Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement

18

b 4339

Gestion des déjections de bovins et pollution par les nitrates

Diversité des pratiques dans les élevages laitiers du Plateau lorrain

B. TEILHARD de CHARDIN

INRA-CRV
-8. NOV. 1990
UNITE CENTRALE DE DOCUMENTATION
VERSAILLES



Octobre 1990

DAD-18

INRA
Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement

U.R.S.A.D. VERSAILLES - DIJON - MIRECOURT

GESTION DES DEJECTIONS DE BOVINS ET POLLUTION PAR LES NITRATES

Diversité des pratiques dans les élevages laitiers du Plateau lorrain

Programme Agriculture, Environnement, Vittel (AGREV)

B. TEILHARD de CHARDIN

- I.N.R.A. - S.A.D.
Route de St-Cyr
78026 Versailles Cedex

Octobre 1990

REMERCIEMENTS

J'exprime ma gratitude envers les agriculteurs du Plateau Lorrain qui m'ont consacré du temps pour décrire leurs pratiques de gestion des déjections dans le fonctionnement de leurs exploitations.

Je souhaite mentionner les travaux de stagiaires de Marine-Line JODEAU sur la minéralisation des fumiers dans le sol en 1988 et de Karine KISLIG sur l'évolution des fumiers en stocks en 1989. Leurs résultats permettent d'avancer des hypothèses originales sur les conséquences agronomiques des pratiques d'épandage des agriculteurs.

Je remercie mes collègues du S.A.D. et des autres disciplines de l'I.N.R.A. auxquels j'ai eu souvent recours pour clarifier mes idées, particulièrement Madame BONIFACE pour l'intérêt qu'elle a porté à mon travail et Etienne LANDAIS qui a bien voulu se charger de la présentation de mes figures. Je remercie également Jean BARLIER auquel je dois les nombreuses références recueillies sur le Domaine de Mirecourt ainsi que Madame JOFFRIN et Madame SOULIERS qui ont assuré la frappe du texte.

RESUME

Cette étude s'adresse aux responsables de l'environnement, aux agents de Développement et aux agriculteurs.

L'auteur a observé les pratiques de gestion des déjections de gros bovins dans une vingtaine d'exploitations du Plateau Lorrain choisies pour leur diversité. Il en déduit une relation entre le type de bâtiment d'élevage, le type de ration de base du troupeau pendant la période de stabulation en hiver et les pratiques d'épandages des déjections. Il se réfère aux connaissances actuelles sur le cycle de l'azote pour prévoir les conséquences de ces pratiques sur la cinétique de la minéralisation des déjections épandues, sur les risques de lessivage des nitrates produits et sur les possibilités de leur valorisation par les couverts végétaux.

SUMMARY

The study concerns people responsible for environmental management, agricultural extension agents and farmers.

The author monitored the management practices of cattle excreta on some 20 farms selected for their diversity on the Plateau Lorrain in eastern France. A relation was found between the type of cattle housing, the type of basic ration of the herd during indoor wintering, and dung spreading practices. On the basis of current knowledge on nitrogen cycling he is able to predict the consequences of these practices on the mineralisation rate of dung spread on the fields, on the risks of leaching of the nitrates produced and on the possibilities of their utilisation and uptake by the sward.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 7

Introduction 9

1. Les fumiers de ferme : sous-produit de l'élevage. 12

1.1. Estimation des quantités produites et des risques de pollution au pâturage. 12

1.2. Production des déjections et stockage en stabulation. 14

1.2.1. Estimation des quantités produites

1.2.2. Estimation de la composition

1.2.3. Classification des effluents d'élevage selon leur consistance

1.2.4. Relations entre le type de bâtiment et la consistance

1.3. Différences entre compostage aérobie et fermentation anaérobie en cours de stockage. 18

2. Les fumiers de ferme : facteur de production végétale. 19

2.1. Minéralisation des fumiers incorporés au sol 19

2.2. Minéralisation des résidus végétaux 20

2.3. Minéralisation de l'humus 22

2.4. Effets de la température et de l'humectation du sol sur les taux de nitrates dans les horizons arables 22

2.5. Prélèvements de nitrates par les végétaux cultivés 22

2.6. Lessivage de l'azote nitrique 24

3. Diversité des pratiques d'épandage dans le cycle de l'année culturale logique de ces pratiques et risques de pollution. 25

3.1. Après la moisson 27

3.2. Après la récolte des plantes sarclées 28

3.3. Pendant la période hivernale de stabulation 28

3.4. La pratique du dépôt en plaine 31

3.5. Avant les labours de printemps 31

3.6. Après la sortie des troupeaux 32

3.7. Après la première coupe de fourrages 32

4. Systèmes d'exploitation et combinaisons de pratiques d'épandage. 32

Conséquences sur les risques de pollution. Contraintes à une modification éventuelle des pratiques observées.

4.1. Les systèmes avec ration à base de foin regain 32

4.1.1. Type avec stabulation entravée

4.1.2. Type avec stabulation libre ou logettes et lisier pailleux

4.1.3. Type avec stabulation libre ou logettes et lisier liquide

4.2. Les systèmes avec ration à base de maïs 36

4.2.1. Type avec stabulation entravée

4.2.2. Type avec stabulation libre ou logettes et lisier pailleux

4.2.3. Type avec stabulation libre ou logettes et lisier liquide

4.3. Gestion des purins 39

5. Tableau récapitulatif des possibilités d'épandages des effluents d'élevage et des risques de pollution. 40

6. Conclusion. Conditions d'application et limites de la méthode de raisonnement proposée. 42

AVANT-PROPOS

Il est de tradition d'utiliser les déjections animales comme source de matières organiques et d'éléments fertilisants. L'expérience avait donné les ordres de grandeur des quantités à apporter aux sols. Les besoins en éléments fertilisants étaient souvent supérieurs aux quantités produites par les troupeaux. Les déjections se présentaient alors soit sous forme solide, le fumier, soit sous forme liquide, le purin. De préférence l'un était appliqué sur les terres labourées, l'autre sur les prairies.

Avec l'accroissement de la productivité et l'apport d'aliments d'origine extérieure à l'exploitation, la quantité des déjections s'est accrue considérablement par rapport aux surfaces permettant leur épandage. D'autre part, une nouvelle forme liquide, le lisier, s'est fortement développée. Il est donc devenu nécessaire de repenser l'emploi des déjections. Pour cela il fallait reprendre toute la filière, producteur, stockage, conservation, épandage, qui dépend des méthodes d'élevage, de l'évolution des déjections entre le moment où elles sont émises et celui de leur application sur le terrain.

Monsieur Teilhard de Chardin a tenté de brasser un tableau exhaustif des problèmes posés et de leurs solutions. C'était une entreprise difficile. Il a su s'appuyer sur des observations effectuées dans les exploitations, ce qui confère un crédit certain à ses conclusions et quelles que soient les réflexions qu'elle peut soulever, cette tentative n'en reste pas moins exemplaire et particulièrement méritoire.

S. HENIN
Directeur de Recherche Honoraire INRA
Membre titulaire de l'Académie
d'Agriculture de France

Introduction

La gestion du fumier, dans une exploitation de polyculture-élevage, peut se décrire en le considérant, d'une part comme un sous-produit de l'élevage qui peut être quantifié et dont la consistance détermine les conditions de manipulation et de stockage, d'autre part comme un facteur de production pour l'alimentation minérale des végétaux cultivés et l'amendement des sols.

- Les fumiers de ferme sous-produit de l'élevage.

La figure 1 présente un modèle d'analyse des conditions de production du sous-produit déjection d'un élevage bovin. Ce modèle prend en compte : le nombre d'animaux, les rations qu'ils consomment, le type de bâtiment où ils sont éventuellement logés et la quantité de paille apportée sur les litières qui modifient la quantité et la consistance des fumiers produits. Ces déjections peuvent être restituées directement au pâturage, stockées, épandues en frais ou vendues. Si elles sont stockées, elles évoluent en cours de stockage soit en milieu aérobie soit en milieu anaérobie.

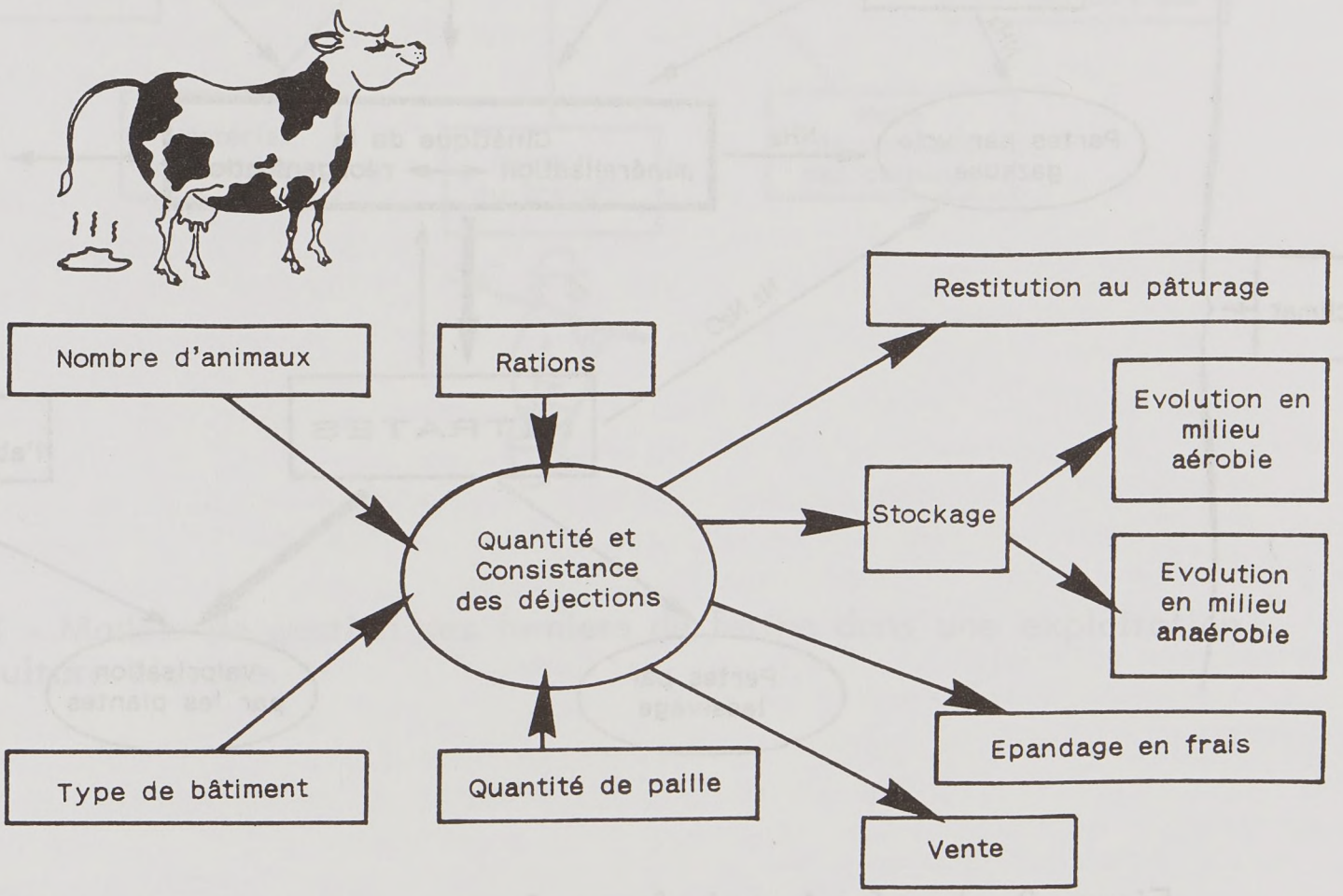


Figure 1 - Les fumiers de ferme sous-produit de l'élevage et leur valorisation

- Les fumiers de ferme facteurs de production végétale

Dans la plupart des cas les fumiers de ferme sont épandus sur les parcelles de l'exploitation. En effet les fumiers frais, les fumiers compostés et les lisiers épandus se transforment dans le sol par des phénomènes de minéralisation et de réorganisation qui produisent des substances humiques et des nitrates assimilables par les plantes. La cinétique de minéralisation de l'azote en nitrates dépend de la nature du produit épandu : fumier frais, fumier composté ou lisier, de la période d'épandage, de l'enfouissement ou non du produit. Les pertes d'azote par voie gazeuse ou par lessivage des nitrates dépendent des quantités épandues, de la cinétique des phénomènes de minéralisation réorganisation et de la concomitance de ces dernières avec la cinétique de l'absorption racinaire. La valorisation des nitrates par les plantes dépend de la concomitance entre la présence de nitrates et la cinétique d'absorption racinaire.

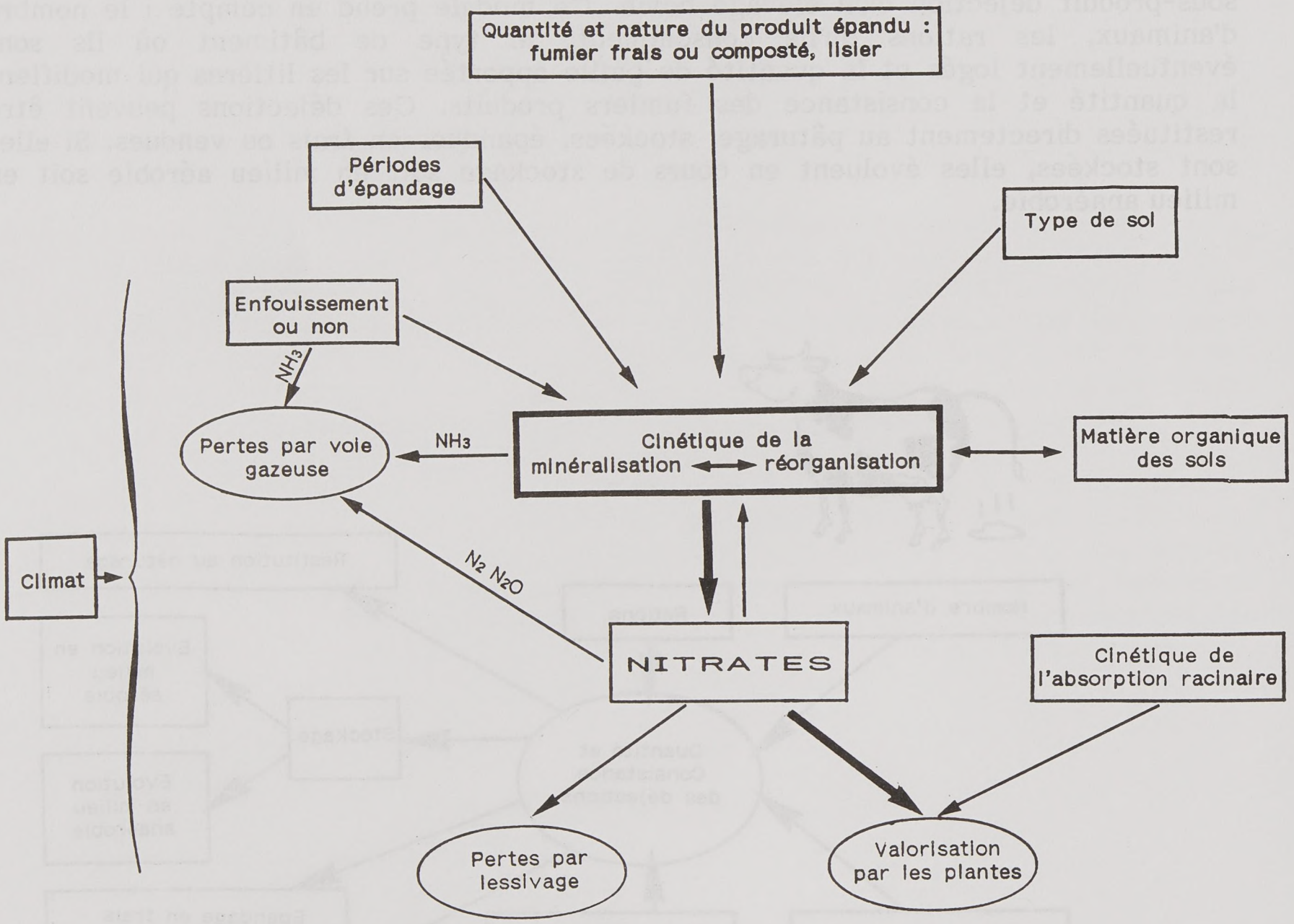


Figure 2 - Les fumiers de ferme facteurs de production végétale. Schéma simplifié du cycle de l'azote.

Enfin la figure 3 propose un modèle d'analyse de la gestion des déjections dans une exploitation où les principaux déterminants des pratiques d'épandage sont : d'une part la capacité de stockage qui dépend elle-même de la quantité et de la consistance des déjections, du type de bâtiment, du mode de stockage et de la pratique ou non du dépôt en plaine ; d'autre part les facteurs climat, portance des sols, nature et disponibilité du matériel d'épandage, gestion du travail dans le fonctionnement de l'exploitation, mode de conduite des cultures et assolement en prairie, céréales et plantes sarclées.

