannuel a été mis en place au Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy (**TARANT, HESTROFFER**, 1994). Il a pour objectif de comparer différents types de **fûmures** organiques apportées à l'automne, notamment fumier et compost sur les rendements des cultures. En page de gauche se trouve le plan de l'essai (figure n°27). Le graphique n°28 ci-contre montre les rendements du blé où compost et fumier avaient été amenés avant labour.

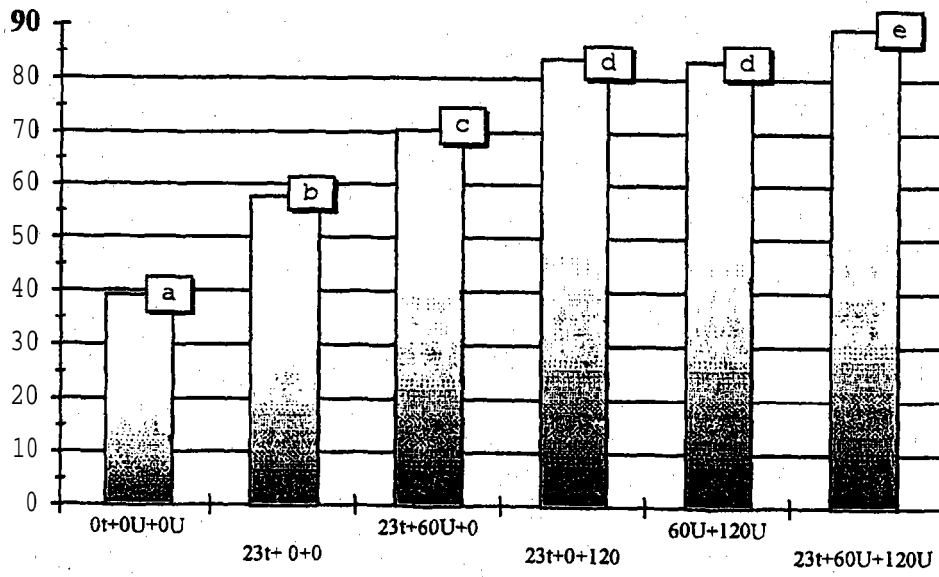
Nous pouvons constater que :

- l'apport de matière organique (fumier ou compost) permet un gain de rendement significatif de 10 quintaux (avec ou sans complément minéral) ;

- il n'existe pas de différence significative de rendement entre 25 tonnes de compost et 55 tonnes de fumier. On peut supposer qu'il y a eu une meilleure valorisation des l'azote organique du compost ;

Graphique 1 25

RENDEMENT BLÉ CAMPAGNE 93/94



Source : GUERRY et al., 1994

- compost et fumier apportent l'équivalent de la fertilisation phospho-potassique.

3.2.2. UTILISE EN COUVERTURE SUR CEREALES

Un essai est mené depuis 1993 au Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy (**GUERRY, HESTROFFER**, 1994 ; **TARANT, HESTROFFER**, 1995) sur l'épandage de fumier composté en culture. Il présente là encore un avantage sur le **fumier** : l'élévation de température détruit les mauvaises herbes qu'il contient (**TARANT, HESTROFFER**, 1995 ; **DRIEUX**, 1993). Les deux années d'expérimentation ont montré que si l'apport de compost est fait avant le tallage du blé, il est bien valorisé. Par contre, s'il est fait après, il a une incidence sur le rendement, à cause de la gêne **mécanique**¹¹ du passage.

Cet essai a aussi permis d'estimer la valeur fertilisante du compost. Le graphique n°29 en page de gauche montre les rendements en quintaux pour plusieurs cas de fertilisation : du témoin zéro azote à la combinaison de 23 tonnes de compost et 180 unités d'azote. Les lettres de "a" à "e" montrent les groupes statistiques. Cela met en évidence que l'épandage de compost sur le blé en place (stade 4 feuilles à début tallage) n'a entraîné aucun effet néfaste, et que cet apport correspond à environ 60 unités d'azote par hectare. On peut grossièrement considérer que le compost de fumier apporte 3 unités par tonne d'azote disponible.

D'une manière générale, on peut considérer que la concentration des éléments fertilisants double, du fait de la réduction de volume. Les doses à apporter seront donc inférieures de moitié à celles d'un **fumier "frais"** (**LE HOUEROU**, 1993).

3.2.3. UTILISE SUR PRAIRIE

3.2.3.1. APPETENCE

Vu les dates d'épandage et les doses (20 tonnes par hectare) pratiquées sur prairies, le compost est bien décomposé lors de la fauche, contrairement au fumier, qui forme des "mottes". Il ne pose plus de problème d'appétence pour le troupeau, d'après les agriculteurs qui compostent, et selon un essai réalisé par la Chambre d'Agriculture du Calvados en 1995 (**MANTEAUX**, 1995). Le compost a été épandu à faible dose (4 à 10 tonnes par hectare) sur la moitié de la prairie. Environ trois semaines plus tard, des vaches laitières ont été mises en

¹¹=écrasement **des céréales par les roues du tracteur et de l'épandeur.**

pâturage, et la hauteur d'herbe a été mesurée à l'**herbomètre** avant et après pâturage. Les résultats sont présentés dans le tableau **n°30** ci-dessous.

Tableau **n°30** : Hauteurs d'herbe.

	Hauteur avant pâturage (1)	Hauteur après pâturage (2)	Hauteur broutée (2)-(1) = (3)	Indice de broute- ment (3)/(1)
Témoin sans fumier	6,2	4,0	2,2	35%
Zone avec fumier composté	6,0	3,7	2,3	38%

source : **Manteaux, 1995**

La hauteur d'herbe consommée est la même qu'il y ait épandage de fumier composté ou non. Il n'y a donc pas eu d'incidence sur le pâturage, les 'vaches laitières ayant pâturé aussi bien les zones avec compost que les zones sans compost. Il aurait été intéressant de pouvoir comparer avec du fumier.

Rappelons que comme le processus du compostage détruit les mauvaises herbes, il n'y a donc pas dissémination dans les prairies.

3.2.3.2. GERMES PATHOGENES2

Il est courant **d'affirmer** que l'augmentation de température lors du compostage annihile les germes pathogènes. Toutefois, un essai effectué au Lycée Agricole de **Courcelles-Chaussy** (TARANT, **HESTROFFER**, 1995) montre que la population de Clostridium butyrique croît en début de processus, puis diminue. De plus, si le fumier n'est remué qu'une seule fois, seuls les pathogènes se trouvant au centre du tas subiront la montée de température. Il faut en outre préciser que la qualité de l'ensilage d'herbe dépend avant tout de l'efficacité des techniques utilisées (**HESTROFFER**, communication personnelle).

3.2.3.3. VALEUR FERTILISANTE

La meilleure façon de connaître la valeur fertilisante d'un compost reste bien sûr l'analyse. Il est en effet difficile de donner une valeur moyenne, puisque le compost dépend du **fumier** dont il est issu, et que la composition de celui-ci est fonction de nombreux facteurs, comme nous l'avons vu paragraphe 2.1.3. Une autre approche peut être donnée par les **différents** essais faits à ce sujet.

¹² germes susceptibles de contaminer les bovins **et/ou** leur lait.