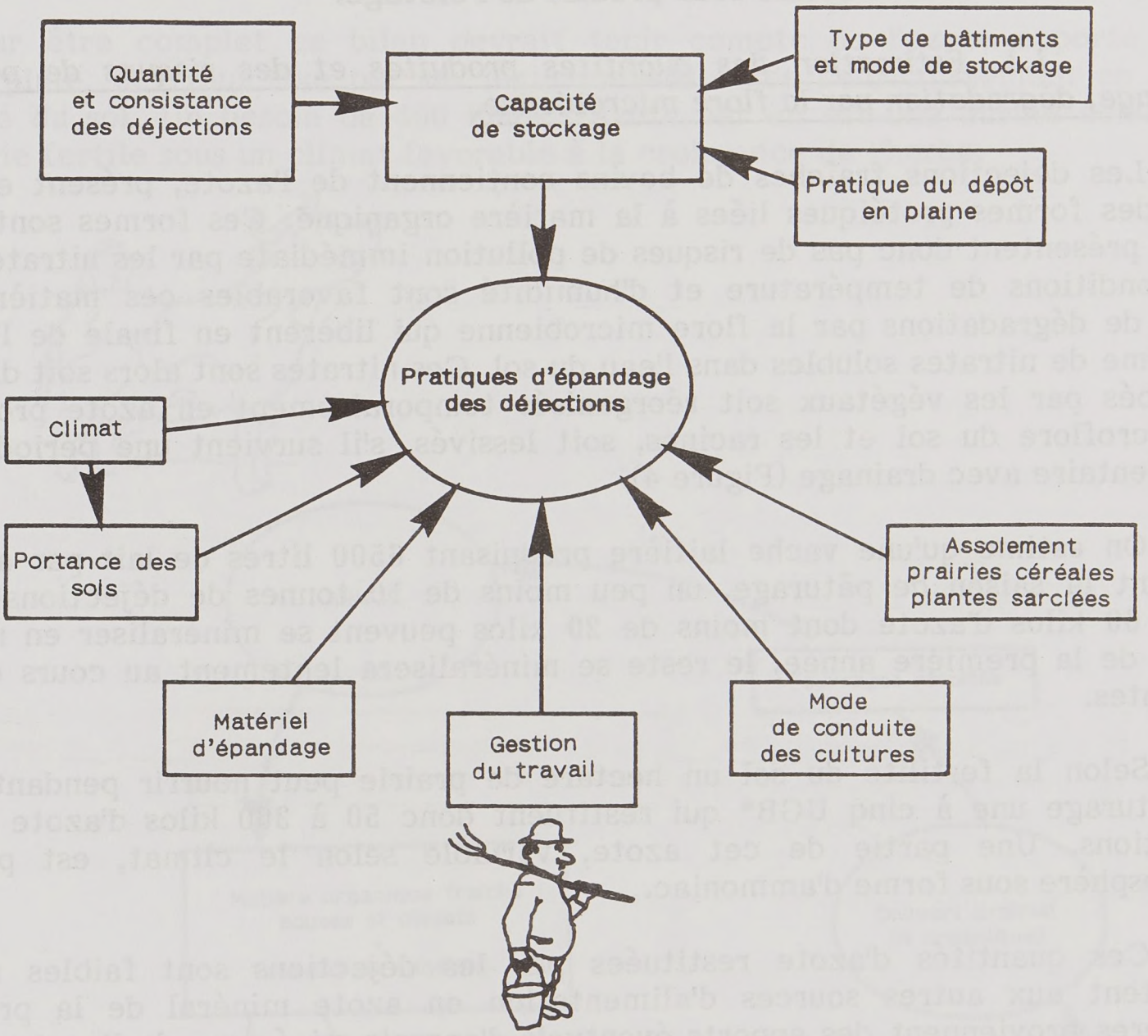


Figure 3 - Modèle de gestion des fumiers de ferme dans une exploitation de polyculture élevage.

Dans l'étude qui suit nous nous proposons d'analyser la gestion des fumiers de ferme selon ces modèles en y incluant l'objectif de réduction des fuites de nitrates provenant des fumiers vers la nappe phréatique et les rivières.

Les références sur les pratiques des agriculteurs ont été acquises au cours d'une enquête et de suivis auprès de 23 exploitations du Plateau lorrain réparties de part et d'autre d'un transect allant du sud du département des Vosges à la limite de la Haute Saône, jusqu'au nord de Rambervillers à la limite de la Meurthe et Moselle.

Ces exploitations nous ont été indiquées par les Conseillers soit parce que l'exploitant était demandeur d'un diagnostic sur sa façon de faire, soit parce que l'exploitant pratiquait un mode de gestion des fumiers original. Pour rééquilibrer l'échantillon, trop orienté vers des exploitations en plein développement, avec investissements récents et souvent une force de travail importante (une fois sur deux un GAEC), trois exploitations ont été choisies en complément, hors du réseau des conseillers, en raison de leur représentativité de systèmes traditionnels où la gestion du fumier est bien maîtrisée.

1. Les fumiers de ferme sous-produit de l'élevage.

1.1. Estimation des quantités produites et des risques de pollution au pâturage, dégradation par la flore microbienne.

Les déjections fraîches de bovins contiennent de l'azote, présent en majorité sous des formes protéiques liées à la matière organique. Ces formes sont insolubles et ne présentent donc pas de risques de pollution immédiate par les nitrates. Lorsque les conditions de température et d'humidité sont favorables ces matières sont le siège de dégradations par la flore microbienne qui libèrent en finale de l'azote sous la forme de nitrates solubles dans l'eau du sol. Ces nitrates sont alors soit directement absorbés par les végétaux soit réorganisés temporairement en azote protéique par la microflore du sol et les racines, soit lessivés, s'il survient une période de pluie excédentaire avec drainage (Figure 4).

On estime qu'une vache laitière produisant 6500 litres de lait par an excrète, pendant la saison de pâturage, un peu moins de 10 tonnes de déjections contenant 5O à 60 kilos d'azote dont moins de 20 kilos peuvent se minéraliser en nitrates au cours de la première année, le reste se minéralisera lentement au cours des années suivantes.

Selon la fertilité du sol un hectare de prairie peut nourrir pendant la saison de pâturage une à cinq UGB* qui restituent donc 50 à 300 kilos d'azote dans leurs déjections. Une partie de cet azote, variable selon le climat, est perdu dans l'atmosphère sous forme d'ammoniac.

Ces quantités d'azote restituées par les déjections sont faibles mais elles s'ajoutent aux autres sources d'alimentation en azote minéral de la prairie. Ces dernières proviennent des apports éventuels d'engrais minéraux, de l'azote minéralisé par la dégradation de l'humus, des débris de végétaux et des nodosités des légumineuses, enfin de l'azote minéral apporté par les eaux de pluie.
En fait, tout cet azote minéral est rapidement absorbé par le système racinaire des plantes prairiales, de sorte que le lessivage de nitrates sous les prairies pâturées reste très faible. Ces pertes sont de l'ordre de 10 kg par hectare et par an (13) dans les régions à climat tempéré. Cependant si le bilan azoté de la prairie est excédentaire par rapport aux capacités d'exportation en azote de la végétation on peut observer sous prairie des pertes par lessivage très supérieures au 10 kg par hectare et par an citées comme référence. Ainsi GACHON (14) mesure des pertes très faibles sous une prairie de fauche recevant 350 unités d'azote par an sous forme d'engrais minéraux et exportant sensiblement les mêmes quantités d'azote que celles apportées pour une production de 12 tonnes de matière sèche. Par contre, la littérature anglaise (12) cite des pertes de l'ordre de 160 kilos d'azote par an sous forme de nitrates, sous une prairie pâturée recevant en plus des restitutions par le troupeau 350 unités d'azote sous forme d'engrais minéraux. Ces 160 kilos d'azote lessivés par an peuvent s'expliquer par le bilan suivant :

---

* UGB : Unité de Gros Bétail.

Apports d'azote en Kg de N/ha		Exportations en Kg de N/HA	
Engrais minéraux	350 kg	Besoins des végétaux	400 Kg
Déjections	300 Kg	Pertes atmosphériques	90 Kg
		Pertes par lessivage	160 Kg
Total	650 Kg		650 Kg

Pour être complet ce bilan devrait tenir compte de l'azote apporté par les eaux de pluie, de celui fixé par les légumineuses et de l'enrichissement en matière organique du sol. Un besoin de 400 Kilos d'azote par an est une norme admise pour une prairie fertile sous un climat favorable à la croissance de l'herbe.

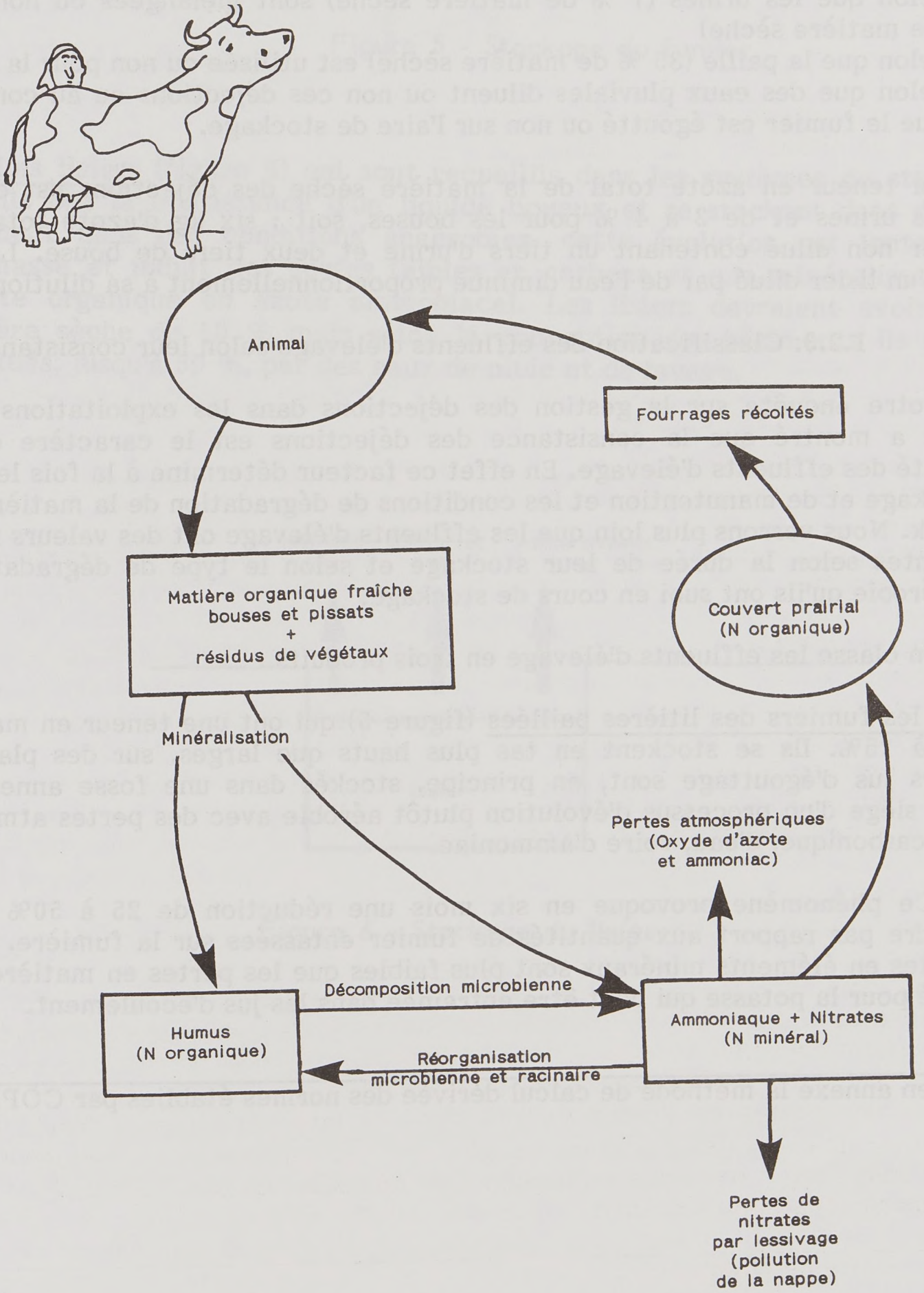


Figure 4 - Cycle de l'Azote et de la matière organique dans un parc.

1.2. Production des déjections et stockage en stabulation.

1.2.1. Estimation des quantités produites *

La gestion des déjections produites en stabulation est d'abord un problème quantitatif en raison des volumes à maîtriser.

. Ainsi une ferme, qui nourrit 50 vaches laitières et élève la plupart de ses veaux, produit pendant l'hiver 734 tonnes de déjections dans l'atelier vaches laitières et 600 tonnes dans les stabulations de jeunes. Soit environ **15 tonnes par hiver et par vache produisant 25 litres** de lait par jour et 8 tonnes par élève, tous âges confondus, dont **1/3 sous forme d'urines.**

1.2.2. Estimation de la composition

Le facteur principal déterminant la qualité des fumiers de ferme est leur teneur en eau qui varie dans une large fourchette,

selon que les urines (7 % de matière sèche) sont mélangées ou non aux bouses (16 % de matière sèche)

selon que la paille (85 % de matière sèche) est utilisée ou non pour la litière,

selon que des eaux pluviales diluent ou non ces déjections ou au contraire selon que le fumier est égoutté ou non sur l'aire de stockage.

La teneur en azote total de la matière sèche des déjections est de 8 à 10 % pour les urines et de 3 à 4 % pour les bouses, soit : six kg d'azote total par tonne de lisier non dilué contenant un tiers d'urine et deux tiers de bouse. La teneur en azote d'un lisier dilué par de l'eau diminue proportionnellement à sa dilution.

1.2.3. Classification des effluents d'élevage selon leur consistance.

Notre enquête sur la gestion des déjections dans les exploitations du Plateau Lorrain a montré que la consistance des déjections est le caractère essentiel de la qualité des effluents d'élevage. En effet ce facteur détermine à la fois les conditions de stockage et de manutention et les conditions de dégradation de la matière organique du stock. Nous verrons plus loin que les effluents d'élevage ont des valeurs fertilisantes différentes selon la durée de leur stockage et selon le type de dégradation aérobie ou anaérobie qu'ils ont subi en cours de stockage.

On classe les effluents d'élevage en trois produits :

- les fumiers des litières paillées (figure 5) qui ont une teneur en matière sèche de 20 à 25%. Ils se stockent en tas plus hauts que larges, sur des plates-formes, où leurs jus d'égouttage sont, en principe, stockés dans une fosse annexe. Ces tas sont le siège d'un processus d'évolution plutôt aérobie avec des pertes atmosphériques de gaz carbonique, d'eau, voire d'ammoniac.

Ce phénomène provoque en six mois une réduction de 25 à 50% du tonnage à épandre par rapport aux quantités de fumier entassées sur la fumière. En principe les pertes en éléments minéraux sont plus faibles que les pertes en matière organique, excepté pour la potasse qui peut être entrainée dans les jus d'écoulement.

---

* Voir en annexe la méthode de calcul dérivée des normes établies par COPPENET.

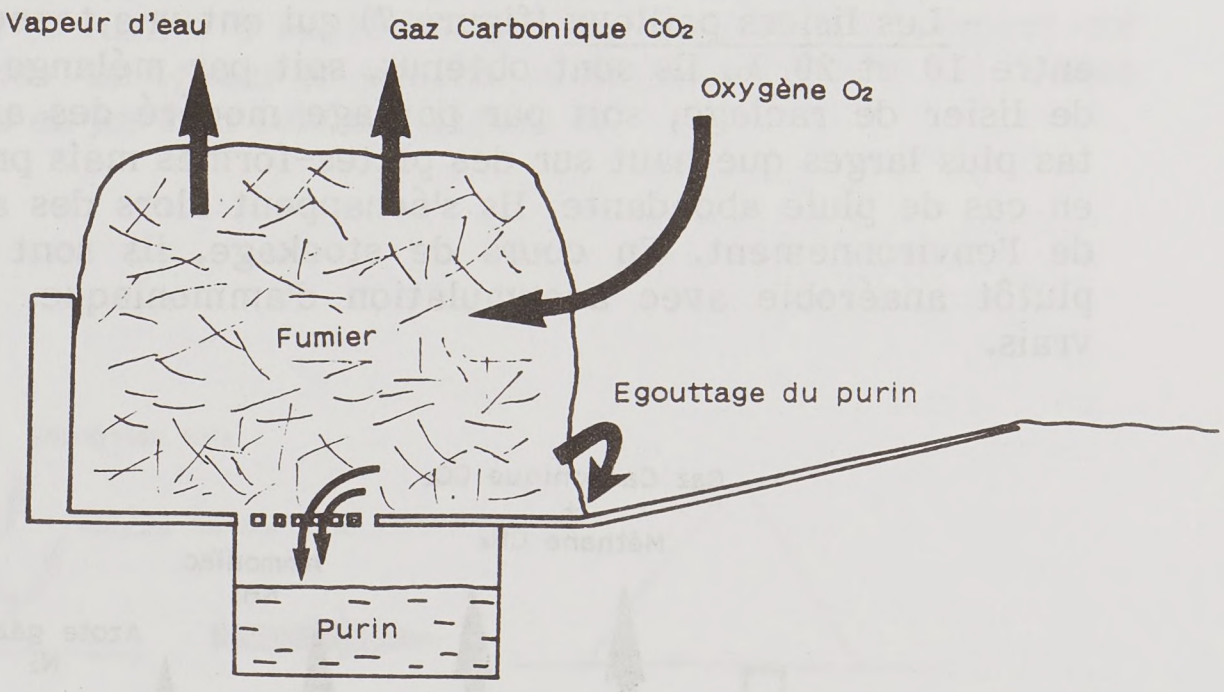


Figure 5 - Stockage du fumier.

- Les lisiers (figure 6) qui sont recueillis dans les systèmes de stabulation non paillés. Ils ont la consistance d'un liquide boueux et se stockent dans des fosses où ils évoluent dans des conditions anaérobies, cette évolution est lente, n'échauffe pas la masse et induit des pertes faibles en carbone et une minéralisation partielle de l'azote organique en azote ammoniacal. Les lisiers devraient avoir une teneur en matière sèche de 10 % mais selon la conception des bâtiments ils sont plus ou moins dilués, jusqu'à 50 %, par des eaux de pluie et de lavage.

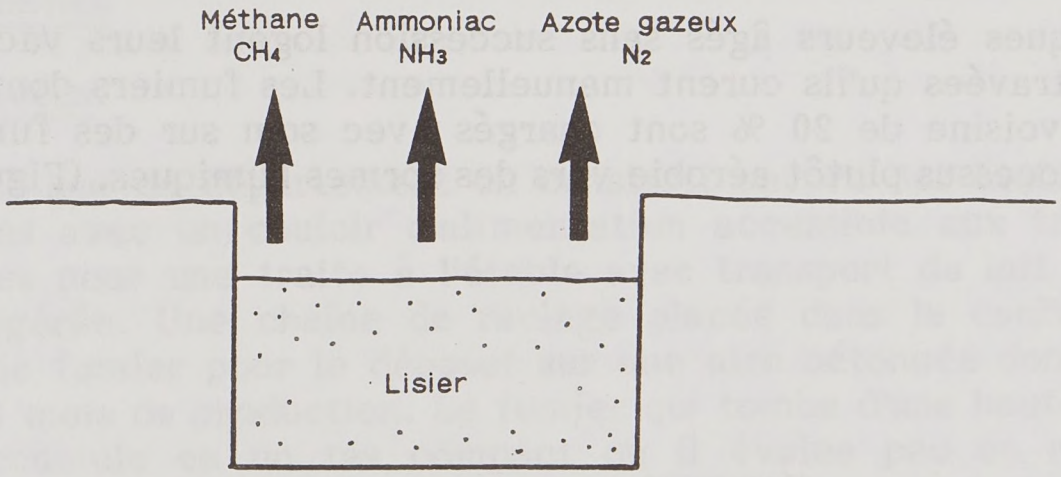


Figure 6 - Stockage du lisier.

- Les lisiers pailleux (figure 7) qui ont une teneur en matière sèche qui se situe entre 10 et 20 %. Ils sont obtenus, soit par mélange de fumier de litière paillée et de lisier de raclage, soit par paillage modéré des aires raclées. Ils se stockent en tas plus larges que haut sur des plates-formes mais prennent une consistance boueuse en cas de pluie abondante. Ils s'échappent alors des aires de stockage au grand dam de l'environnement. En cours de stockage, ils sont le siège d'une évolution lente plutôt anaérobie avec accumulation d'ammoniaque, comme dans le cas des lisiers vrais.

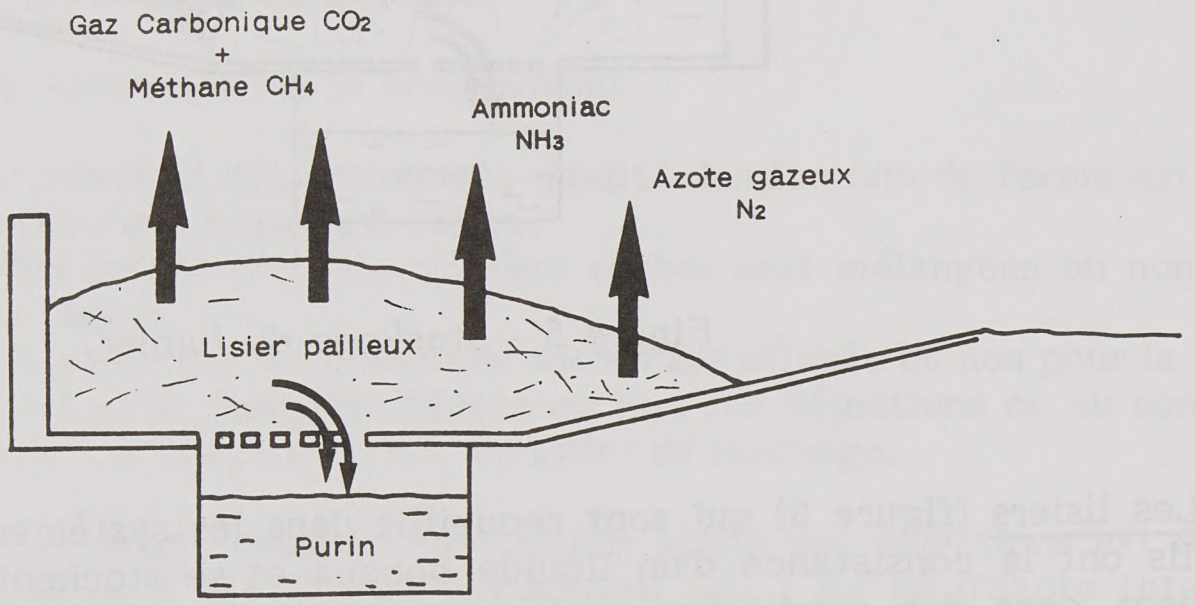


Figure 7 - Stockage du lisier pailleux.

1.2.4. Relation entre le type de bâtiment et la consistance des effluents d'élevage.*

Bâtiments anciens dans le village.

Quelques éleveurs âgés sans succession logent leurs vaches laitières dans des étables entravées qu'ils curent manuellement. Les fumiers dont la teneur en matière sèche est voisine de 20 % sont chargés avec soin sur des fumières où ils évoluent selon un processus plutôt aérobie vers des formes humiques. (Figure 8).

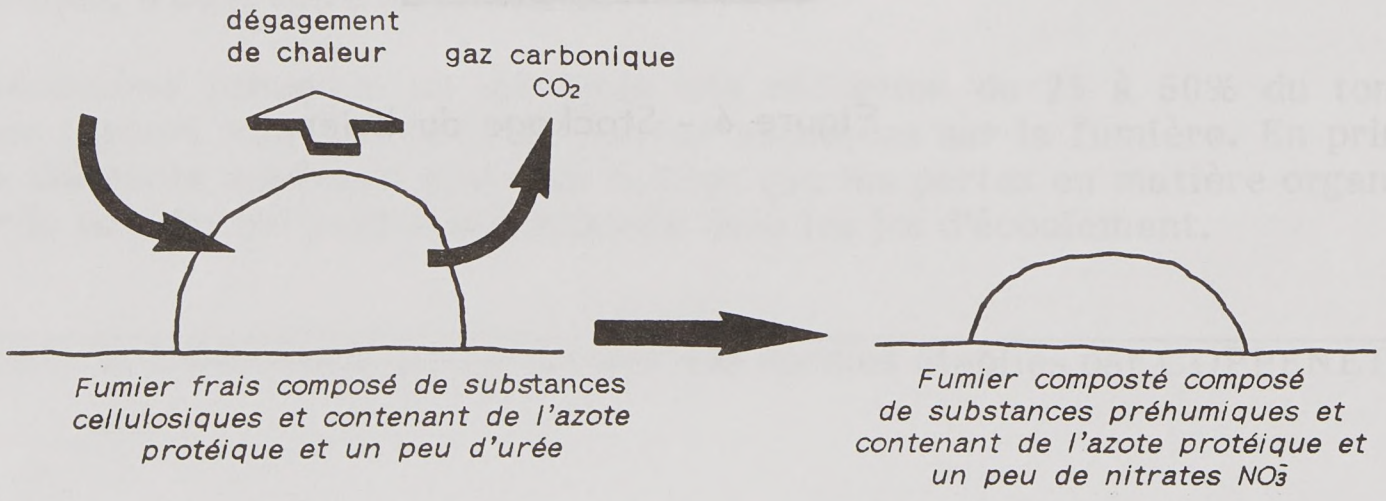


Figure 8 - Evolution aérobie du fumier.

* Voir en annexe les mesures effectuées sur le Domaine INRA de Mirecourt

Généralement les étables anciennes sont modernisées par l'installation d'une chaîne de raclage qui dépose le fumier à l'extérieur en un tas cônique compact qui évolue lentement en anaérobiose. La teneur en matière sèche de ce fumier est voisine de 20 % de sorte que les pertes en jus sont faibles. (Figure 9).

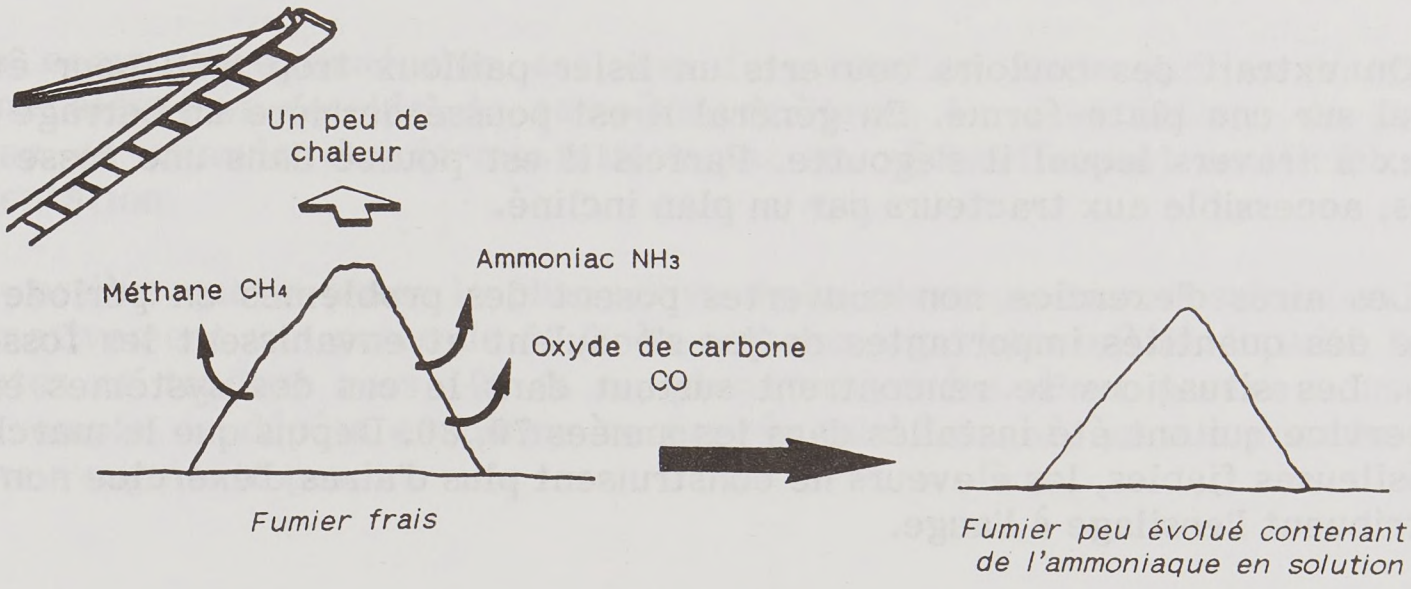


Figure 9 - Evolution anaérobie du fumier.

Les élèves et les boeufs sont parfois entravés et produisent le même fumier que les vaches laitières. Plus souvent ils sont élevés dans des boxes paillés d'où on extrait au moins deux fois par an un fumier tassé par le piétinement et qui évolue donc en anaérobiose et a une composition proche de celle des fumiers repris sous les chaînes de raclage. La vidange de ces boxes est presque toujours manuelle.

Bâtiments modernes

- Etables entravées.

Surtout dans le sud du département on construit encore des étables entravées pour vaches laitières avec un couloir d'alimentation accessible aux tracteurs. Ces étables sont équipées pour une traite à l'étable avec transport du lait par lactoduc vers une cuve réfrigérée. Une chaîne de raclage placée dans le caniveau derrière les vaches reprend le fumier pour le déposer sur une aire bétonnée dont la capacité de stockage est de 6 mois de production. Le fumier qui tombe d'une hauteur de quatre mètres environ s'accumule en un tas compact où il évolue peu en raison de son tassement excessif.

- Boxes paillés.

Les élèves et les boeufs sont en général logés dans des boxes paillés conçus pour être vidés deux fois par an avec un tracteur équipé d'une fourche frontale. Le fumier extrait est compact, peu évolué.

- Aire de couchage paillée et aire d'exercice raclée.

Cette solution a été choisie pour de nombreux troupeaux de 50 vaches laitières au maximum. Au-delà de cette limite une tranquilité suffisante du troupeau n'est plus assurée tandis que le piétinement excessif de l'aire paillée nécessite trop de paille pour assurer la portance.

Le fumier produit sur l'aire de couchage a la même consistance que celui produit dans les boxes. L'aire de couchage est, en général, vidée deux fois par an tandis que les aires d'exercice sont raclées tous les deux jours, exceptionnellement une seule fois dans la semaine.

On extrait des couloirs couverts un lisier pailleux trop mou pour être stocké tel quel sur une plate-forme. En général il est poussé derrière un barrage de fumier pailleux à travers lequel il s'égoutte. Parfois il est poussé dans une fosse murée sur 3 côtés, accessible aux tracteurs par un plan incliné.

Les aires d'exercice non couvertes posent des problèmes en période pluvieuse lorsque des quantités importantes de jus s'écoulent et envahissent les fosses ou sont perdus. Les situations se rencontrent surtout dans le cas des systèmes ensilage en libre service qui ont été installés dans les années 70, 80. Depuis que le marché propose des désileuses fiables, les éleveurs ne construisent plus d'aires d'exercice non couvertes et distribuent l'ensilage à l'auge.

- Logettes.

Les troupeaux importants sont presque toujours élevés dans des systèmes logettes avec couloir et aires d'exercice raclées tous les deux jours. La tranquilité du troupeau est assurée et la DDASS* est favorable à ce système qui, sur le permis de construire, prévoit de rassembler la totalité des effluents d'élevage dans une fosse étanche en attendant un épandage rationnel sur les parcelles de l'exploitation.

Mais la réalité est bien différente car les grands élevages avec fosse à lisier sont ceux qui posent le plus de problèmes en matière de gestion des déjections parce que la capacité de stockage des fosses est en général insuffisante et que les périodes de l'année où les lisiers peuvent être épandus sans risque de pollution sont beaucoup plus courtes que les périodes où les épandages de fumier peuvent être recommandés.

Pour maîtriser les épandages de lisier, il faudrait une capacité de stockage de 4 à 5 mois au moins alors qu'on rencontre souvent des capacités de stockage de 1 mois ; soit parce que la fosse est trop petite, soit parce que le lisier est dilué par des eaux de pluie ou des infiltrations souterraines.

1.3. Différences entre compostage aérobie et fermentation anaérobie en cours de stockage.

Les déjections sont des produits organiques riches en eau et par conséquent facilement dégradables par les microorganismes.

- Les fumiers pailleux non tassés évoluent en présence d'oxygène vers des produits finaux qui sont des matières oxydées : du gaz carbonique un peu de nitrates et un ensemble de résidus précurseurs de l'humus dont la composition chimique est sensiblement la suivante : 50 % de carbone, 40 % d'oxygène, 5 % d'hydrogène et 5 % d'azote.

Au sein d'un tas de fumier compact ou dans un lisier, la diminution de la concentration en oxygène entraîne le développement de microorganismes anaérobies qui prélèvent dans la matière organique fraîche l'oxygène dont ils ont besoin. Les produits finaux de cette évolution microbienne en milieu réducteur sont le méthane CH_4 et l'ammoniac NH_3 et un résidu organique riche en carbone et pauvre en oxygène.

- La décomposition en aérobiose entraîne une activité microbienne intense et s'accompagne d'une forte élévation de température du tas qui détruit les germes pathogènes et les graines de mauvaises herbes qui pourraient être présentes. En cours de compostage le tas de fumier a tendance à se dessécher en surface et à

---

* Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

se compacter à l'intérieur. Pour éviter cet inconvénient les spécialistes du compostage recommandent soit de remuer le tas après les premières semaines de fermentation, soit de l'arroser en surface et de l'oxygéner à l'intérieur par une ventilation forcée. Ces opérations nécessitent un équipement spécial trop coûteux pour une exploitation agricole isolée.

Le compostage anaérobie est une fermentation lente qui ne s'accompagne pas d'une élévation notable de température. Dans les installations de production de biogaz on stimule ces fermentations par un réchauffement artificiel des bacs de fermentation.

On estime que la phase la plus active de la décomposition des fumiers entraîne approximativement une perte de 50 % du carbone organique initial. Ensuite les pertes sont lentes et tendent vers 100 % en plusieurs années. Pour preuve nous pouvons citer l'exemple de dépôts en plaine rechargés tous les ans, jamais épandus et dont le volume n'augmente pas.

2. Les fumiers de ferme : facteurs de production végétale.

2.1. Minéralisation des fumiers incorporés au sol. (figure 10)

L'incorporation au sol d'un fumier frais provoque une multiplication intense de microorganismes qui dégradent en priorité la cellulose puis la lignine pour les transformer en substances préhumiques celles-ci sont ensuite elles-mêmes transformées en humus quasi stable.

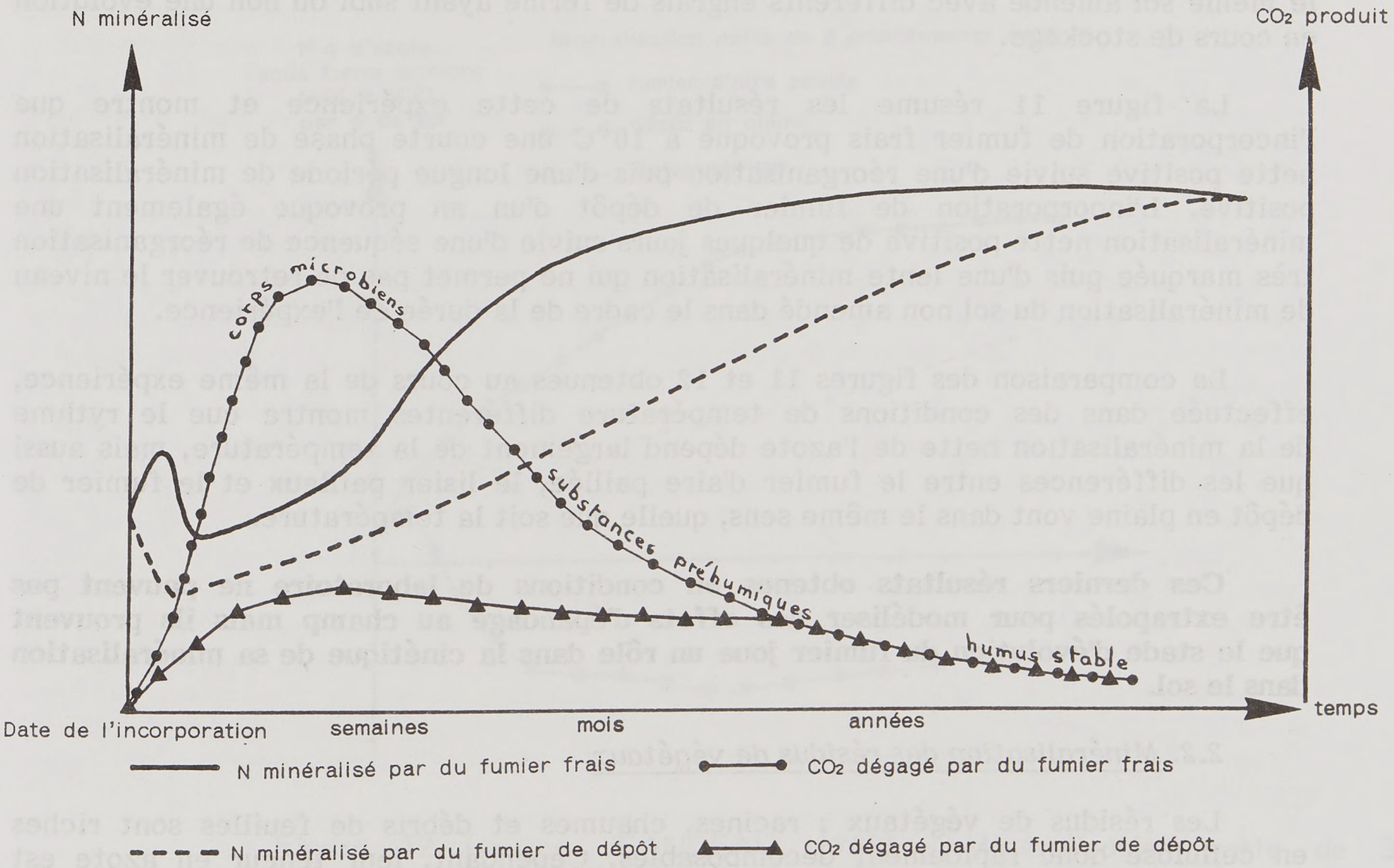


Figure 10 (adaptée de MONNIER, 1972) - Représentation schématique de la minéralisation d'un fumier frais et d'un fumier de dépôt.

- la phase multiplication des microorganismes et dégradation des substances cellulosiques dure quelques semaines, consomme beaucoup d'oxygène, mobilise des nitrates et de l'ammoniaque disponibles dans le sol et dans l'amendement organique. Elle libère du gaz carbonique et du potassium.

- La phase élaboration des substances préhumiques dure plusieurs mois. Elle correspond à une réduction des populations microbiennes et à une libération d'éléments minéraux, en particulier des nitrates, des phosphates et des sulfates.

- La phase évolution de l'humus quasi stable correspond à une activité biologique faible puisqu'on mesure dans un sol de nos régions une perte finale en humus de 1 à 2 % du stock par an. Cependant les phénomènes, cycliques dans l'année, de minéralisation, et de réorganisation de l'humus intéressent une fraction plus importante de ce produit. Le taux de destruction de la matière organique est beaucoup plus important sous les climats tropicaux, il est réduit sous les climats froids et lorsque le rapport carbone/azote des réserves organiques du sol est plus grand que 30.