. A la Ferme Expérimentale Professionnelle Lorraine, l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF) de Saint **Hilaire** en Woëvre, dans la Meuse, 25 tonnes par hectare de compost d'un fumier de vaches allaitantes ont été épandues. L'équivalent, au niveau du rendement en matière sèche était de 60 unités d'azote (**LOEWENGUTH**, communication personnelle).

. Dans les Ardennes belges, pendant dix années une fumure régulière de prairie avec 0, 5, 10, 15 et 20 tonnes de compost par hectare et par an, a été comparée à différentes doses d'azote. Pour l'ensemble de ces années, l'apport de 10 et 20 tonnes par hectare de compost chaque année a eu le même effet sur les productions que celui d'une **fumure** N-P-K minérale avec respectivement 42 et 87 kg **N/ha**, et 100 unités de **P₂O₅**, et de **K₂O**. Par ailleurs, des analyses botaniques ont montré que le pourcentage de trèfle blanc, qui influe sur la valeur alimentaire de l'herbe, a peu été modifié par l'apport de compost, et a diminué avec les doses croissantes d'azote. La teneur de la plupart des éléments augmente ou reste stable avec le compost, ce qui n'est pas le cas avec la fertilisation chimique (**LIMBOURG**, 1992).

. La Chambre d'Agriculture des Vosges et l'**INRA** de Mirecourt testent depuis 1992 l'apport (à deux dates) de 15 et 30 tonnes par hectare de compost sur prairie, comparé à un "**témoin** zéro azote" et 50 kg d'azote par hectare (Chambre d'Agriculture des Vosges, **INRA SAD** Mirecourt, 1993, 1994, 1995). Les deux premières années, un effet dépressif a été constaté, le rendement des parcelles "compost" étant inférieur au témoin zéro. La troisième année, les parcelles 15 et 30 **tonnes/ha** ont un rendement équivalent ou supérieur à la parcelle fertilisée chimiquement.

3.3. IMPACT SUR LA RESSOURCE EN EAU

3.3.1. RISQUES PENDANT LE COMPOSTAGE

L'Institut National de Recherche Agronomique (**INRA**), Thierry **DRIEUX** pour la Fédération Régionale des CUMA de l'ouest, la Chambre d'Agriculture du Calvados et le Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy ont mesuré la quantité et la qualité des jus qui s'écoulent sous les tas de compost durant leur fermentation,

3.3.1.1. RESULTATS DE L'INRA (LE HOUEROU, 1993)

. Présentation de l'essai

En 1989, l'INRA de Mirecourt, pour se rendre compte du risque du dépôt de fumier au champ, a mis en place deux séries d'essais avec récupération et analyse des jus percolés sous les tas. Trois types de dépôts de fumier (qui vient d'une étable entravée de vaches laitières) ont été réalisés :

- un tas compact, effectué par simple vidange de remorques, avec le minimum de manipulations,
 - un tas "hérissé", c'est-à-dire passé à l'épandeur, ce qui homogénéise le dépôt et peut le rapprocher du compost,
 - un tas "hérissé" et bâché, où deux "cheminées" ont été aménagées au sommet.
- Les jus ont été recueillis tous les dix jours et analysés.

La première série de dépôt a été mise en place début janvier 1989 et observée pendant 147 jours. La pluviométrie cumulée s'élève à 274 mm.

La deuxième série, commencée fin avril 1989, n'a été étudiée que pendant 43 jours en raison de conditions météorologiques défavorables. La pluviométrie est de 55 mm.

. Résultats

Le tableau n°3 1 ci-dessous présente les pertes totales en jus et en azote pour ces deux essais.

Tableau n°3 1 : quantités des jus et pertes en azote.

Série d'essai	Jus écoulé en l/m ³ de fumier		Pertes en azote en g/m ³ de fumier	
	1	2	1	2
Hérissé bâché	77	30	168	55
Hérissé	67.4	97	142	90
Compact	47.6	52	57	180

Source : LE HOUEROU, 1993.

Résultats de la première série

Deux phases se sont distinguées dans le temps :

- une première phase d'environ un mois (38 jours) et de faible pluviométrie (25 mm). Cette période a été caractérisée par des pertes en jus importantes, respectivement de **87%**, 63% et 39% des pertes totales des tas hérissé bâché, hérissé, et compact. De même, c'est pendant cette période que les pertes en azote sont les plus importantes : respectivement **89%**, 69% et 49% du total.

- une seconde phase, qui dure jusqu'à la fin des observations et où les précipitations sont dix fois plus élevées (250 mm), où les pertes sont plus faibles.

Résultats de la deuxième série

La seconde série de dépôts se distingue par un comportement différent. Cette fois-ci, c'est le dépôt "**hérissé** bâché" qui perd le moins de jus et d'azote. Par ailleurs, les pertes en azote sont relativement importantes, comparées à celles obtenues en 147 jours dans la première série, notamment pour le tas "hérissé". Cela s'explique par la forte pluviométrie (55 mm contre 25 mm dans la première phase de la première série).

En général, d'après les analyses pour les deux séries, les teneurs en azote total sont toujours inférieures à 2.5 pour mille du produit, et diminuent linéairement au cours du temps. L'azote ammoniacal (NH_4^+) représente la **fraction** la plus importante de l'azote des jus. Les teneurs en nitrates sont inférieures à une partie par million (1 ppm) dans tous les traitements de la première série, et compris entre **1.3** et 2.1 ppm dans la seconde. Néanmoins, l'azote, même s'il n'est pas sous forme d'ion nitrate, est susceptible de se transformer une fois dans le sol en azote nitrique. Tout l'azote contenu dans les jus est potentiellement transformable.

• Conclusion

Ces résultats, il ne faut pas l'oublier, sont valables pour le type de fumier utilisé et pour les conditions météorologiques de l'essai. Dans ces conditions, voici ce qu'on peut retenir.

A propos du bâchage :

les pertes les plus élevées enregistrées sous le traitement "**hérissé** bâché" de la première série mettent en évidence les **limites** du bâchage lorsqu'il ne pleut pas beaucoup. Le fait de couvrir ce type de dépôts provoque un accroissement de l'écoulement des jus, par condensation de la vapeur d'eau au contact de la bâche. Par contre, lorsque la pluviométrie est importante à la mise en place, le bâchage permet une réduction des écoulements.

A propos des tas hérissés :

le passage du fumier à l'épandeur ne permet pas une réduction des pertes par percolation. Cette technique augmenterait la porosité du **fumier** et faciliterait ainsi l'infiltration de l'eau de pluie. Les dépôts compacts moins poreux perdent donc comparativement moins de jus sous le tas.

A propos des pertes en azote :

les pertes en azote par percolation des jus sous les dépôts de fumier au champ sont relativement importantes. Le compostage ne semble pas polluer moins que le fumier.

3.3.1.2. RESULTATS DE T. DRIEUX (DRIEUX, 1993)

La récupération des jus de compost s'est faite dans le cadre d'un essai "grandeur nature", pour mieux connaître ce produit, et le faire connaître aux agriculteurs.

La récupération des jus a posé problème, le **bâchage** qui devait le permettre était mis à même le sol, qui n'était pas suffisamment aplani, ce qui a créé des poches où les jus n'étaient pas récupérables. Le tas, d'environ huit tonnes, est constitué d'un fumier très pailleux. La quantité de jus a pu être comparée avec du compost d'un fumier plus "mou" d'environ treize tonnes.