Un fumier de dépôt ayant évolué en milieu aérobie a déjà subi partiellement, en cours de stockage, la phase multiplication des corps microbiens et destruction des substances cellulosiques et la phase élaboration des substances préhumiques. Son incorporation au sol provoque donc une faible mobilisation d'azote suivie d'une minéralisation en nitrates lente et soutenue. La figure 10 schématise le rythme de l'activité microbienne et l'évolution des teneurs en azote minéralisé du sol.

Une expérience réalisée en 1988 à la Station d'Agronomie de l'INRA à Châlons-sur-Marne confirme que la cinétique de minéralisation des engrais de ferme dépend de leur composition et de leur évolution en cours de stockage. On a comparé en conditions de laboratoire les taux d'azote minéralisé dans un sol témoin et dans le même sol amendé avec différents engrais de ferme ayant subi ou non une évolution en cours de stockage.

La figure 11 résume les résultats de cette expérience et montre que l'incorporation de fumier frais provoque à 10°C une courte phase de minéralisation nette positive suivie d'une réorganisation puis d'une longue période de minéralisation positive. L'incorporation de fumier de dépôt d'un an provoque également une minéralisation nette positive de quelques jours suivie d'une séquence de réorganisation très marquée puis d'une lente minéralisation qui ne permet pas de retrouver le niveau de minéralisation du sol non amendé dans le cadre de la durée de l'expérience.

La comparaison des figures 11 et 12 obtenues au cours de la même expérience, effectuée dans des conditions de température différentes, montre que le rythme de la minéralisation nette de l'azote dépend largement de la température, mais aussi que les différences entre le fumier d'aire paillée, le lisier pailleux et le fumier de dépôt en plaine vont dans le même sens, quelle que soit la température.

Ces derniers résultats obtenus en conditions de laboratoire ne peuvent pas être extrapolés pour modéliser des effets d'épandage au champ mais ils prouvent que le stade d'évolution du fumier joue un rôle dans la cinétique de sa minéralisation dans le sol.

2.2. Minéralisation des résidus de végétaux.

Les résidus de végétaux : racines, chaumes et débris de feuilles sont riches en cellulose donc rapidement décomposables. Cependant, leur teneur en azote est faible par rapport à la fraction carbonée de sorte que leur décomposition mobilise l'azote minéral présent dans le sol. Ainsi, la comparaison de l'effet d'une incorporation de paille dans un sol à celui d'un épandage de fumier frais montre que la paille provoque une phase initiale de réorganisation de l'azote nitrique plus longue et plus

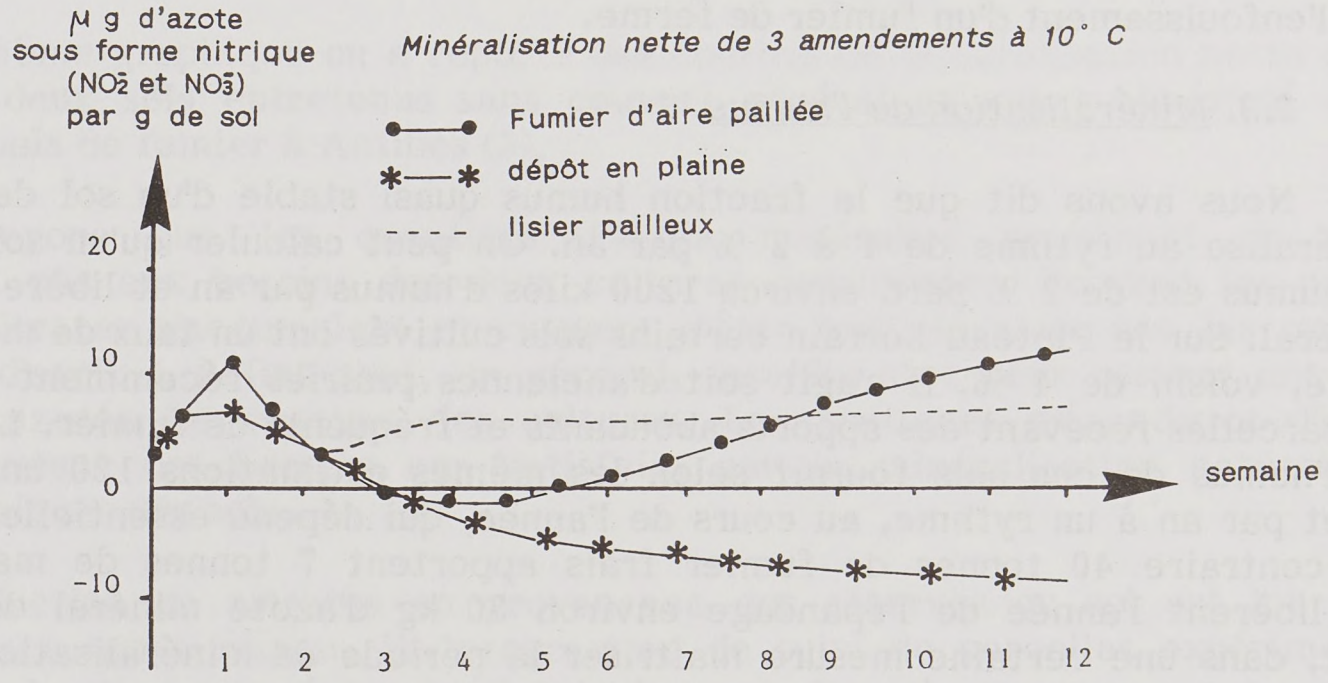


Figure 11 (source JEAUDEAU, 1988) - Minéralisation nette de 3 amendements à 10°C.

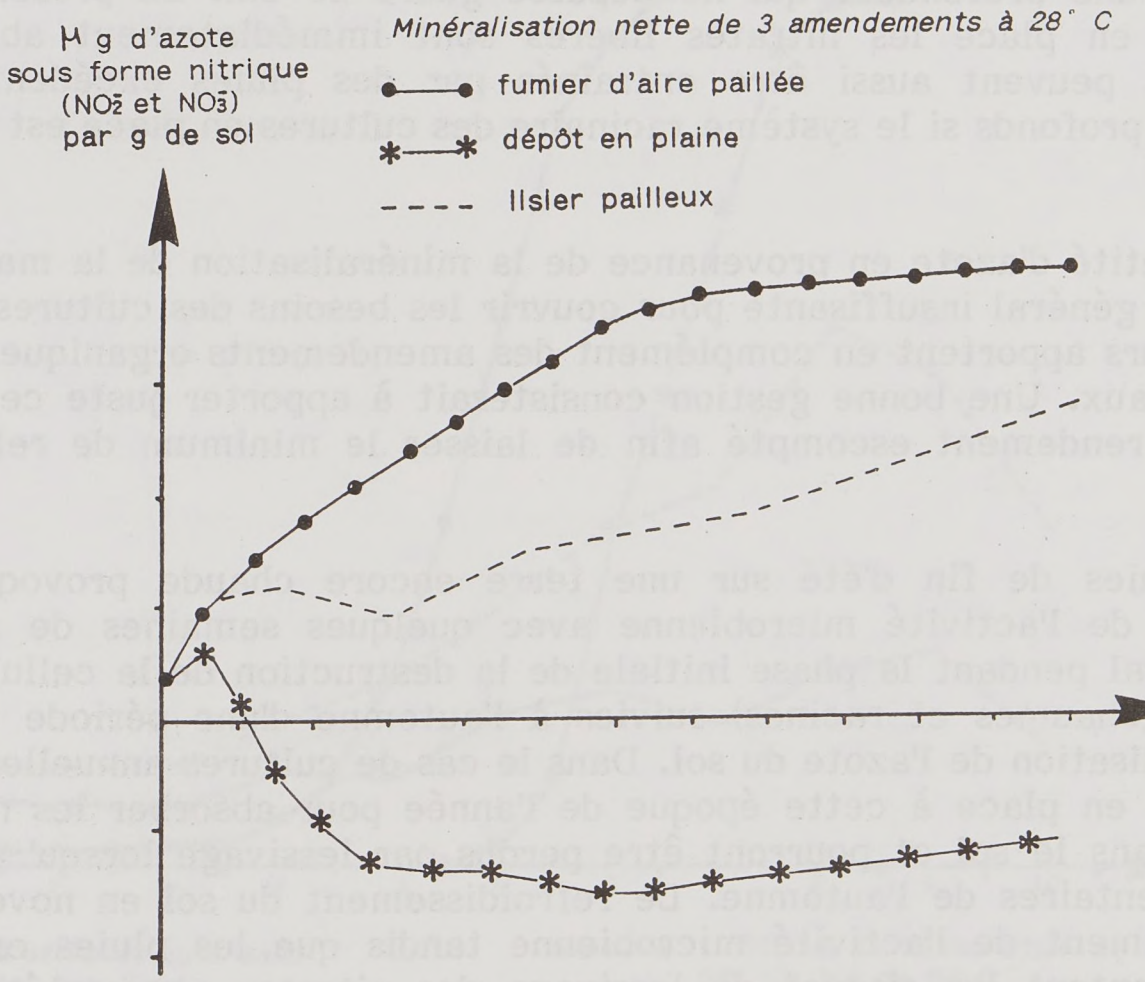


Figure 12 (source JEAUDEAU, 1988) - Minéralisation nette de 3 amendements à 28° C.

marquée que le fumier. Mesurée sur plusieurs années la production de nitrates avec enfouissement de paille est plus faible qu'avec fumier. A terme l'enfouissement des pailles enrichit les sols en humus et en azote minéralisable mais beaucoup moins que l'enfouissement d'un fumier de ferme.

2.3. Minéralisation de l'humus.

Nous avons dit que la fraction humus quasi stable d'un sol de nos régions se minéralise au rythme de 1 à 2 % par an. On peut calculer qu'un sol dont la teneur en humus est de 2 % perd environ 1200 kilos d'humus par an et libère 60 kilos d'azote minéral. Sur le Plateau Lorrain certains sols cultivés ont un taux de matière organique élevé, voisin de 4 %, il s'agit soit d'anciennes prairies récemment retournées, soit de parcelles recevant des apports abondants et fréquents de fumier. La minéralisation de l'humus de ces sols fournit selon les mêmes estimations 120 unités d'azote par ha et par an à un rythme, au cours de l'année, qui dépend essentiellement du climat. Au contraire 40 tonnes de fumier frais apportent 7 tonnes de matière organique qui libèrent l'année de l'épandage environ 30 kg d'azote minéral dont l'agriculteur peut, dans une certaine mesure maîtriser la période de minéralisation en choisissant la date d'épandage.

2.4. Effets de la température et de l'humectation du sol sur les taux de nitrates dans les horizons arables.

En principe, au printemps, le réchauffement du sol et son ressuyage créent des conditions de température et d'aération favorables au démarrage de l'activité microbienne avec, pendant quelques semaines mobilisation des nitrates disponibles pour la constitution des corps microbiens ; puis le bilan de la minéralisation des nitrates devient positif et le reste jusqu'à ce que le dessèchement du sol provoque un ralentissement puis un arrêt de l'activité microbienne. Ces phénomènes se produisent à une profondeur qui ne dépasse guère 25 cm. En présence des racines des cultures en place les nitrates libérés sont immédiatement absorbés par ces dernières. Ils peuvent aussi être entraînés par des pluies excédentaires vers des horizons plus profonds si le système racinaire des cultures en place est insuffisamment développé.

La quantité d'azote en provenance de la minéralisation de la matière organique du sol est en général insuffisante pour couvrir les besoins des cultures, c'est pourquoi les agriculteurs apportent en complément des amendements organiques et des engrais azotés minéraux. Une bonne gestion consisterait à apporter juste ce qu'il faut pour atteindre le rendement escompté afin de laisser le minimum de reliquats après la récolte.

Les pluies de fin d'été sur une terre encore chaude provoquent un brutal redémarrage de l'activité microbienne avec quelques semaines de mobilisation de l'azote minéral pendant la phase initiale de la destruction de la cellulose des résidus de récoltes (chaumes et racines) suivies à l'automne d'une période de bilan positif de la minéralisation de l'azote du sol. Dans le cas de cultures annuelles aucun couvert végétal n'est en place à cette époque de l'année pour absorber les nitrates formés. Ils restent dans le sol et pourront être perdus par lessivage lorsqu' apparaîtront les pluies excédentaires de l'automne. Le refroidissement du sol en novembre provoque un ralentissement de l'activité microbienne tandis que les pluies excédentaires de l'hiver augmentent les risques de lessivage des nitrates accumulés, vers la nappe phréatique.

2.5. Prélèvements d'azote minéral par les végétaux cultivés.

L'azote est indispensable à la croissance des végétaux qui ne peuvent l'absorber que sous la forme de nitrates qui se trouvent dans l'eau du sol. La figure 13 compare le rythme de l'absorption de l'azote d'un blé de 50 quintaux et celui d'un maïs de

65 quintaux. On remarque qu'en avril et mai le blé demande deux kgs d'azote par jour pour assurer sa croissance tandis que la demande maximum du maïs est du même ordre mais se situe deux mois plus tard en juin juillet.

Sur le même graphique on a reporté des courbes de minéralisation nette d'azote mesurée sur deux sols entretenus sans couvert végétal et ayant bénéficié ou non d'apports annuels de fumier à Antibes (5).

Nous voyons que les quantités d'azote minéralisé provenant du sol ne correspondent pas aux besoins des deux cultures considérées. Pendant les périodes d'hiver, les nitrates s'accumulent et risquent d'être lessivés alors que les quantités minéralisées d'avril à juillet sont, en général, insuffisantes pour assurer une bonne alimentation azotée de chacune des cultures. Les pratiques d'épandages d'engrais minéraux couvrent ces besoins non satisfaits par la minéralisation naturelle des réserves organiques des sols.

La production de nitrates en provenance des réserves du sol est loin d'être négligeable dans notre région. Un programme de suivi de parcelles expérimentales coordonné par la Chambre régionale d'agriculture de Lorraine montre que la quantité de nitrates provenant de la minéralisation de la matière organique du sol dépend de la profondeur du sol, de la fréquence des épandages de fumier et parfois des excédents de fumure des années précédentes. On estime qu'elle se situe entre 60 et 190 unités d'azote selon les situations. Nous manquons encore de références, obtenues sur des essais de longue durée, pour mieux prévoir les possibilités de la minéralisation des réserves organiques des sols ; ce qui permettrait une meilleurs gestion des fumures azotées minérales complémentaires.

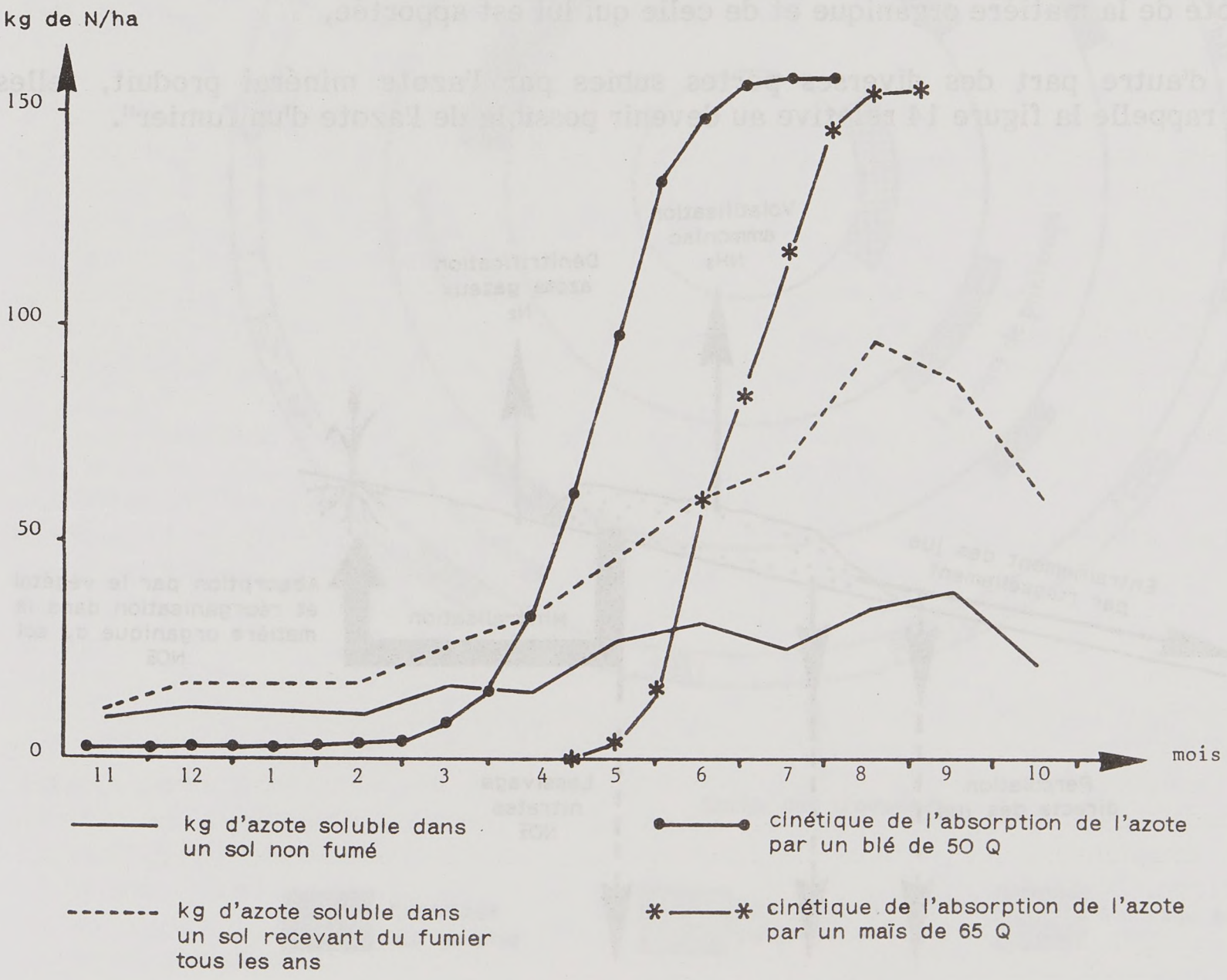


Figure 13 (source REMY, 1970, GILLY, 1985, SOLTNER, 1986) - Comparaison des courbes théoriques des cinétiques d'absorption d'azote par un blé et par un maïs et des courbes de minéralisation de l'azote mesuré à Antibes sur deux sols maintenus sans couvert végétal.

2.6. Lessivage des nitrates. (Figure 14).

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. On estime que des pluies excédentaires sur un sol déjà à la capacité au champ* déplacent les nitrates approximativement de 3 cm pour 10 mm de pluie (14). Cette vitesse dépend des caractères physiques du sol (texture et structure).

Tant qu'ils restent à une profondeur accessible aux racines ou aux échanges gazeux avec l'atmosphère ces nitrates (particulièrement dans la couche labourée) peuvent être absorbés par les végétaux (racines, parties aériennes) ou réorganisés par les microorganismes du sol. En dessous de ce niveau, l'activité biologique de ces derniers est quasiment nulle de sorte que les nitrates qui ont été entraînés sous la zone racinaire risquent de se retrouver à plus ou moins brève échéance dans les eaux de la nappe phréatique. Compte tenu du risque de toxicité des nitrates, pour les nourrissons en particulier, on a défini une norme de potabilité de l'eau. Celle-ci ne doit pas dépasser 50 milligrammes de nitrates par litre si elle est distribuée pour la consommation humaine. Les eaux de source et les eaux minérales commercialisées en bouteilles doivent contenir moins de 15 milligrammes par litre.

"La protection des nappes contre la pollution par les nitrates passe donc par un ajustement précis de la fumure azotée aux besoins des végétaux cultivés ; ce qui implique une meilleure prise en compte :

- d'une part, de l'importance et de la dynamique de la minéralisation nette de l'azote de la matière organique et de celle qui lui est apportée,

- d'autre part des diverses pertes subies par l'azote minéral produit, telles que les rappelle la figure 14 relative au devenir possible de l'azote d'un fumier".

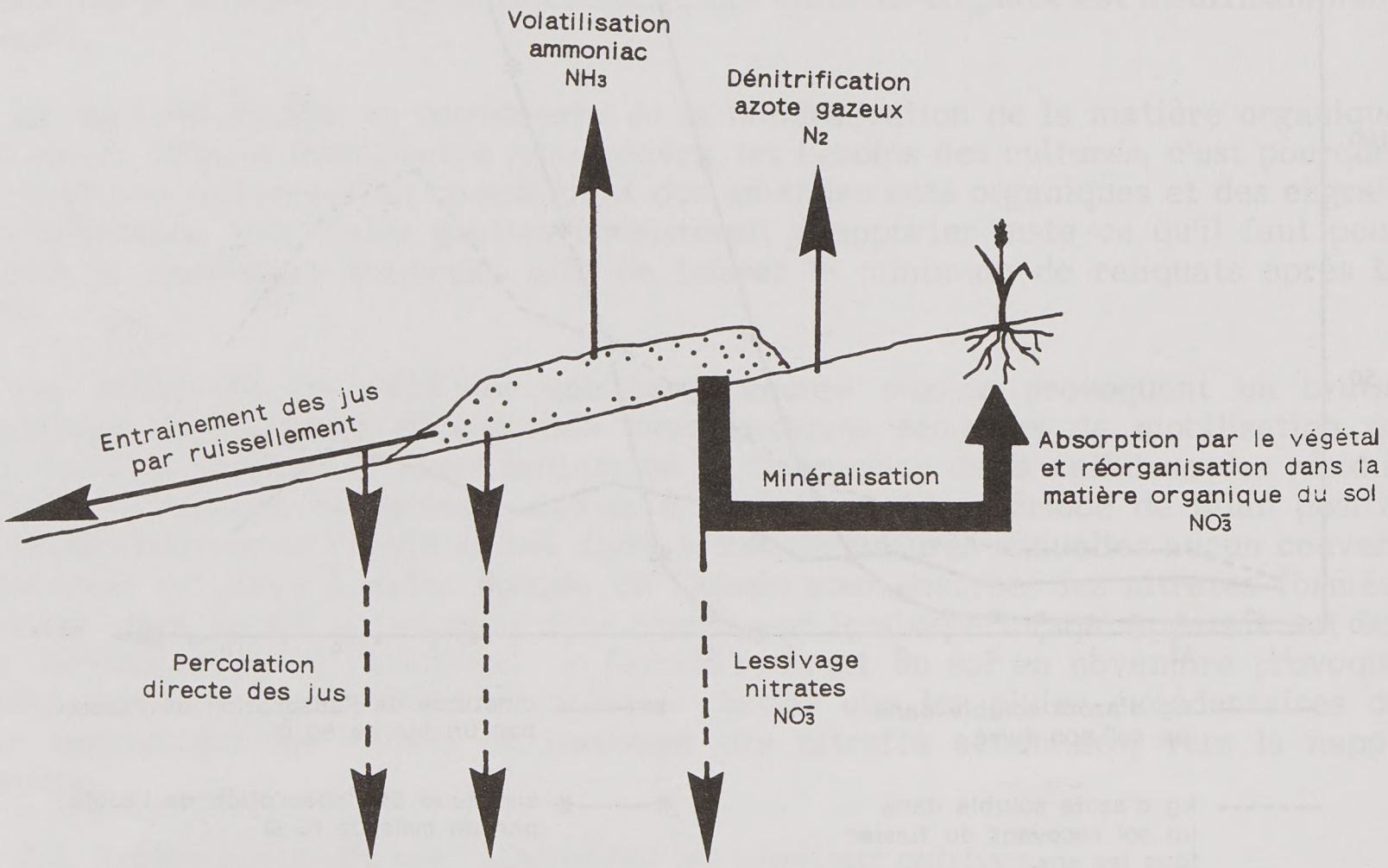


Figure 14 (adaptée de WALTHER, 1982) - Schéma de l'utilisation et des pertes possibles de l'azote des fumiers.

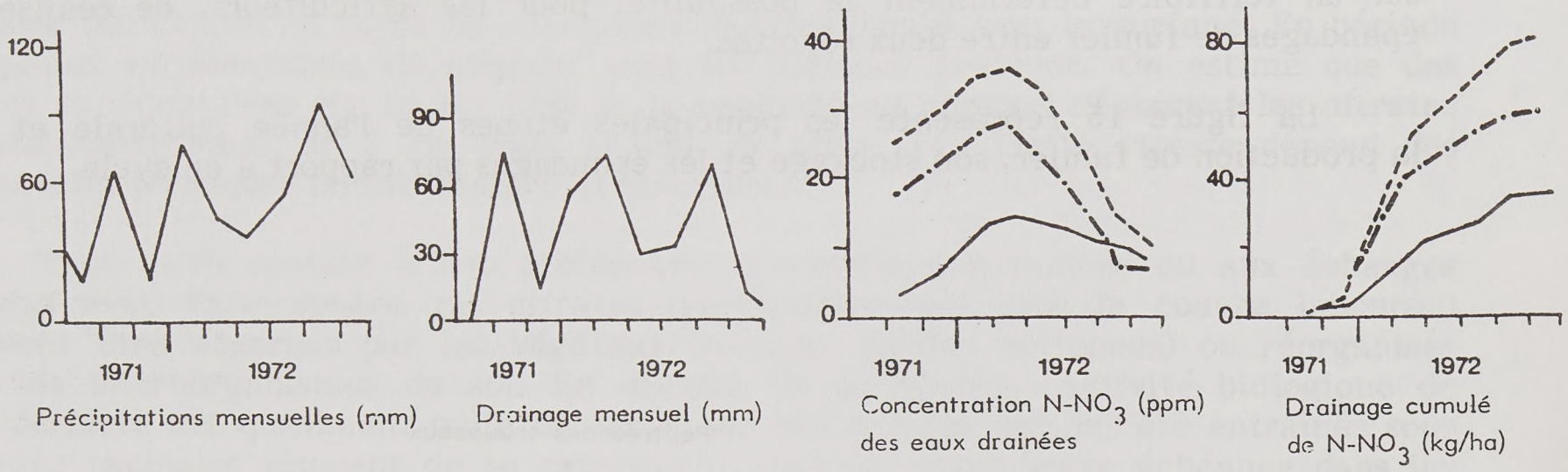
* Capacité au champ : teneur en eau d'un sol en fin d'égouttage.

3. Diversité des pratiques d'épandage dans le cycle de l'année culturale.

Le cycle cultural annuel et la répartition des différentes cultures et prairies sur un territoire déterminent la possibilité, pour les agriculteurs, de réaliser des épandages de fumier entre deux récoltes.

La figure 15 représente les principales étapes de l'année culturale et situe la production de fumier, son stockage et les épandages par rapport à ce cycle.

Figure 15 (adaptée de JEAUDEAU, 1988) - Calendrier des épandages et des dépôts en plaine. Observation sur le territoire d'une commune.



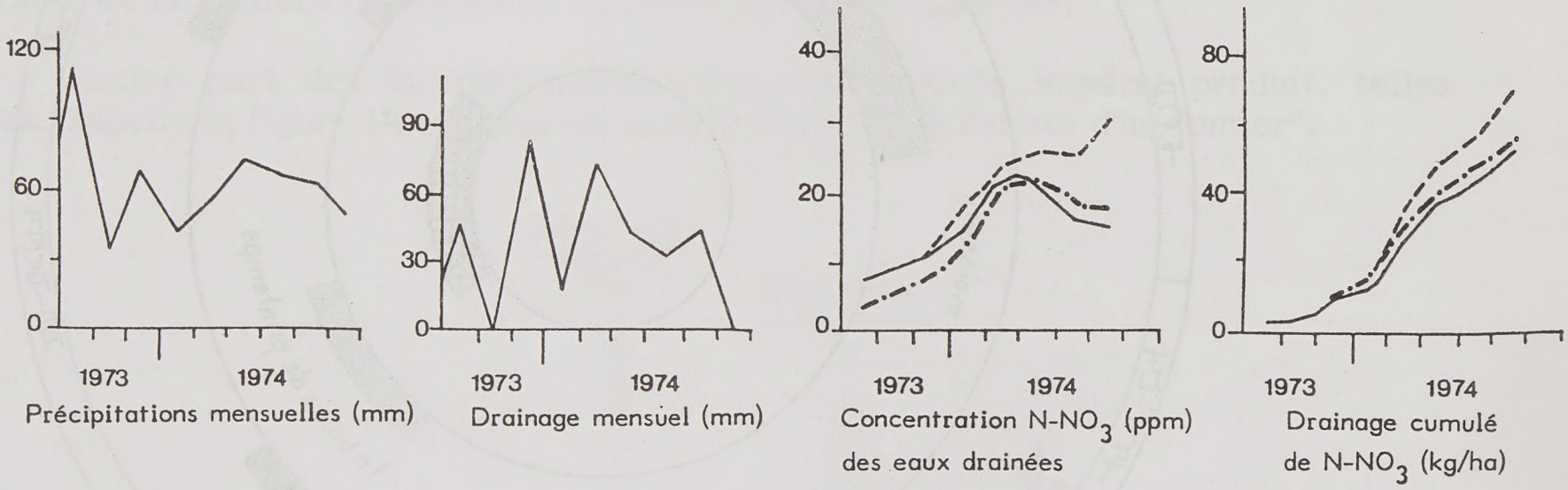
Précipitations mensuelles (mm) — Drainage mensuel (mm) — Concentration N-NO_3 (ppm) des eaux drainées — Drainage cumulé de N-NO_3 (kg/ha)

——— Pas de fumure azotée sur le précédent cultural maïs

-·-·-· Fumure azotée sur le précédent cultural maïs

------ Fumure azotée sur le précédent cultural maïs, + 20 unités de N dans un lisier épandu le 26/10/71

La pente ascendante de la courbe de concentration en N-NO_3 sous le traitement lisier indique qu'une faible proportion de l'azote minéralisable du lisier a été libérée en automne et en hiver.



Précipitations mensuelles (mm) — Drainage mensuel (mm) — Concentration N-NO_3 (ppm) des eaux drainées — Drainage cumulé de N-NO_3 (kg/ha)

——— Pas de fumure azotée sur le précédent cultural pomme de terre

-·-·-· Fumure azotée sur le précédent cultural pomme de terre

------ Fumure azotée sur le précédent cultural pomme de terre + 81 unités de N dans le lisier épandu le 26/11/73

La pente descendante de la courbe de concentration en N-NO_3 sous le traitement lisier indique que la quasi-totalité de l'azote minéralisable du lisier a été libérée en automne et en hiver.

Figure 16 - Dynamique de l'eau et de l'azote sous sols nus en hiver (GACHON et TRIBOÏ, 1977).

3.1. Après la moisson.

Dès la moisson terminée et avant l'ensilage des maïs, les agriculteurs épandent des fumiers et des lisiers sur les chaumes. Les produits épandus proviennent soit des dépôts en plaine, constitués au cours des hivers précédents, soit des fosses à lisier, des fumières et des aires de stabulation paillées que les éleveurs souhaitent entièrement vides pour la rentrée des troupeaux.

Les épandages peuvent précéder un semis de prairie temporaire, un semis de céréale d'hiver et surtout un semis de plante sarclée au printemps suivant.

Ces pratiques d'épandages sur chaumes sont déterminées par la conjonction de trois principaux facteurs : la disponibilité des parcelles cultivées pour recevoir du fumier en l'absence de couvert végétal, la bonne portance des sols et, pour l'agriculteur, une période de répit au niveau des charges de travail imposées par le système d'exploitation. En outre ces épandages sont situés juste après la moisson et n'entraînent pas de contraintes dans la réalisation de l'itinéraire technique des façons culturales ultérieures, quelle que soit la culture bénéficiaire.

Cependant l'incorporation de fumier peu évolué et de lisier frais dans une terre encore chaude et réhumectée par les pluies de fin d'été aura pour conséquence une importante minéralisation. Un engrais vert à développement rapide type phacelie ou colza fourrager semé aussitôt après l'enfouissement du fumier aurait toutes les chances d'utiliser pour les besoins de sa croissance la majorité des nitrates disponibles dans le sol, avant qu'ils soient entraînés par les pluies excédentaires de l'hiver. Un semis de blé d'hiver ou d'orge dont les racines n'absorbent qu'un ou deux kg d'azote par hectare avant l'hiver n'aura qu'un effet négligeable sur la protection de la nappe par rapport à un sol laissé nu.

Le risque de pollution par du lisier épandu en fin d'été a été étudié de 1970 à 1976 par GACHON et TRIBOI (station d'Agronomie INRA de Clermont-Ferrand) qui mesurent les pertes en nitrates sous cases lysimétriques à St-Genêt-Champanelle (63) (14). Au cours de l'hiver 1971 - 1972, ils constatent, après une culture de maïs laissant un fort reliquat azoté, une perte supplémentaire de 20 Kg de N/ha après un épandage de lisier apportant également 20 Kg de N/ha le 26 octobre. Au cours de l'hiver 1973 - 1974 ils constatent, après une culture de pomme de terre laissant peu de reliquats azotés, une perte supplémentaire de 24 Kg de N/ha après un épandage de lisier apportant 81 Kg de N/ha le 26 novembre (figure 16).

A l'inverse, les fumiers compostés semblent être plus stables et ne libérer des nitrates dans le sol qu'avec un retard de plusieurs mois. Les figures 11 et 12 extraites de l'expérience de Châlons-sur-Marne, déjà citée montrent que, dans les limites de la durée de l'observation, le lisier pailleux et le fumier d'aire paillée ont un effet positif quasi permanent sur le taux de minéralisation nette tandis que le fumier de dépôt présente une courte phase positive suivie d'une longue phase de réorganisation.

Si cette observation était confirmée par des résultats expérimentaux au champ, on pourrait épandre des fumiers de dépôt sur chaumes avant un semis de céréale d'hiver pour provoquer une réduction des taux de nitrates dans le sol avant l'hiver et une minéralisation soutenue au printemps suivant lorsque les besoins en azote de la céréale augmentent. Dans le cas d'épandage sur chaumes de fumier peu évolué ou de lisier, les nitrates provenant du fumier et ceux provenant des réserves organiques du sol pourraient être mobilisés par un engrais vert. On limiterait ainsi les risques de pertes de nitrates.

Au cours de cette même période, on peut rencontrer quelques épandages sur des prairies de fauche humides dont l'accès risque d'être difficile dès l'automne. Ces épandages ne présentent aucun risque de pollution de la nappe quelle que soit la nature de l'amendement organique apporté car la végétation absorbe immédiatement tout l'azote libéré. Par temps sec et chaud, l'ammoniaque contenu dans un lisier par exemple, sera perdu partiellement par volatilisation dans l'atmosphère. Sur terres cultivées l'enfouissement rapide de l'amendement réduit ces pertes.

3.2. Après la récolte des plantes sarclées.

Dès l'enlèvement des maïs et des betteraves et avant la rentrée des troupeaux on vide les derniers bâtiments qui n'ont pas encore été nettoyés et on répand les dépôts encore en place. Les parcelles bénéficiaires des épandages sont les chaumes de maïs, précédent un nouveau maïs et les prairies de fauche.

Ces épandages fin octobre produisent, sous le climat lorrain, moins de nitrates avant l'hiver que les épandages de fin d'été parce que la période de ralentissement de l'activité biologique dans le sol est proche par suite de l'abaissement des températures. Cependant les effets polluants éventuels de ces épandages ne peuvent être corrigés par une culture d'engrais vert qui n'aurait pas le temps de se développer avant l'hiver.

A cette époque, les épandages de fumier de dépôt dont la minéralisation est retardée devraient être profitables à un blé semé fin octobre ou à une culture de printemps.

La pratique des épandages sur prairies est fréquente à la même époque. Elle convient aux éleveurs parce que les dernières exploitations sur prairies fauchées en première coupe l'année suivante ont eu lieu et parce que les troupeaux ont libéré la majorité du parcellaire, ce qui facilite l'organisation des chantiers.

Après de tels épandages sur prairies les risques de pertes en azote par entraînement de nitrates vers le sous sol sont très faibles, les risques de pertes gazeuses sous forme d'ammoniac sont également faibles car il fait rarement sec et chaud fin octobre tandis que les risques d'entraînement direct vers les rivières sont encore faibles.

3.3. Pendant la période hivernale de stabulation.

La période de stabulation des troupeaux en hiver se divise en deux phases :

a) Pendant les mois de novembre et décembre, les agriculteurs épandent des fumiers frais et des lisiers par petits chantiers à la mesure des stocks disponibles. Ils fument en priorité les parcelles à labourer en hiver, en général pour un maïs. Certains se laissent surprendre par les intempéries et ne réussissent pas à terminer leurs labours avant les grands froids. Dès que les épandages avant labour d'hiver sont terminés ou lorsque la portance des sols cultivés devient insuffisante, on observe un report des chantiers d'épandage sur les prairies encore accessibles et principalement sur les prairies de fauche.

Ces pratiques d'épandage de lisier et de fumier avant labour d'hiver paraissent déterminées par le désir des agriculteurs d'entretenir la richesse organique de leurs sols cultivés et par une norme traditionnelle qui veut que les plantes sarclées valorisent mieux le fumier que les autres cultures.

Les agriculteurs justifient ces épandages en hiver par la nécessité de labourer les terres argileuses avant les gelées et par les objectifs très importants pour eux de diminution des stocks de fumier avant le milieu de l'hiver lorsque les sols deviennent impraticables, et de répartition des travaux d'épandage sur plusieurs saisons dans l'année.