L'écoulement s'est élevé à 285 litres sur deux mois (soit 40 litres de jus par tonne de fumier), pour une pluviométrie de 74 mm. Le tas a eu un effet tampon important, puisqu'il a reçu 1752 litres de pluie. Comparativement, le fumier mou a perdu 1500 litres de jus (soit plus de 100 L/tonne de produit). Les jus sont assez pauvres en tout sauf en potassium (on rencontre des teneurs de **5g/kg**) et parfois en azote (**1 g/kg** d'azote, mais ce niveau tombe rapidement).

A propos de ces résultats, on peut déduire que les pertes du compost, dans ces conditions et avec ce fumier, ne semblent pas être dangereuses pour l'eau. Elles peuvent être relativement importantes au début, mais diminuent rapidement, Il a été mis en évidence, que le fumier bien pailleux a peu de pertes et peut même "absorber" de l'eau, et que si le fumier est peu pailleux, il y aura plus de jus.

3.3.1.3. RESULTATS DE LA CHAMBRE D'AGRICULTURE DU CALVADOS

La Chambre d'Agriculture du Calvados a réalisé des essais sur le compostage de fumier de bovins en 1994 (CASSET, 1994) et en 1995 (MANTEAUX, 1995).

■ En 1994, un tas de fumier de dépôt (= tas **benne**) de 8 tonnes et un tas de fumier composté (un seul passage à l'épandeur) de 5-6 tonnes ont été comparés. La pluviométrie pendant l'expérimentation s'est élevée à 140 mm. Le tas composté a laissé couler 10 litres de jus par tonne de fumier, le tas **benne** **8,5 L/t**, cependant pour celui-ci, tous les jus n'ont sans doute pas pu être récupérés à cause du ruissellement de la pluie sur le tas, car il était compact. Il apparaît en moyenne que moins de 10% des précipitations se sont retrouvées dans les jus.

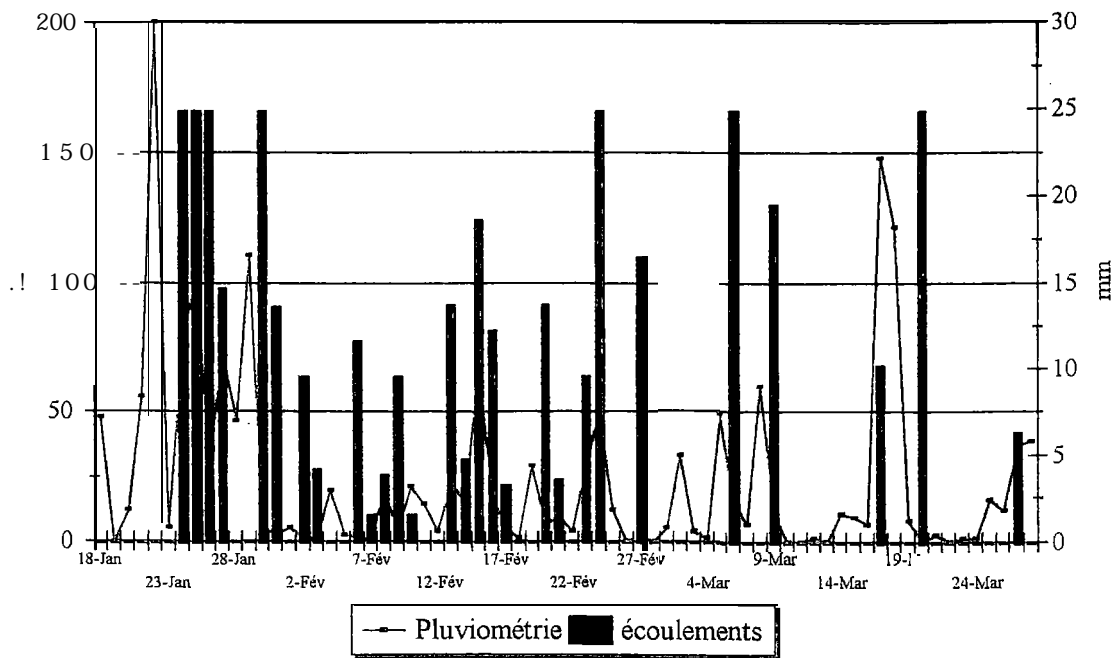
Le tableau n°32 suivant montre les pertes en grammes par tonne de fumier frais utilisé des éléments N, P, et K :

Tableau n°32 : pertes sur deux mois en éléments minéraux.

en g/t	N	P2O5	K2O
Tas benne	8,9	2,5	35
Tas composté	13	3,3	41,8

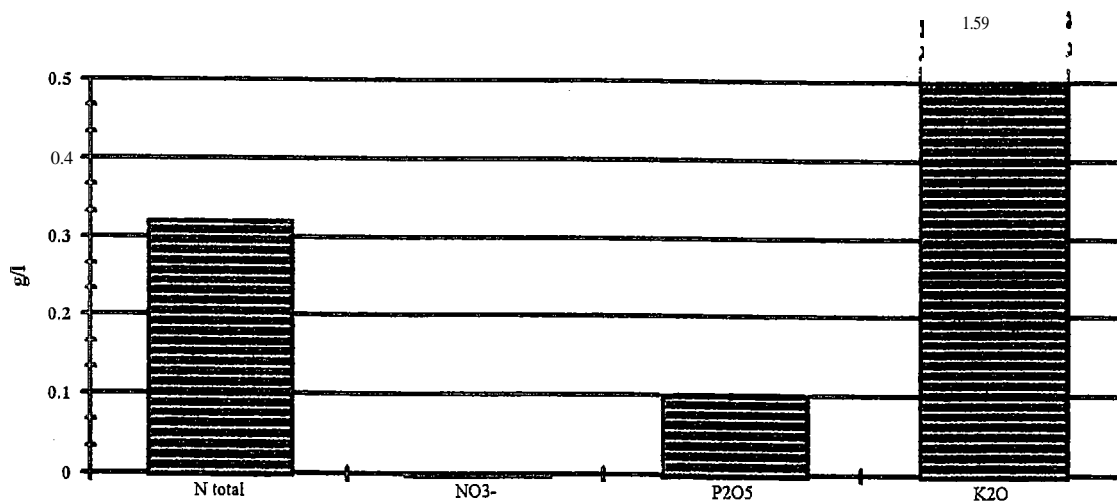
Source : CASSET, 1994

Graphique n°34 : pertes en jus du compost en fonction de la pluviométrie.



Source : TARANT et al., 1995

Graphique n°35 : les éléments minéraux dans les jus.



Source : TARANT et al., 1995

Ces résultats confirment la sensibilité de la potasse au lessivage, car c'est l'élément que l'on retrouve le plus dans les jus. En ce qui concerne la composition de ces jus, les teneurs en azote étaient de **1,2** pour mille pour le compost et de 1 pour mille pour le tas **benné**.