Les figures 17 et 18 résument les travaux de VETTER et STEFFENS qui ont comparé des épandages de 30 m3 de lisier apportant 180 unités d'azote en août, octobre, décembre et février-mars. Ils ont mesuré les conséquences de ces épandages sur le rendement d'une orge de printemps. Ils constatent que les épandages de décembre et février permettant de gagner environ 20 quintaux par rapport aux épandages d'août et octobre. Si on applique la norme de 3 kg d'azote pour un quintal de grain on peut estimer que 60 kilos d'azote ont été perdus par lessivage après les épandages d'août et d'octobre. La figure 18, qui indique les teneurs de la nappe en azote, confirme cette hypothèse. On constate que seuls les épandages de février-mars n'augmentent pas la teneur de la nappe par rapport au témoin non fumé. (15-16) Les essais de GACHON et TRIBOI cités précédemment confirment que, même apporté au cours de l'hiver, du lisier nitrifie et peut être un facteur de pollution important.

Les épandages de lisier et de fumier frais sur prairies n'augmentent pas les risques de pertes d'azote dans les eaux de drainage. Par contre sur sols compacts en pente les risques de pollution de rivières par ruissellements superficiels sont réels. Il existe des normes de distance minimale d'épandage à proximité des rivières. Ces normes qui ne tiennent compte ni de la porosité du sol ni du relief nous paraissent peu fondées.

En résumé des apports de fumier peu décomposé ou de lisier entre août et décembre inclus sont suivis, en l'absence de couvert végétal développé, d'une libération de nitrates qui peuvent être entraînés vers la nappe par les eaux de drainage. La quantité de nitrates minéralisés dépend du climat et du type de sol. Sous prairies la teneur du sol arable en nitrate reste faible, il y a seulement un risque de ruissellement direct vers les rivières.

b) Le mois de janvier est une période de transition avant février et mars où les épandages sont exceptionnels tandis que les stocks s'accumulent soit à la ferme soit sur des dépôts en bout de parcelles et en bordure des chemins d'exploitation*. Lorsque les routes sont verglacées les charrois sont impossibles.

Les éleveurs ayant choisi des systèmes lisier rencontrent de grandes difficultés pendant ces mois de fin d'hiver si la capacité de leurs fosses à lisier est insuffisante. Ils sont à l'affût du moindre mètre carré accessible aux tonnes de lisier. Ils épandent de préférence sur prairie de fauche mais sont parfois obligés d'arroser la bordure de leurs champs à partir des chemins d'exploitation. On voit aussi des épandages sur bourrelets d'alluvions le long des rivières.

A cette période de l'année on peut admettre comme un moindre mal un épandage de 30 m3/ha de lisier sur les prairies dont le sol n'est pas gorgé d'eau. Un épandage à une dose localement excessive par exemple en bordure d'un champ risque d'être très polluant quel que soit le couvert végétal.

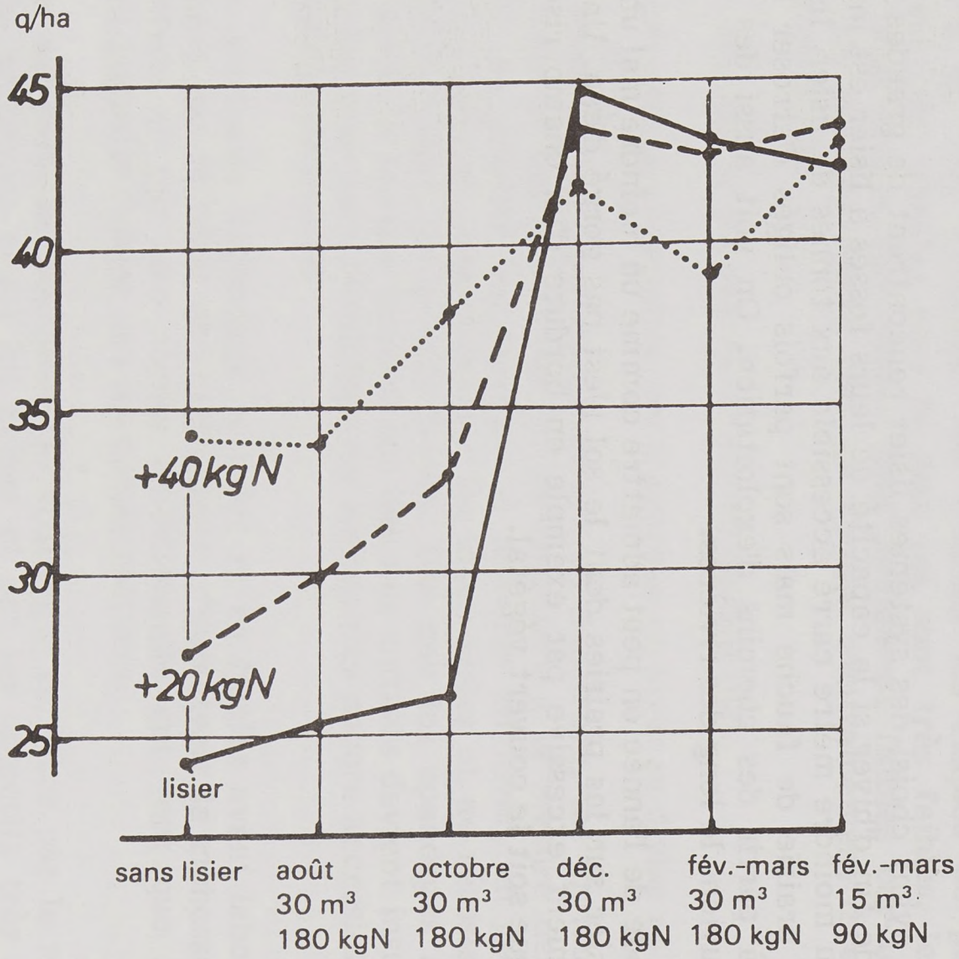


Figure 17 - Influence du moment d'application du lisier sur le rendement d'une orge de printemps (VETTER et STEFFENS. 1978).

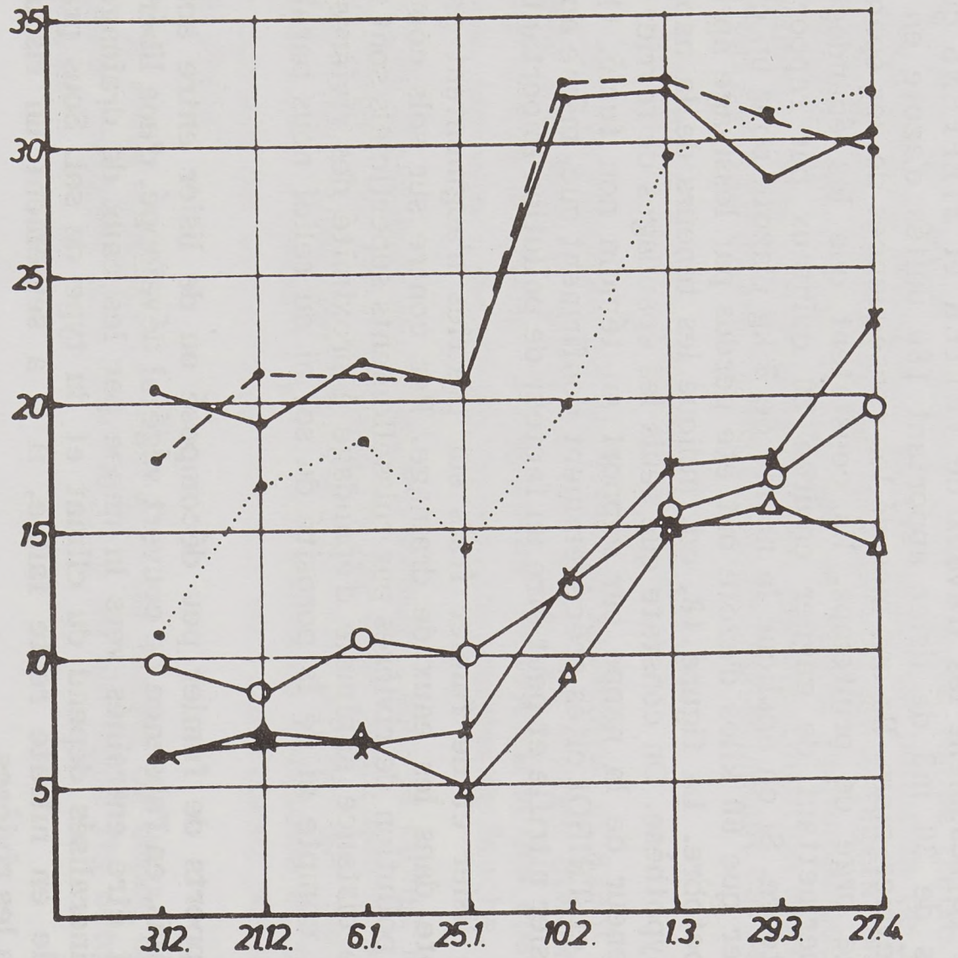


Figure 18 - Teneur en azote de la nappe souterraine (profondeur 2 à 3 m sous un sol sableux) en relation avec le moment d'application du lisier.
(VETTER et STEFFENS, 1978).

3.4. La pratique du dépôt en plaine (8).

Cette pratique est d'abord pour les éleveurs un moyen de stockage intermédiaire pour pallier les distorsions entre le rythme de production du fumier et les possibilités d'épandage sur le parcellaire. Accessoirement les agriculteurs se félicitent de la réduction de 30 à 50 % du volume des tas après 6 mois de stockage, ce qui réduit d'autant la charge de travail pour l'épandage. Ils apprécient l'aspect beurre noir du fumier de dépôt bien évolué facile à épandre régulièrement et se mélangeant bien au sol au moment du labour. Enfin ils observent que ces fumiers de dépôts infestent moins les terres en mauvaises graines que les fumiers frais.

Par ailleurs ils pensent que la préfermentation subie en cours de stockage améliore la "solubilité" du fumier et accélère la mise à la disposition des végétaux des éléments minéraux contenus dans le fumier. L'agronome est en désaccord sur ce dernier point car les substances préhumiques élaborées au cours du stockage sont plus stables que les matières cellulosiques contenues dans le fumier frais (se reporter à la figure 11). Par contre il est vrai qu'épandu en quantité équivalente un compost enrichira plus un sol en humus stable qu'un fumier frais.

Les agriculteurs placent leurs dépôts, de préférence, sur des sols superficiels drainant bien et où il sera possible d'effectuer les multiples manoeuvres de chargement et de déchargement sans transformer les abords du dépôt en bourbier.

Ce choix pose problème car les risques d'infiltration de purin sous un dépot sont d'autant plus grands que le sol est plus perméable.

Nous avons évalué les pertes de nitrates par drainage sous des dépôts installés au cours de l'hiver 88-89 sur le Domaine INRA de Mirecourt. Dans les conditions de l'expérience nous avons estimé ces pertes à 10 kg d'azote pour 40 tonnes de fumier, soit une valeur nettement inférieure à la quantité d'azote qu'aurait pu produire ce fumier s'il avait été épandu au cours de l'hiver. Nous avons observé une phase d'écoulement pendant 30 jours après la constitution du dépôt puis des drainages intermittents après chaque séquence de pluie importante. Deux tas ont été étroitement recouverts d'une bâche pour voir si cette protection limiterait la quantité de jus écoulés par rapport aux tas non bâchés. En début de compostage on a observé des condensations sous la bâche et des pertes de jus plus importantes, la température du tas s'est élevée moins rapidement et à un niveau plus faible par suite d'un renouvellement insuffisant de l'air dans le tas. En cours de compostage, la pluviométrie a été faible de sorte que, bâchés ou non, les tas ont perdu peu de jus. Notons enfin qu'il est difficile d'arrimer solidement une bâche sur un dépôt de fumier en plaine.

3.5. Avant les labours de printemps.

Le début du printemps : mars-avril est le moment des épandages avant les labours de printemps. Cette pratique est surtout l'apanage des agriculteurs traditionnels dont les cultures sont localisées sur les terres les plus saines et les moins argileuses de l'exploitation. Le fumier est "roulé" sur sol gelé, déposé en tas régulièrement espacés puis réparti soit manuellement soit mécaniquement juste avant labour.

Ces pratiques sont exceptionnelles dans les exploitations plus développées où des terres argileuses ont été mises en cultures et où d'autres travaux sont prioritaires au moment des semis de printemps. Cette évolution des pratiques est regrettable car les épandages de fumier avant un labour de printemps mettent le maximum d'azote d'origine organique à la disposition des végétaux cultivés sans risques de pollution.

3.6. Après la sortie des troupeaux.

Viennent ensuite la sortie des troupeaux au pâturage, les semis de maïs, les premiers ensilages d'herbe, voire les fenaisons précoces qui sont autant d'activités prioritaires qui ne laissent guère de temps aux agriculteurs. Pratiquement aucune opération sur le fumier n'est réalisée entre la sortie des troupeaux et la moisson.

3.7. Après la première coupe des fourrages.

Du lisier ou du purin sont souvent épandus sur prairies de fauche après la 1ère coupe. Cette opération remplace l'épandage classique d'ammonitrate. Les fumiers ne peuvent pas être épandus à cette date car on retrouverait trop de brins de paille dans la récolte suivante. On les porte en dépôt en prévision des épandages de fin d'été et d'automne.

Les épandages de lisier sur prairie après première coupe ne présentent aucun risque de pollution ni par drainage ni par ruissellement. Ils peuvent être le siège de pertes atmosphériques d'ammoniac en cas de sécheresse.

Puis la "ronde recommence éternellement" comme dans la chanson des saisons.

4. Systèmes d'exploitation et combinaisons de pratiques d'épandage.

Conséquences sur les risques de pollution. Contraintes à une modification éventuelle des pratiques observées.

Chaque exploitant gère ses fumiers dans le fonctionnement global de son exploitation. Il fera des choix parmi les pratiques que nous venons de décrire en fonction des objectifs et des contraintes propres à son système. Pour expliquer les mécanismes qui déterminent ces choix, nous proposons de décrire le fonctionnement d'un système de production de lait avec ration à base de foin puis celui d'un autre système de production de lait avec ration à base de maïs-ensilage. Chaque système comporte 3 variantes : stabulation entravée, stabulation libre avec lisier pailleux ou stabulation libre avec lisier liquide.

4.1. Les systèmes avec ration à base de foin-regain.

Il s'agit soit de systèmes dits traditionnels logés dans des bâtiments anciens plus ou moins aménagés et équipés d'un matériel relativement peu coûteux, soit d'exploitations développées qui ont choisi de ne pas subir les contraintes liées aux systèmes avec maïs ensilage.

La production d'herbe occupe au moins 80 % de la SAU (Surface Agricole Utile) et les cultures sont surtout des céréales avec quelques betteraves pour les élèves ou un peu de maïs pour une complémentation au pâturage en fin d'été. Ces cultures sont localisées sur les terres les plus faciles à travailler de l'exploitation.

4.1.1. Type avec stabulation entravée. (Figure 19).

Dans un premier type d'exploitation, les vaches laitières sont logées en stabulation entravée et produisent un fumier stocké sur fumière en tas plus hauts que larges. Les élèves et les boeufs sont, soit logés dans des étables entravées, soit placés dans des boxes vidés deux fois dans l'hiver. La consistance ferme des fumiers produits facilite leur évolution aérobie en dépôt.

- Dans le fonctionnement de ces exploitations on constate une forte contrainte de surcharge de travail au moment des ensilages de printemps et de la fenaison, puis une charge de travail relativement constante le reste de l'année.

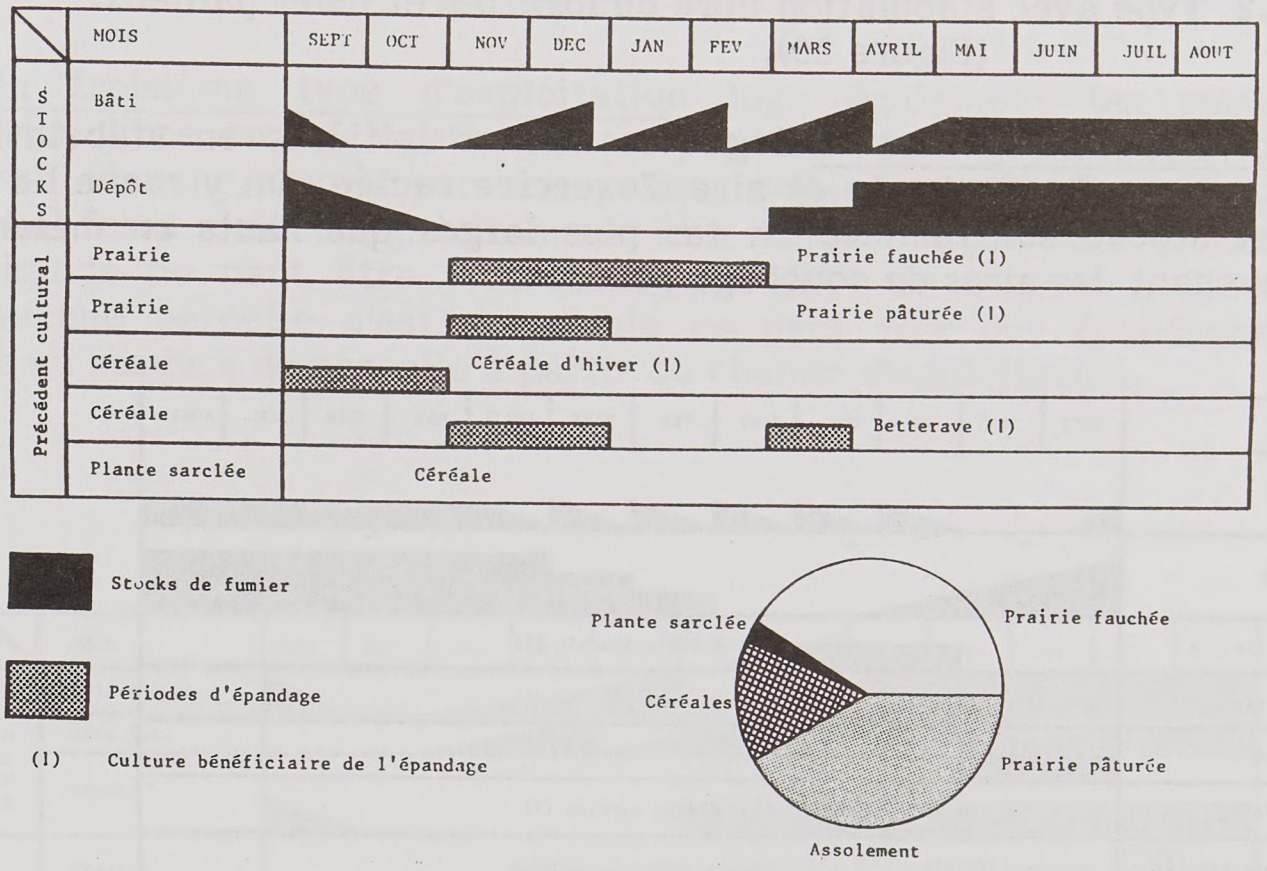


Figure 19 (adaptée de JEAUDEAU, 1988) - Gestion des déjections dans une exploitation. Système avec ration à base de foin regain. Type stabutation entravée.

- La sole de plantes sarclées, si elle existe, est abondamment fumée avec du fumier frais soit pour un labour d'hiver, si la terre est argileuse, soit pour un labour de printemps si la terre est légère.
- Une partie de la sole de céréales est fumée, avant les labours d'automne, avec un fumier bien évolué. Cette pratique se justifie par l'objectif de fumer toutes les parcelles cultivées au moins une fois tous les trois ans même si la sole en plantes sarclées revient rarement dans la succession des cultures sur une même parcelle.
- Le reste des fumiers disponibles est réparti sur les prairies après la dernière exploitation de l'année et avant démarrage de l'herbe. Ces épandages durent d'octobre à février inclus si la portance des sols le permet. Les prairies de fauche sont fumées en priorité excepté celles qui sont jugées trop éloignées.
- Les éleveurs soigneux n'apportent que des fumiers bien compostés sur prairie afin d'éviter la présence de brins de paille dans les fourrages récoltés ultérieurement.
- Dans de telles exploitations les épandages peuvent s'étendre sur de longues périodes. Les chantiers sont donc soit individuels soit en entraide à deux avec un matériel simple. Une petite grue achetée en CUMA et branchée sur un tracteur, facilite la reprise des fumiers sur les fumières dont les abords sont étroits et sur les dépôts en plaine. Ces grues dont la capacité est faible ne seraient pas utilisables pour des chantiers collectifs à gros débit.

Ce type d'exploitation est peu polluant compte tenu de la forte proportion de prairies et de la quasi-absence de plantes sarclées dans l'assolement. Les épandages sur prairies ne présentent pas de risques de pollution par les nitrates. Les épandages pour les céréales présentent un risque minime, seuls les épandages de fumier frais avant un labour d'hiver sont potentiellement polluants, mais ils sont pratiqués sur des surfaces réduites dans la SAU de l'exploitation.

4.1.2. Type avec stabulation libre ou logettes et lisier pailleux. (Figure 20).

Un second type d'exploitation loge les vaches laitières en stabulation libre ou en logettes avec salle de traite et aire d'exercice raclée. On y recueille un lisier pailleux qui est stocké sur fumière en tas plus larges que hauts en mélange avec les fumiers provenant des aires de couchage paillées.

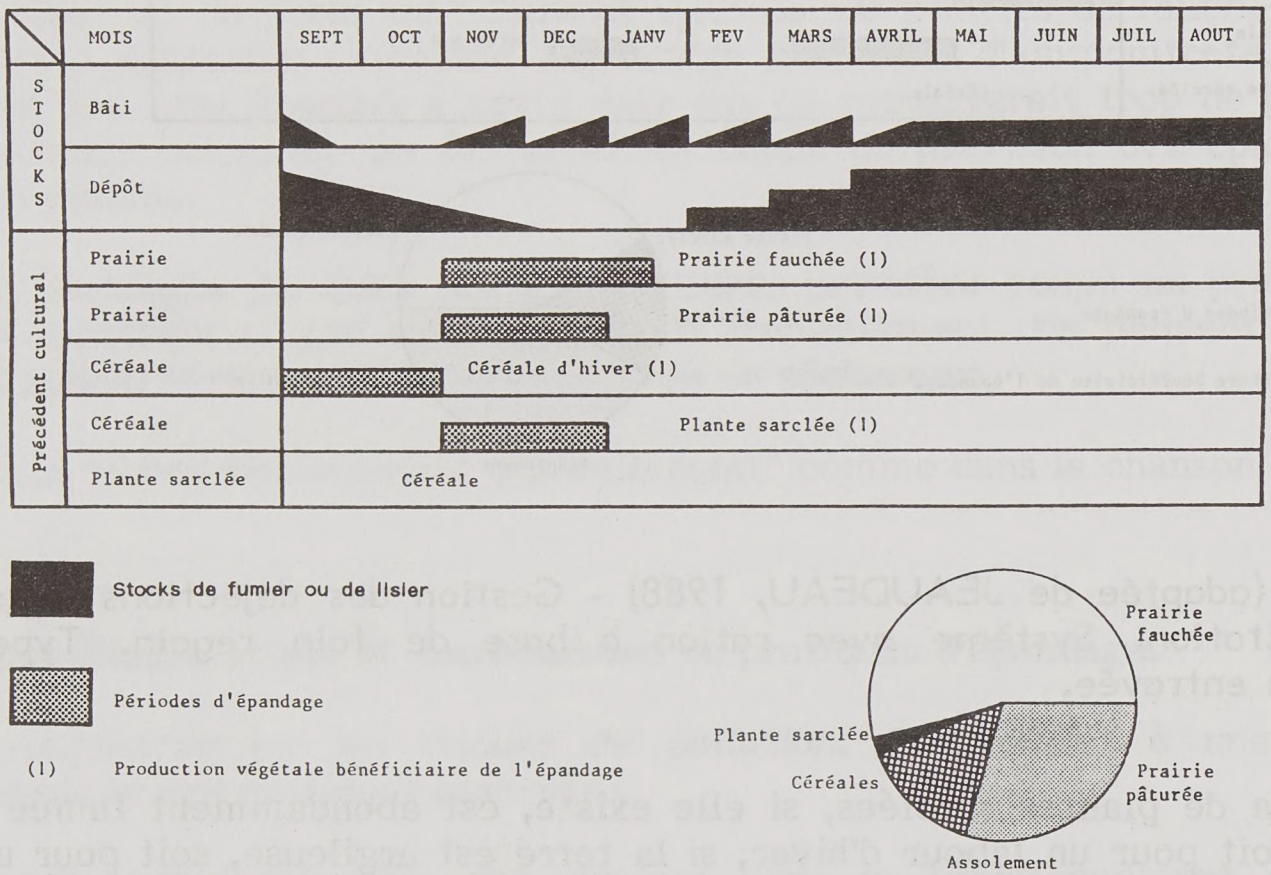


Figure 20 (adaptée de JEAUDEAU, 1988) - Gestion des déjections dans une exploitation. Système avec ration à base de foin regain. Type stabulation libre ou logettes et lisier pailleux.

Le système de valorisation des déjections reste le même que dans le cas des stabulations entravées mais les contraintes sont plus fortes au niveau des capacités de stockage des fumières tandis que les fermentations en cours de stockage sont plutôt anaérobies.

Les exploitants de ce type peuvent être intéressés par un diagnostic de l'organisation de leurs bâtiments pour une meilleure maîtrise de la dilution des lisiers pailleux par les eaux de pluie. Cette maîtrise améliorerait la capacité de stockage et réduirait les contraintes à l'application d'un plan d'épandage raisonné. L'amélioration de la consistance des lisiers pailleux faciliterait leur compostage aérobie dans les dépôts.

4.1.3. Type avec stabulation ou logettes et lisier liquide. (Figure 21).

Un troisième type d'exploitation loge également les vaches laitières en stabulation libre ou en logettes, mais produit du lisier liquide qui est stocké dans une fosse étanche, repris par une pompe mélangeuse et épandu avec une tonne à lisier. La fosse doit obligatoirement être vidée chaque fois qu'elle est pleine. Le lisier liquide ne peut être stocké sur un dépôt en plaine. A la limite, en hiver, lorsqu'aucune parcelle n'est accessible on peut voir des épandages par projection latérale en bordure de parcelle à partir du chemin d'exploitation.

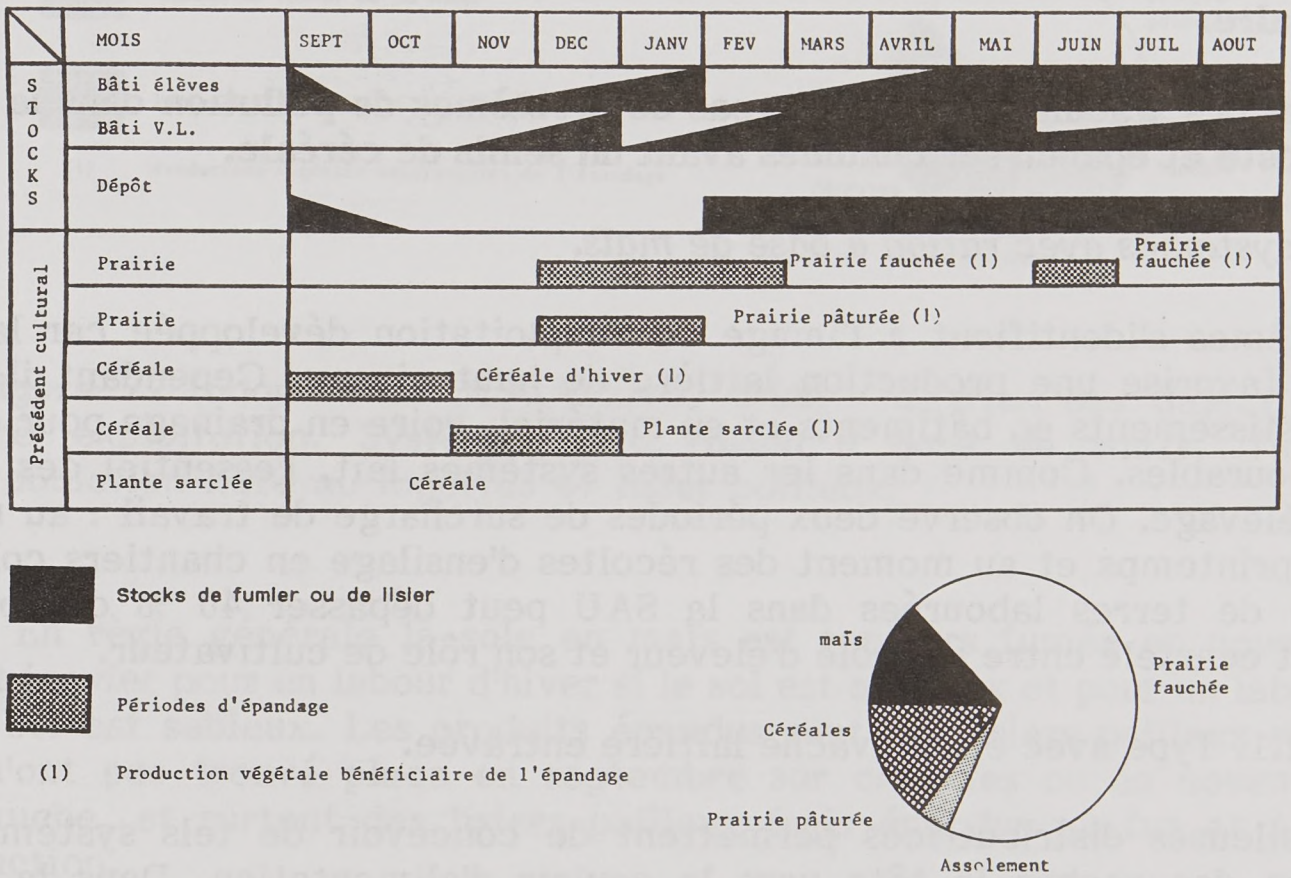


Figure 21 (adaptée de JEAUDEAU, 1988) - Gestion des déjections dans une exploitatoion. Système avec ration à base de foin regain. Type stabulation libre ou logettes et lisier liquide.

Cette contrainte de vider régulièrement la fosse laisse peu de latitude aux agriculteurs pour leurs choix de répartition des épandages dans le parcellaire de l'exploitation.

- Après la moisson ils épandent de fortes doses de lisier sur chaumes avant un semis de prairie temporaire, ce sont les seuls épandages de lisier sur terres cultivées.
- Dès la rentrée des troupeaux ils vident leurs fosses sur les prairies de fauche la dose apportée est de 30 tonnes/ha. Au-delà, la croûte qui se forme en surface détruit les graminées et provoque une dégradation de la flore.
- Au cours de l'hiver les chantiers d'épandage se succèdent, tous les mois environ, au rythme du remplissage de la fosse. Les prairies de fauche sont fumées en priorité mais aussi les parcelles pâturées. Les épandages sont interrompus lorsque la portance des sols est insuffisante. Même si la portance est suffisante, les épandages cessent en janvier sur prairie pâturée et en février sur prairie de fauche.
- Les mois de janvier-février-mars qui précèdent la date de sortie des troupeaux sont les plus difficiles à passer si la fosse a une capacité insuffisante.

- Les épandages reprennent en mai, toujours sur prairie, sur repousses après une première coupe pour un ensilage ou pour un foin précoce, et avant une deuxième fauche.

- Dans ce système avec production de lisier liquide par les vaches laitières, les fumiers des aires paillées et des boxes sont réservés aux terres cultivées et traitées comme dans le type précédent tout fumier.

Les exploitants de ce type qui ont le moins de contraintes pour planifier leurs épandages de lisier sont ceux qui pratiquent en été la récolte d'herbe pour une alimentation à l'auge des vaches laitières la nuit, car ils disposent, dans ce système, de plus grandes surfaces en prairies de fauche susceptibles de valoriser un épandage de lisier après une coupe. Beaucoup de fermes hollandaises et quelques exploitations non remembrées du Plateau lorrain fonctionnent de la sorte ; ainsi la seule pratique d'épandage vraiment polluante est celle des épandages de lisier avant un semis de prairie temporaire.

Le fumier des stabulations ne pose pas de problèmes de pollution dans la mesure où il est composté et épandu sur chaumes avant un semis de céréale.

4.2. Les systèmes avec ration à base de maïs.

Ces systèmes s'identifient à l'image de l'exploitation développée car la ration maïs ensilage favorise une production laitière de haut niveau. Cependant il impose de lourds investissements en bâtiments et en matériel, voire en drainage pour dégager des terres labourables. Comme dans les autres systèmes lait, l'essentiel des revenus provient de l'élevage. On observe deux périodes de surcharge de travail : au moment des semis de printemps et au moment des récoltes d'ensilage en chantiers collectifs. La proportion de terres labourées dans la SAU peut dépasser 40 % de sorte que l'exploitant est écartelé entre son rôle d'éleveur et son rôle de cultivateur.

4.2.1. Type avec étable vache laitière entravée.

Les dessileuses distributrices permettent de concevoir de tels systèmes avec une disposition des vaches la tête vers le couloir d'alimentation. Dans la réalité, ce système est exceptionnel car la dimension du troupeau nécessaire pour amortir l'introduction du maïs sur l'exploitation impose la solution salle de traite avec stabulation ou logettes. Nous n'avons rencontré qu'un exploitant distribuant du maïs dans une étable entravée mais il nous consultait sur un projet de stabulation libre! Nous n'étudierons pas son mode de gestion des fumiers car nous estimons qu'il n'est pas reproductible.

4.2.2 Type avec stabulation libre ou logettes et lisier pailleux.
(Figure 22).

Ce sous-système est un compromis dans lequel l'éleveur assure la traite et l'alimentation d'un grand troupeau dans des conditions moins pénibles que dans les systèmes étable entravée, tout en modifiant peu le mode de gestion des déjections.

Dans la réalité il apparaît de fortes contraintes d'ordres quantitatif et qualitatif. Car pour nourrir un grand troupeau il faut de grandes surfaces en maïs donc un matériel de culture et de récolte performant et pour gérer 700 tonnes de lisier pailleux, il faut une fumière largement dimensionnée et un matériel adapté. De plus, le lisier pailleux fermente en anaérobiose en cours de stockage, ce qui lui donne une valeur agronomique différente de celle d'un compost de fumier pailleux.

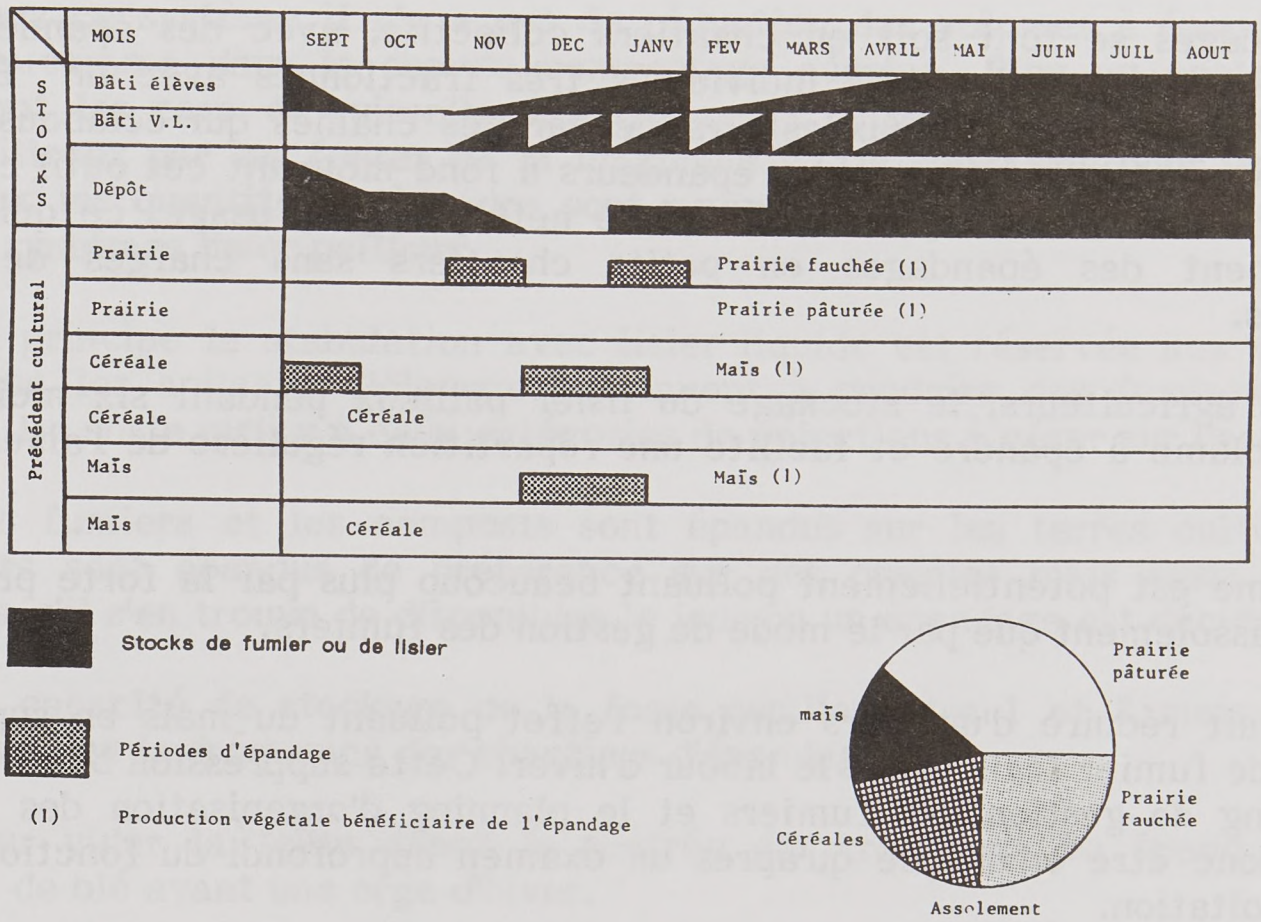


Figure 22 (adaptée de JEAUDEAU, 1988) - Gestion des déjections dans une exploitation. Système avec ration à base de maïs. Type avec stabulation libre ou logettes et lisier pailleux.