▪ En 1995, les systèmes "compost bâché" et "compost non bâché", avec **différentes** méthodes de **bâchage** (et toujours un seul passage à l'épandeur), ont été testés à trois endroits différents et éloignés. A l'inverse de l'année précédente, la pluviométrie a été faible, de 77 à 121 mm. Souvent les fumiers compostés ont manqué d'eau (apparition de "blanc" au centre des tas), et donnent des tas hétérogènes, Les jus récupérés ont été peu importants. Le tableau **n°33** ci-dessous présente les volumes de jus écoulés et la pluviométrie.

Tableau **n°33** : pertes par jus en litres par tonne

Site	Mézidon	St Jean-le-Blanc	Vaubadon
Pluviométrie en mm	80,5	77	121
Pertes tas bâché en L/t	10	0	29
Pertes tas nu en L/t	5,5	11	26

La concentration moyenne des jus en azote total est de **0,7 g/L** pour les tas bâchés et de **1,4 g/L** pour les tas non bâchés. Les écarts types sont respectivement de **0,5** et **0,6** ce qui est assez élevé.

3.3.1.4. RESULTATS DU LYCEE AGRICOLE DE COURCELLES-CHAUSSY (TARANT, **HESTROFFER**, 1995)

Lors du compostage, qui a duré un peu plus de deux mois, 2325 litres de jus se sont écoulés pour un volume de 20 **m³** de fumier environ et une pluviométrie de 261 mm, soit 116 litres par mètre cube. Les pics d'écoulement étaient fortement liés à la pluviométrie, comme on peut le voir dans le graphique **n°34** ci-contre.

En 71 jours, les pertes en azote total s'élèvent à 715 grammes, soit **0,3g/L** ; et, pour 20 **m³** de fumier, 29 **g/m³**. Le graphique **n°35** en page de gauche met en évidence la faible part des nitrates dans les jus.

Les teneurs moyennes en azote total dans cet essai sont **inférieures** à celles trouvées dans les études précédentes. Cela peut sans doute s'expliquer par la pluviométrie abondante qu'a reçu le tas et la quantité importante de jus (116 **L/m³**) que cela a induit.

3.3.1.5. SYNTHÈSE

▫ Les résultats obtenus sont très variables en quantité et en qualité. Cela peut notamment s'expliquer par le fait que les fumiers de départ, les quantités étudiées, et les systèmes de récupération des jus étaient différents. De plus, ces essais n'ont pas été réalisés dans les mêmes conditions de pluviométrie et de climat.

▪ **Les quantités de jus écoulés des composts peuvent varier de presque rien à plus de 100 litres par mètre cube de produit.** Ces pertes semblent varier en fonction du niveau de paillage du fumier de départ, de la hauteur de pluie reçue pendant le stockage, de la présence de bâche ou non. Les dépôts de fumier perdent moins de jus par percolation sous les tas ; puisqu'ils sont plus compacts, la pluie ruisselle dessus.

Plus un fumier est pailleux, moins il perd de jus. Le **bâchage** peut avoir un impact négatif comme positif : s'il pleut beaucoup, il protège le tas ; s'il ne pleut pas, il limite les échanges gazeux et fait se condenser l'évaporation sur ses parois, par conséquent, le volume de jus en est augmenté.

▪ La "qualité" de ces jus varie elle aussi. Elle se situe **autour d'un gramme par litre d'azote total**, et n'a jamais dépassé 2,5 g/L. L'azote ammoniacal semble y être majoritaire ; l'azote nitrique en petites proportions. Cependant, tout cet azote peut potentiellement se transformer en nitrates. Il serait donc préférable de les récupérer grâce à une plate-forme bétonnée.

▪ Cependant, nous pouvons reprendre le raisonnement de Brigitte LE HOUEROU (1993) en comparant ces pertes de dépôt avec les pertes qui s'effectueraient en cas d'épandage direct.

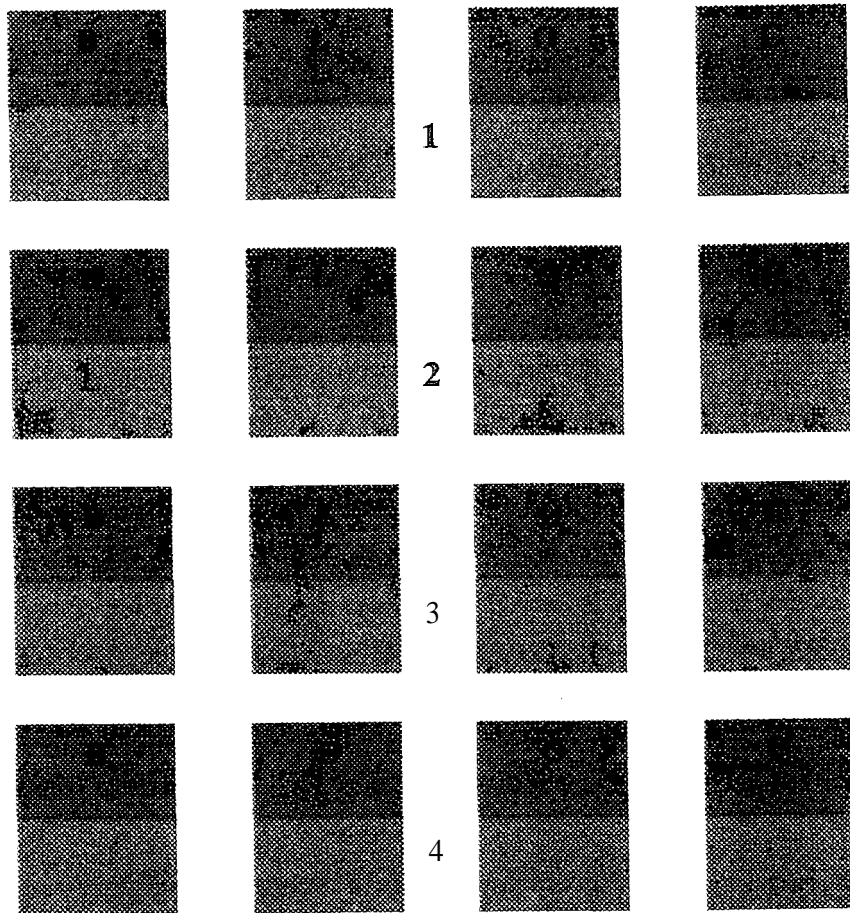
A la station **INRA** de Mirecourt, sous une parcelle expérimentale exploitée en monoculture de maïs fourrager, le lessivage hivernal en nitrates présente une différence de 75 à 103 kg N-NO₃⁻/ha entre les traitements ayant ou non reçu une fertilisation organique moyenne de 36 tonnes de fumier par hectare (BENOIT, 1992). Ce lessivage est calculé à partir de mesures réalisées sur des sites à bougies poreuses.



Mises en dépôt (ou même compostées), ces 36 tonnes de fumier (545 m³) représentent un risque potentiel de pertes totale de 9,8 kg d'azote sous le dépôt (en considérant que la densité du fumier est de 660 kg/m³ ; et en prenant les pertes maximales obtenues de 180 grammes d'azote par mètre cube).

Ainsi calculé, le risque de pertes d'azote N sous un dépôt de 400 tonnes de fumier est de 109 kg d'azote N sur une surface de 303 m². Ceci est à comparer au lessivage au champ

Figure n°36

Disposition de l'essai



 : maïs
 : sol nu

Dans chaque bloc, les traitements (témoin zéro azote, fumier, compost, azote) sont repartis au hasard.

précédent sur une surface de 10 hectares, en cas d'épandage hivernal de ces 400 tonnes de fumier à une dose de 40 **t/ha** (soit entre 750 et 1030 kg d'azote lessivés en tout).

Le-s pertes par percolation sous les dépôts sont donc 8 à 10 fois moins élevées que celles obtenues après épandage au champ. Le risque est en outre localisé sur une faible surface, sous réserves de prendre des précautions particulières vis-à-vis des pertes par ruissellement.

3.3.2. RISQUES AU CHAMP

Comme nous l'avons vu, un avantage du compost par rapport au fumier est que l'on peut l'épandre sur prairies et éventuellement sur culture en végétation. Cependant, on peut se demander si le compost présente moins de risques de pollution de l'eau que le fumier. Il est difficile de répondre à cette question.

En théorie, le compost serait peu "dangereux", puisque plus stable. Effectivement, c'est un produit évolué et fortement humifié (donc possédant de l'azote principalement sous forme organique humifiée), contrairement au **fumier frais** qui contient plus de matières organiques fraîches et d'azote ammoniacal. Toutefois, il reste une inconnue : lorsque la **fraction** azotée se **minéralisera**, et nous ne savons pas précisément **à** quel moment cela commence, cet azote disponible correspondra-t-il au besoin des plantes, sera-t-il utilisé, ou lessivé ?

J'ai donc réuni les différents travaux réalisés à ce sujet pour voir si en pratique, la théorie peut se vérifier. Nous étudierons trois cas : le compost épandu avant une culture sur sol nu, en végétation, et sur prairie.

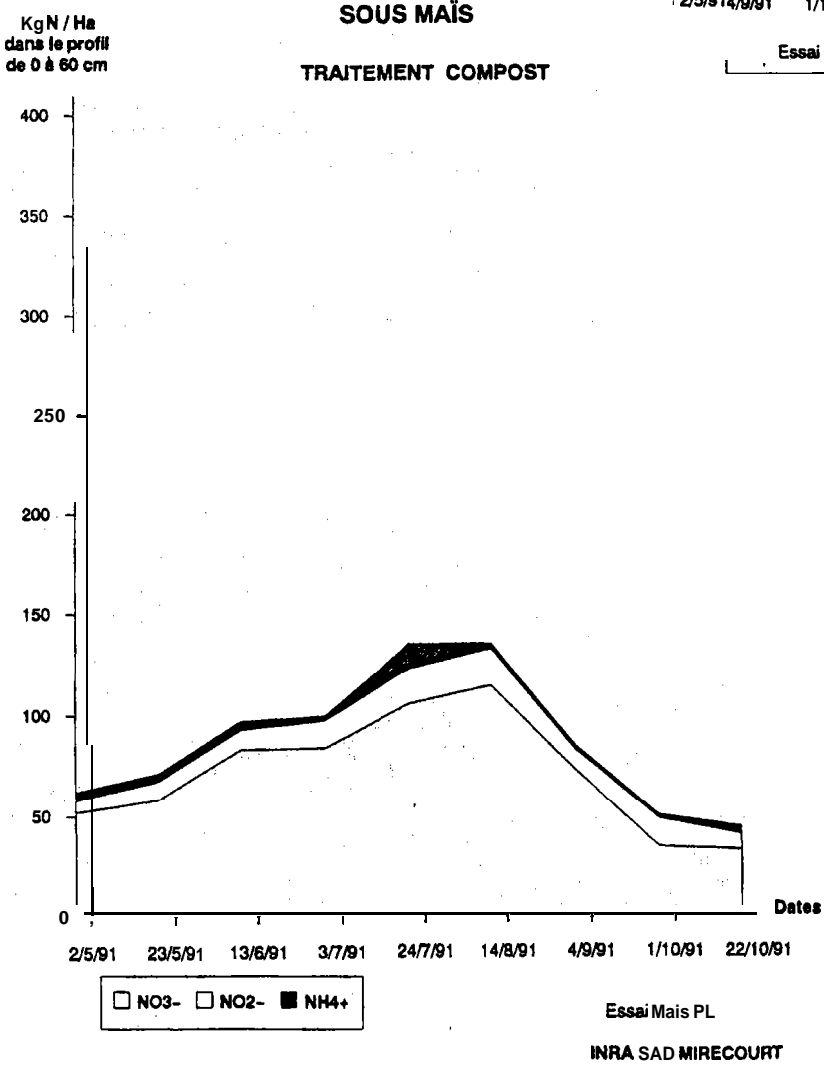
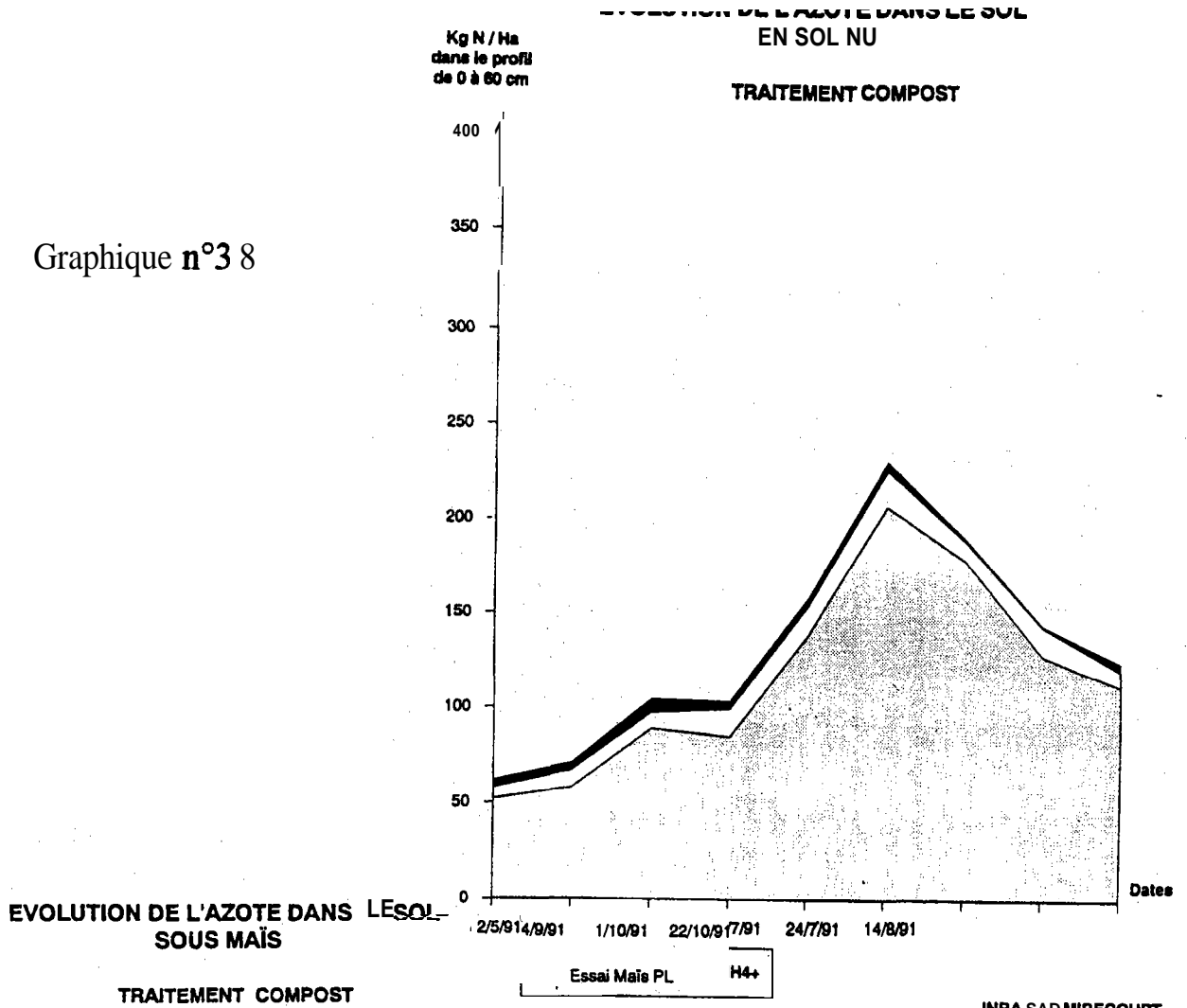
3.3.2.1. UTILISE SUR SOL NU (LE HOUEROU, 1993)

. Présentation de l'essai

Mme B. **LE HOUEROU**, de l'**INRA** de **Mirecourt**, a réalisé en 1991 un essai afin d'évaluer les nitrates fournis par les fumiers compostés incorporés au sol et utilisables par les cultures, et étudier la cinétique de minéralisation des différents produits. Quatre types d'apports ont été comparés, sur sol nu et maïs (**cf. figure n°38** en page de gauche, qui donne un idée de la disposition de l'essai) :

- pas d'apport (témoin zéro azote),
- du **fumier** peu évolué, provenant d'une stabulation libre aire paillée, à la dose de 60 tonnes par hectare,
- du fumier composté de même origine, la dose a été calculée pour apporter la même quantité d'azote total que le fumier frais, soit environ 320 unités d'azote par hectare,
- de l'azote minéral apporté uniquement sous forme d'engrais minéraux à raison de 180 unités **N/ha** pour exprimer le rendement potentiel de la culture.

Graphique n°38



Graphique n°39

Source : LE HOUEROU, 1993

Les doses de fumier étaient volontairement importantes pour exprimer les différences entre les traitements. Ces traitements ont été répétés quatre fois (essai bloc 4 répétitions). Le maïs a été semé le 22 avril 1991, et récolté le 25 Septembre 1991.

. Comparaison des traitements sous maïs :

Le tableau n°37 suivant présente les principaux résultats obtenus.

Tableau n°37 : résultats pour les différents traitements.

Traitements	Date d'apport	Apports en kg N/ha	Rendement en tonnes de matière sèche/ha	Exportations à la récolte en kg N/ha	N total minéral restant après récolte 01/10*
Témoin		0	8,7	77	44
Fumier frais	27/03	320	9,3	78	63
Compost	27/03	335	10,1	86	61
Ammonitrate	22/04	180	12,5	155	134

Source : LE HOUEROU, 1993

* il s'agit de l'azote minéral total présent dans des "profils azote" du sol, réalisés sur 80 cm de profondeur. Les résultats obtenus après récolte montrent l'azote restant dans le sol, et donc lessivable.

Les rendements de chaque traitement ne présentent pas de différence statistiquement significative. De même, les stocks d'azote minéral accumulés dans le sol après récolte montrent que les traitements "fumier frais" et "compost" présentent dans cet essai les mêmes risques de lessivage hivernal.

. Comparaison entre sol nu et maïs :

Les graphiques n°38 et 39 en page de gauche montrent la minéralisation de l'azote pour le compost sous sol nu et cultivé. Leur allure générale permet de distinguer respectivement deux ou trois phases selon présence ou non de couvert :

- une période d'augmentation du stock d'azote dans le sol, correspondant à la reprise de l'activité microbienne au printemps et une minéralisation intense déterminée par des conditions favorables de température et d'humidité, comme nous l'avons vu dans les rappels sur l'azote;

- un palier spécifique aux traitements sous maïs : les prélèvements importants de nitrates par le maïs compensent les phénomènes de minéralisation;

- une phase où le stock d'azote minéral diminue : les conditions sèches provoquent un ralentissement de la minéralisation; le stock maximal mesuré correspond aux prélèvements en sol nu du 14 Août, période où le déficit hydrique est très important. Le tableau n°40 ci-dessous présente les quantités d'azote minéral total à cette date en sol nu.

Tableau n°40 : quantités d'azote en **kg/ha** dans le sol.

Traitements	Apports en kg N/ha	N total minéral présent le 14/08
Témoin	0	185
Fumier frais	320	207
Compost	335	230
Ammonitrate	180	405

Source : LE HOUEROU, 1993

Par **différence** avec le témoin, nous pouvons calculer les quantités maximales d'azote minéral total produites. Pour le compost, sur une période de 141 jours, 45 unités **N/ha** ont été produites, soit **0,75** unité par tonne de produit brut épandu et **13,4%** des unités apportées. Les quantités libérées par le fumier frais sont inférieures : un total de 22 kg **N/ha**, soit **0,36** unité par tonne épandue et **6,8%** de l'azote minéral total apporté. Ces résultats ont été obtenus avec des produits à teneurs en azote initiales très proches et en l'absence de lessivage, compte tenu des conditions particulièrement sèches de cette période. La comparaison entre la minéralisation du **fumier** frais et du compost ne permet pas de vérifier qu'ils ont une minéralisation différée (courbes non publiées dans la bibliographie).

Dans ce cas et pour cette année là, nous ne pouvons pas dire que le compost épandu sur sol nu avant labour de printemps a présenté moins de risques que le fumier.

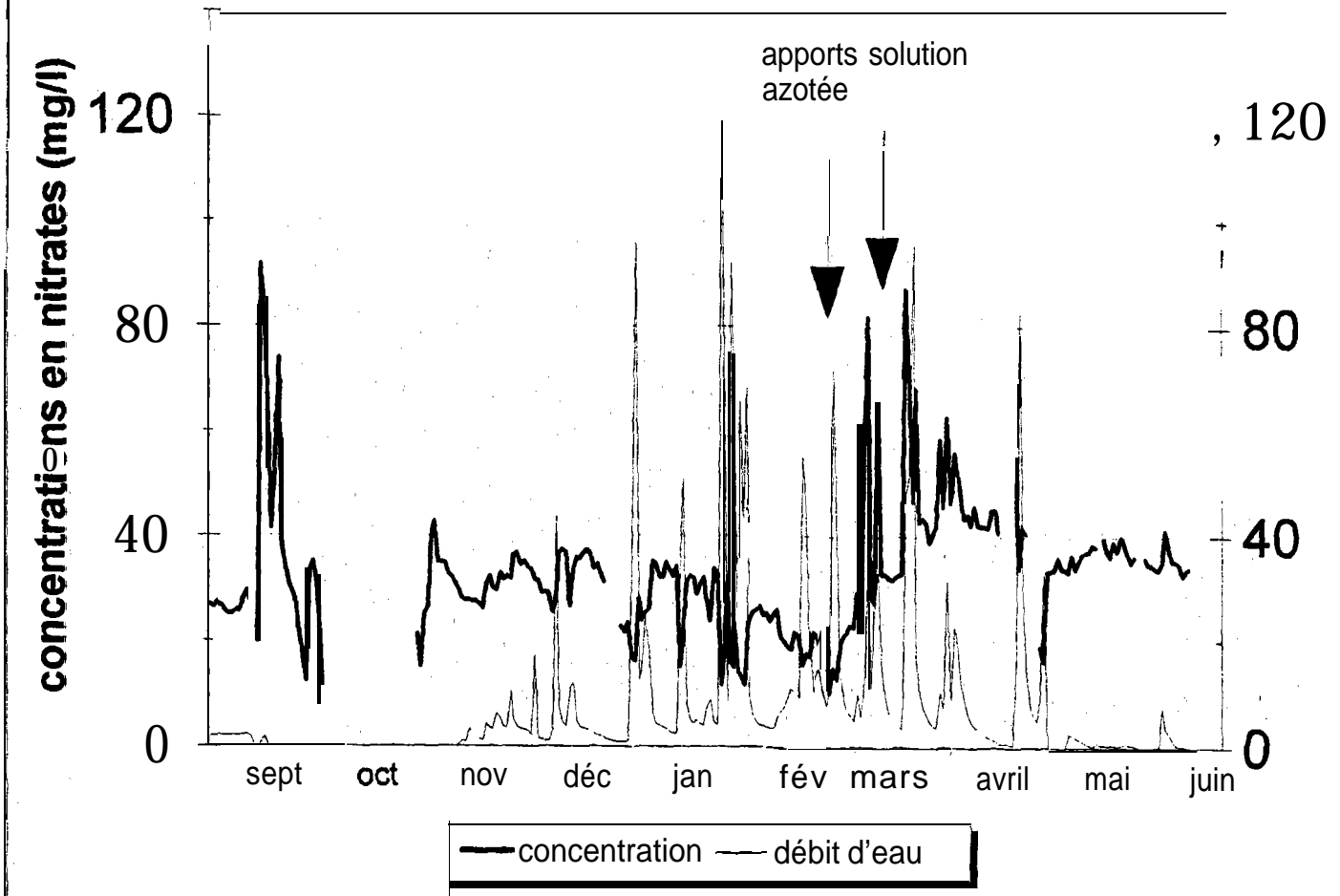
3.3.2.2. UTILISE SUR **CULTURE** EN COUVERTURE SUR BLE D'HIVER (ANTOINE, Communication personnelle)

Le Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy a apporté du compost à différentes reprises sur un site "qualité des eaux", où les eaux de drainage peuvent être récupérées et analysées, présenté en annexe IV. Cela permet d'une part de mieux connaître l'utilisation de ce produit et sa valeur fertilisante, et d'autre part, d'estimer la lixiviation de l'azote libéré par le compost.

Le précédent **cultural** était un colza. Fin Septembre, du blé a été semé. Début janvier, du compost (20 tonnes par hectare) a été amené sur la partie de cette parcelle dont l'eau drainée va à la station de mesure. En considérant (**d'après** leur pratique) que le compost contient 6 unités d'azote par tonne, dont 50% sont facilement disponibles pour la plante, il a apporté 60 kg d'azote par hectare. En mars, deux apports de 60 et 68 unités d'azote par hectare de solution azotée ont été faits. Sur l'autre partie, 175 unités d'azote par hectare ont été amenées. Le tableau n°41 suivant présente les résultats de cette parcelle.

Graphique n°42

CONCENTRATIONS-DEBITS PLOT 1 CAMPAGNE 94-95



Source : ANTOINE, communication personnelle

Tableau n°41 : résultats des différents traitements.

	Rendement	Rendement machine	Azote apporté	Azote absorbé	Azote exporté	Nombre d'épi par m ²	PMG
Sans compost	83.5q/ha	75 q/ha	175 kg	147 kg	117.5 kg	428	43
Avec compost	67 q/ha	68 q/ha	128+60kg	117 kg	93.7 kg	390	43.5

La **différence** de rendement peut s'expliquer en partie par l'effet mécanique dû à la date d'apport du compost : le blé était bien développé à cette époque là. Le passage des roues du tracteur et de l'épandeur a été marqué, d'où perte de rendement. En conséquence, il est difficile de tirer des conclusions par rapport au rendement et l'azote exporté.

Le graphique n°42 ci-contre présente les concentrations de nitrates en **mg/L** mesurées dans l'eau de drainage, et le débit d'eau drainée en mètre cube par hectare par jour. Nous pouvons constater que la concentration en nitrates avant les apports d'azote est déjà élevée : **40 mg/L**. Nous voyons qu'à la suite de l'apport de compost, la concentration en nitrates n'augmente pas jusqu'à l'apport d'azote minéral. Ensuite, il est difficile de faire la part entre les nitrates venant du compost ou de la solution azotée.

Nous pouvons donc dire que pendant les deux mois suivant l'apport de compost sur la parcelle, la concentration en nitrates de l'eau drainée n'a pas augmenté; mais aussi que cet apport doit être fait avant le tallage du blé, sous peine de compromettre le rendement. D'autres essais sont nécessaires sur cette utilisation afin de pouvoir tirer des conclusions.

3.3.2.3. UTILISE SUR PRAIRIE (LE HOUEROU, 1993)

La station de l'**INRA** de Mirecourt a implanté deux essais au printemps 1991 pour étudier la minéralisation de l'azote du fumier composté sous prairie. Les traitements comparés sont un témoin **zéro** azote et un épandage de fumier composté de 10 tonnes par hectare.

Le graphique en annexe V dans le fascicule présente les croissances comparées de l'herbe et les rendements respectifs des deux traitements pour chacune des prairies suivies. Les écarts entre les traitements sont très faibles et non significatifs, ceci est valable pour les deux prairies, et pour chacune des coupes : de 0 à au plus **0,4** tonnes de matière sèche de différence en faveur du traitement compost selon les coupes. Ces résultats sont peu surprenants : les rendements sous prairie ont davantage été pénalisés par le déficit hydrique que par la quantité d'azote disponible dans le sol.

Les graphiques en annexe V permettent de suivre le stock d'azote présent dans le sol tout au long de la campagne 1991. Ces profils sous prairie se caractérisent par une quantité importante d'azote ammoniacal **NH₄⁺**. Il n'y a pas ou très peu de différences entre les

traitements pour les deux prairies. D'une manière générale, les quantités d'azote minéral total sont faibles ; elles sont inférieures à 60 kg **N/ha**, à l'exception du mois d'octobre où le stock augmente notablement à 116 kg pour le témoin d'une prairie et 83 kg dans le traitement compost de l'autre.

Les deux prairies, situées sur deux types de sols **différents**, se distinguent sensiblement par les niveaux mesurés. La première présente un stock d'azote nitrique et **nitreux** ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) constamment **inférieur** à 10 kg **N/ha**. Les résultats pour la deuxième sont supérieurs, de l'ordre de 10 à 25 kg sauf en Octobre.

L'INRA conclue que ces quantités d'azote nitrique sont faibles et présentent peu de risque de pollution.

3.3.2.4. SYNTHÈSE DES RESULTATS

D'après les études présentées dans ce chapitre, nous pouvons dire :

- dans les conditions de l'essai réalisé sur sol nu avant maïs, apporter du fumier composté n'a pas permis de diminuer la pollution azotée ;

- le compost apporté en végétation sur blé n'a pas fait augmenter la concentration en nitrates des eaux drainées jusqu'à l'apport de solution azotée ;

- le compost sur prairie n'engendre pas de présence supplémentaire d'azote dans le sol.

Il faut noter que ces résultats ne viennent qu'après une seule saison d'expérimentation, et que des études supplémentaires, dans d'autres conditions climatiques, semblent nécessaires pour confirmer ces déductions.

Rappelons-nous que la minéralisation des matières organiques (telles que le **fumier** ou le compost) dans le sol se fait au **Printemps** et en Automne C'est aussi à ces périodes, et surtout en Hiver, que l'eau draine vers les nappes. Si à ce moment, aucun couvert végétal ne pompe l'azote minéral produit, il risque d'être entraîné avec l'eau vers un cours d'eau ou une nappe. Seul un couvert du type des prairies, qui en général regroupe plusieurs espèces végétales et est implanté toute l'année, peut nous assurer que l'azote sera pompé. Notons aussi qu'un apport de compost sur prairies permettrait de rééquilibrer les importations et les exportations **d'azote**¹³.

¹³ Les exportations d'azote sont l'herbe broutée ou les fuches, les importations un apport d'azote. En général, les exportations sont supérieures aux importations.

Il apparaît donc que ce n'est pas le compost lui-même qui pollue moins que le fumier, mais la gestion différente qu'il est possible d'en faire. Un changement des pratiques agricoles semble aussi nécessaire : délocalisation du fumier composté vers les prairies et réduction des doses épandues. En effet soixante-dix tonnes de compost apportées sur sol nu s'avèreraient probablement plus polluantes que soixante dix tonnes de fumier frais !

Voyons à présent un cas où le compostage des **fumiers** est utilisé pour limiter la pollution due aux fumiers

3.3.2.5. UN **EXEMPLE** DE L'UTILISATION DU COMPOST POUR PROTEGER L'EAU : L' OPERATION **FERTI-MIEUX** DU HAUT **SAINTOIS** (POTIER communication personnelle)

Le plateau **limoneux** de Vicherey Beuvezin est constitué de calcaires fissurés. A la base du plateau, 17 sources alimentent 12 communes rurales et 3 syndicats intercommunaux. Les teneurs en nitrates des eaux varient entre 30 et 60 **mg/L**. L'occupation des sols est exclusivement agricole et forestière Les 40 agriculteurs apportent du fumier sur les 800 hectares du plateau qui sont réservés aux cultures (notamment maïs).

Plusieurs axes d'intervention sont mis en oeuvre pour réduire les excès d'apports azotés :

- suspension temporaire des apports de fumier sur le plateau ;
- compostage des fumiers permettant le raisonnement des apports et l'épandage sur les prairies. qui sont hors du plateau ;
- introduction de cultures "pièges à nitrates" ;
- raisonnement de la **fumure** azotée minérale complémentaire à partir des plans de fertilisation organiques initiaux.

Les **différentes** actions font l'objet d'un plan de conseil et d'animation qui se traduit par des notes techniques et des plans d'épandage individuels. Des parcelles de démonstration concernant l'épandage de compost sur maïs et prairies sont mises en place. Toutes ces opérations font l'objet de "tours de plaine" et de comptes-rendus destinés aux agriculteurs.

Les plates-formes réalisées en 1992, 1993 et 1994 ont déjà permis la pratique de compostage de fumier. Cette technique, qui nécessite tout de même une certaine adaptation (notamment liée à une organisation des chantiers d'épandage totalement différente) a déjà pris de l'ampleur sur le secteur grâce à la motivation des agriculteurs (très concernés par le problème des nitrates dans l'eau, puisque c'est celle qu'ils boivent) et des techniciens.

En terme de résultats, la teneur en nitrates de certaines sources a baissé dans certains cas ; elle a stagné dans d'autres. Il **faudra** probablement attendre encore quelques années avant d'avoir une baisse significative et qui concerne tous les **captages** d'eau.

3.4. SYNTHÈSE ET DISCUSSION : INTERETS ET LIMITES DU COMPOSTAGE

Composter les fumiers de ferme présente des avantages et des inconvénients pour différentes parties.

. Pour l'agriculteur qui produit du fumier, cela transforme un produit souvent considéré comme un déchet dont il faut se débarrasser en un produit "propre", inodore, et plus facilement valorisable. La technique est facile à acquérir et simple à mettre en pratique. Elle lui permet de gagner du temps grâce à la réduction de volume qui s'opère, et rend le calendrier d'épandage beaucoup moins contraignant, moins lié à la vidange des bâtiments. Par contre, elle nécessite :

- un fumier suffisamment pailleux, ce qui peut entraîner des achats de paille supplémentaires, mais améliore le confort des bestiaux (**PFILMIN**, 1994) ;
- un matériel adapté : tracteur suffisamment puissant avec une vitesse "rampante", et l'investissement dans un retourneur **d'andains**. Ce matériel a un coût encore assez élevé, et n'est pas toujours très bien adapté ; mais on peut supposer une amélioration technique et une baisse des prix si les achats sont de plus en plus nombreux.

Si l'agriculteur veut composter sur une plate-forme, ses dimensions seront plus grandes que pour une simple **fumière**.

▪ Le compost **offre** plus de valorisations possibles que le **fumier**, et une gestion différente, grâce à sa granulométrie plus fine, à sa désodorisation, son élimination des graines de mauvaises herbes par la chaleur.. . En outre, l'épandage est de meilleure qualité par rapport au **fumier** : il ne forme pas de mottes, et la largeur d'épandage est plus large, la répartition au sol plus homogène. Il présente moins de contraintes que le **fumier** quant à l'épandage près des habitations. Il apporte les mêmes avantages que toutes les matières organiques : amélioration de la structure du sol, de ses propriétés physico-chimiques et stimulant des micro-organismes. Il peut permettre une économie d'engrais.

Sur prairies, il ne pose pas de problème d'appétence des bêtes, et convient mieux aux agriculteurs que le fumier. Il peut remplacer une **fumure** chimique, et ne dégrade pas la qualité de la flore.

Avant culture, il **réchauffe** le sol grâce à sa couleur foncée, et présente un épandage plus facile.

Sur cultures en végétation' son apport semble possible sous certaines conditions (notamment apport avant **tallage**).

. D'un point de vue environnemental, le compost de fumier ne semble pas être en soi moins polluant que le **fumier** : les pertes en jus sont sensiblement identiques, et d'après ce que nous avons vu, épandu sur sol nu il semble larguer autant d'azote que le **fumier**.

L'intérêt n'est pas dans le produit lui-même, mais dans ses utilisations possibles, différentes de celles du fumier. Il permet de délocaliser l'apport de fumier vers un couvert qui présente moins de risques, les prairies. Il permet d'épandre à plus faible dose par hectare. Pour l'instant, nous ne pouvons pas encore dire si un apport en végétation serait aussi une délocalisation possible, nous manquons de **références**.