En règle générale la sole en maïs est toujours fumée en novembre-décembre, début janvier pour un labour d'hiver si le sol est argileux et pour un labour de printemps si le sol est sableux. Les produits épandus sont les lisiers pailleux stockés en dépôts qui n'ont pas trouvé place en septembre sur chaumes ou en novembre sur prairies de fauche, et surtout des lisiers pailleux frais épandus au fur et à mesure de leur production.

Les épandages de fumier frais juste avant un labour de printemps qui étaient pratiqués dans les systèmes traditionnels ne sont pas possibles dans les systèmes avec maïs à cause de la surcharge de travail qu'ils imposeraient au moment du ressuyage des terres au printemps.

Les lisiers pailleux stockés pendant l'été ou les lisiers de dépôts sont épandus après la moisson sur chaumes, en priorité avant un semis de prairie temporaire ensuite avant des semis de céréales.

Les prés de fauche sont fumés après la rentrée des troupeaux et parfois jusqu'en janvier soit avec des lisiers pailleux stockés soit avec des lisiers frais.

La capacité de stockage sur la plate-forme à fumier est au minimum de 1 mois, ce qui est suffisant dans les régions d'affleurement du "muschelkalk"* où les dépôts en plaine sont accessibles par tous temps. Dans les régions où il n'y a pas d'affleurements rocheux les agriculteurs s'équipent de fumières d'une capacité de stockage de 3 à 6 mois pour pallier l'impossibilité de porter les fumières en dépôt pendant les périodes de mauvais temps.

La reprise des tas est effectuée avec un tracteur 4 x 4 à direction assistée, équipé soit d'une fourche crocodile, soit d'un godet.

---

* Etage géologique de calcaires durs fissurés.

Les épandages se font soit en chantiers collectifs, avec des épandeurs d'au moins 5 tonnes, soit en chantiers individuels très fractionnés avec un "Eprotor", sorte de cuve où le lisier pailleux est frappé par des chaînes qui éclaboussent sur le côté de la cuve. A la différence des épandeurs à fond mouvant cet outil comporte peu de pièces mobiles et n'a pas besoin d'être nettoyé après usage, ce qui permet le fractionnement des épandages en petits chantiers sans charges de travail supplémentaires.

Selon les agriculteurs, le stockage du lisier pailleux pendant six mois réduit de moitié le volume à épandre et facilite une répartition régulière de l'amendement sur le sol.

Ce système est potentiellement polluant beaucoup plus par la forte proportion de maïs dans l'assolement que par le mode de gestion des fumiers.

On pourrait réduire d'un tiers environ l'effet polluant du maïs en supprimant les épandages de fumier frais avant le labour d'hiver. Cette suppression bouleverserait tout le planning de gestion des fumiers et le planning d'organisation des travaux, elle ne peut donc être envisagée qu'après un examen approfondi du fonctionnement de chaque exploitation.

4.2.3. Type avec stabulation libre ou logettes et lisier liquide. (Figure 23).

Le stockage des déjections de vaches laitières sous la forme de lisier liquide est un choix de gestion quasi définitif qui impose la construction d'une fosse à lisier et l'acquisition d'une chaîne d'épandage avec pompe mélangeuse et tonne à lisier.

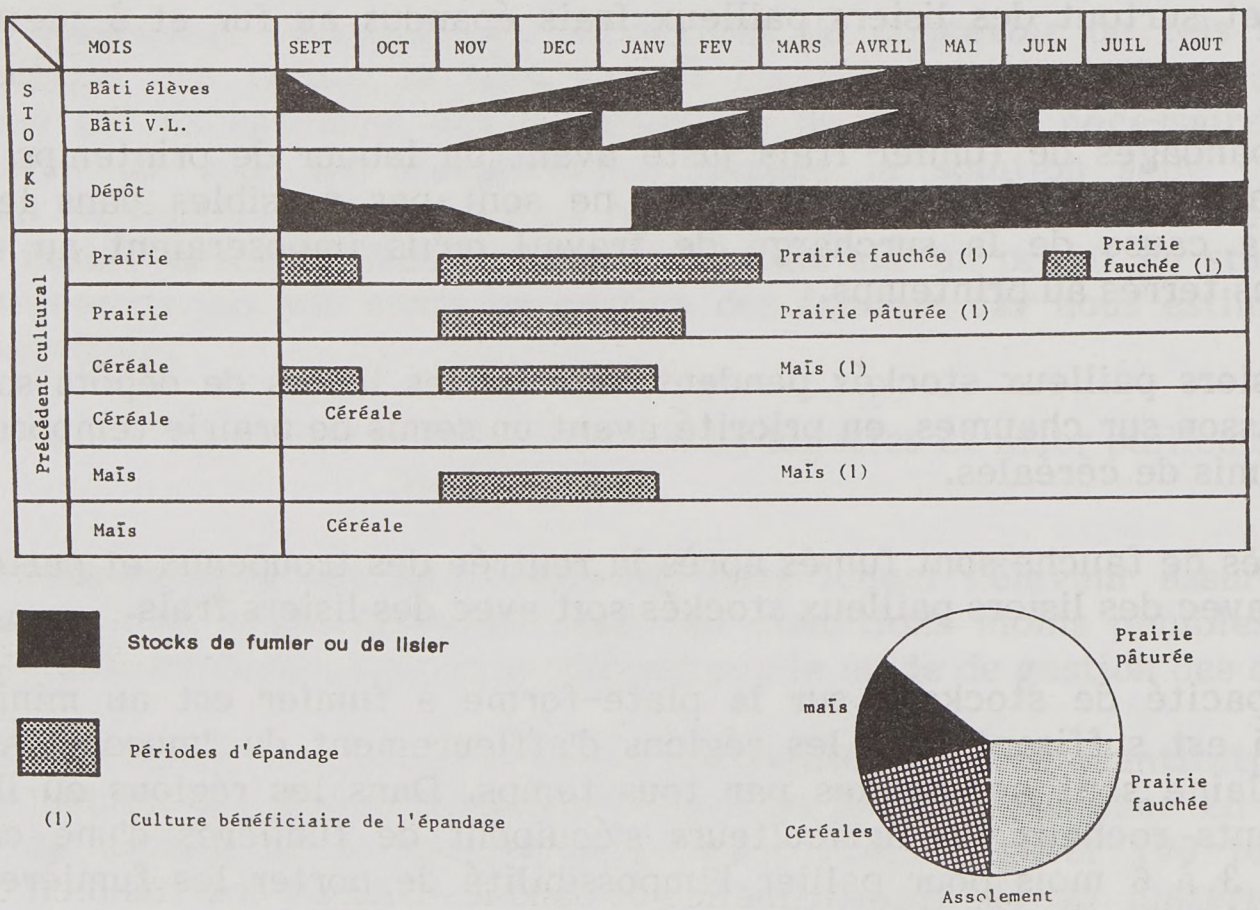


Figure 23 (adaptée de JEAUDEAU, 1988) - Gestion des déjections dans une exploitation. Système avec ration à base de maïs. Type avec stabulation libre ou logettes et lisier liquide.

Dans ce système il n'y a pas de réduction des volumes à épandre en cours de stockage comme dans le cas du compostage aérobie. Bien au contraire les fosses recueillent les eaux de ruissellement des cours et des toits ou des eaux du sous-sol qui s'infiltrent par les fentes de la maçonnerie. De sorte que pour un même nombre d'animaux les quantités à épandre sont souvent le double de celles qui sont gérées dans les systèmes lisier pailleux.

En principe la stabulation avec lisier liquide est réservée aux vaches laitières tandis que les animaux d'élevage continuent à produire des fumiers ou des lisiers pailleux. De sorte qu'il y a deux catégories de déjections à gérer sur l'exploitation.

Les fumiers et les composts sont épandus sur les terres cultivés tandis que les lisiers sont épandus de préférence sur des prairies mais aussi sur des terres cultivées, s'il s'en trouve de disponibles le jour ou un épandage est décidé.

La capacité de stockage de la fosse oscille entre 1 et 3 mois de production. Elle détermine la fréquence des chantiers d'épandage.

Pour vider la fosse avant la rentrée des troupeaux on épand des lisiers sur chaumes de blé avant une orge d'hiver.

Après la récolte du maïs, ce sont les labours d'hiver pour un maïs voire pour une orge de printemps qui sont fumés indifféremment avec du fumier ou du lisier.

Les épandages de lisier sur prairie et sur luzerne commencent dès la rentrée des troupeaux et se répètent au rythme de la production. Par rapport au risque de refus au pâturage les épandages sont jugés possibles sur prairie pâturée jusque fin janvier, mais sur sol argileux les contraintes de portance des sols réduisent la durée de ce créneau. Sur prairie de fauche dont le sol est portant les derniers épandages avant la pousse de l'herbe cessent après la première semaine d'avril.

Les repousses après la première coupe d'ensilage ou de foin précoce bénéficient d'un épandage de lisier si elles sont destinées à une deuxième exploitation en fauche. Avant une deuxième exploitation en pâture cet épandage n'est pas possible à cause des odeurs qui réduisent l'appétence de l'herbe sur pied.

Ce dernier système est à la fois celui qui présente le plus de risques de pollution et celui où il est le plus difficile de modifier le rythme des épandages de lisier car toutes les possibilités d'épandage sur prairies semblent saturées et nous ne voyons pas comment il serait possible de pratiquer sur une grande échelle des épandages de lisier au printemps avant un semis de maïs.

4.3. Gestion des purins.

Les étables entravées et les plates-formes à fumier sont, en principe, équipées de fosses à purin qui devraient être vidées régulièrement mais qui sont parfois oubliées, lorsque d'autres travaux sont jugés plus urgents sur l'exploitation et lorsque les sols ne sont pas portants.

En fait on observe une gestion raisonnée des purins seulement dans les exploitations suffisamment pourvues en main-d'oeuvre. Cette situation se rencontre dans les petites exploitations traditionnelles et dans les GAEC père-fils bien organisés.

La gestion des purins est proche de celle que nous venons de décrire pour les lisiers dans le paragraphe précédent. Avec une priorité donnée aux épandages de couverture presque exclusivement sur prairies fauchées pour des fourrages conservés ou pour un affouragement en vert. On rencontre quelques épandages de couverture sur céréales dans des systèmes de cultures traditionnels.

Ce qui a été dit sur la dilution par les eaux pluviales des lisiers liquides est vrai aussi pour les purins.

5. Tableau récapitulatif des possibilités d'épandage des effluents d'élevage et risque de pertes de nitrates par lessivage.

- Le tableau 1 est une aide à la décision d'épandage. Il regroupe, en fonction de la saison, les possibilités d'épandage des différents effluents d'élevage pour les principales productions végétales rencontrées sur le Plateau Lorrain. Il propose trois notes de risque de pollution par le lessivage des nitrates en provenance de la minéralisation de l'azote de ces effluents.

O pas de risque de pertes
1 risque de pertes de nitrates en quantités moyennes
2 risque de pertes de nitrates en quantités importantes.

- Ces notes ont seulement une valeur relative car les pertes dépendent aussi de la capacité de réserve en eau du sol et du bilan pluie-évapotranspiration. Tandis que le risque de pollution est lié à la concentration en nitrates tolérée pour l'utilisation des eaux de la nappe. Par exemple moins de 50 milligrammes de nitrates par litre pour les eaux potables et moins de 15 milligrammes par litre pour les eaux minérales.

- Par ailleurs la décision d'épandage peut tenir compte de la répartition des différentes cultures et des prairies sur le bassin versant. Ainsi un épandage de lisier avant un labour d'hiver sur un champ isolé dans un environnement de prairies risque peu d'augmenter la teneur moyenne en nitrates d'une eau à priori très pure. Au contraire la même dose de lisier, épandue à la même date, dans un environnement de cultures fortement fertilisées risque d'augmenter un peu plus la teneur en nitrates d'une nappe vraisemblablement déjà trop chargée en nitrates.

POSSIBILITES D'EPANDAGE DES EFFLUENTS D'ELEVAGE ET RISQUES DE PERTES DE NITRATES PAR LESSIVAGE

Etape dans le cycle de l'année	Cultures bénéficiaires						
	avant labour					en couverture	
	Céréales d'hiver	Colza	Céréales de printemps	Plantes sarclée	engrais vert	Prairie pâturée	Prairie fauchée Luzerne
Moisson							
Fumier	2		2	2	0		
Lisier pailleux	2	2	2	2	0		
Lisier liquide	2	2	2	2	0		0
Fumier composté	0	0	1	1	0		
Récolte maïs ensilage et betterave							
Fumier	2		2	2			
Lisier pailleux	2		2	2			
Lisier liquide	2		2	2			0
Fumier composté	0		1	1			
Rentrée du troupeau							
Fumier	2		2	2		0	0
Lisier pailleux	2		2	2		0	0
Lisier liquide	2		2	2		0	0
Fumier composté	0		1	1		0	0
Noël avant les grands froids							
Fumier			1	1			1
Lisier pailleux			1	1			1
Lisier liquide			1	1		1	1
Fumier composté			0	0		0	0
1er mars - Fin des grands froids							
Fumier			0	0			
Lisier pailleux			0	0			
Lisier liquide			0	0			0
Fumier composté			0	0			0
5 avril - Limite pour le semis des céréales de printemps							
Fumier				0			
Lisier pailleux				0			
Lisier liquide				0			
Fumier composté				0			
1ère coupe fourrage							
Fumier							
Lisier pailleux							
Lisier liquide							0
Fumier composté							

épandage impossible

0 pas de risque de pertes
1 risque de pertes de nitrates en quantité moyenne
2 risque de pertes de nitrates en quantité importante

6. Conclusion

Dans cette étude nous avons voulu aborder le problème de la gestion des déjections dans sa complexité afin de concilier les impératifs liés au fonctionnement des exploitations et les objectifs de protection de l'environnement. Certaines solutions que nous proposons risquent d'être en contradiction avec les directives de la C.E.E. et les arrêtés préfectoraux en cours de préparation qui en découlent. Espérons, par exemple, que le projet d'interdiction d'épandage de déjections animales entre le 15 novembre et le 1er février sera modulé en fonction de la nature des produits épandus, de la nature des sols et de la nature du couvert végétal.

Nous pensons surtout que le problème de la pollution par les nitrates provenant des effluents d'élevage est trop complexe pour être résolu par une réglementation qui sera fatalement très mal acceptée et impossible à faire respecter, compte tenu des difficultés de stockage spécifiques à chaque exploitation et de la nécessité de reporter les épandages en tenant compte des multiples contraintes du fonctionnement des exploitations. Par contre il nous semble nécessaire de former les agriculteurs en développant leurs connaissances sur le cycle de l'azote dans leurs exploitations afin qu'ils optimisent la gestion des nitrates provenant des effluents de leurs élevages. Notre étude pourrait servir de base à cette formation.

Ce texte est un résumé, parfois très simplificateur, de connaissances scientifiques et techniques. Nous ne prétendons pas faire la synthèse des connaissances actuelles sur le cycle de l'azote. Nous proposons seulement aux spécialistes du fonctionnement des exploitations agricoles, aux agents de développement et aux agriculteurs une méthode de raisonnement sur la gestion des déjections dans sa globalité. Cette méthode s'appuie sur la connaissance du cycle de l'azote.

Nous aurons atteint notre but si nous avons convaincu le lecteur que des modifications des pratiques actuelles peuvent améliorer la valorisation de l'azote provenant des fumiers par les végétaux cultivés, et si nous l'avons aidé à raisonner ces modifications dans le calendrier de l'organisation des travaux sur une exploitation. Sur le Plateau Lorrain, par exemple l'objectif prioritaire serait de réduire les épandages de fumier frais avant labour d'hiver, mais des solutions acceptables alternatives à ces épandages ne peuvent être proposées sans une connaissance fine du fonctionnement de chaque exploitation concernée.

Nous n'avons pas abordé le problème de la répartition des épandages sur le parcellaire de l'exploitation ou dans la succession des cultures sur une même parcelle. Il va de soi que, même si les règles de l'assolement triennal ne sont plus respectées dans les systèmes d'exploitations modernes, il est souhaitable d'éviter les excès de fumure organique sur une même parcelle et de bien répartir les apports de fumier environ une fois tous les trois ans sur chacune des parcelles cultivées de l'exploitation. Nous n'avons fait qu'effleurer la complémentarité entre les épandages d'engrais de ferme et les épandages d'engrais minéraux car nous pensons que la "méthode des bilans" répond à ce problème (17).

Document reçu en mars 1990,
accepté en septembre 1990

ANNEXE

1/ **Estimation des quantités de déjections produites au pâturage par les vaches laitières :**

Dans l'hypothèse d'un vêlage en hiver la moyenne de production est de 16 litres de lait par jour soit 1,3 UGB par vache laitière.

1,3 UGB x 4O kg x 18O jours = 9,36 tonnes

2/ **Calcul des quantités de déjections produites en stabulation par les vaches laitières.**

Vêlage d'hiver avec une moyenne de 25 litres de lait par jour et par vache soit 1,7 UGB par vache.
1,7 UGB x 4O kg de déjections x 5O V.L. x 18O jours = 612 tonnes de déjections auxquelles on ajoute 2O % pour la paille des litières, les résidus de rations et les eaux de lavage, soit au total 734 tonnes.

3/ **Type de bâtiment et production de fumier. Mesures effectuées sur le Domaine I.N.R.A. de Mirecourt.**

Type de bâtiment	Paille utilisée par bovin et par jour en kg	Poids de fumier produit par jour en kg	Teneur en M.S.
Entravée V.L valeur 1,4 UGB	2,3 kg	50 kg***	19,1 %
Entravée V.A. valeur 1 UGB	1,8kg	36 kg***	2O,6 %
Libre V.L. aire paillée + raclage valeur 1,4 UGB	3 à 4 kg * + O,3 kg	22 kg*** + 28,4 kg	21 % 14,6 %
Taurillon aire**** pente et raclage	1 kg	29 kg	1O,7 %

V.L. = vaches laitières V.A. = vaches allaitante
M.S. = matière sèche

* 4 kg dans le cas d'ensilage d'herbe
** selon la dilution par les eaux de pluie
*** purins non compris car la disposition des bâtiments ne permettait pas de mesurer leur production
**** la paille est répartie sur une aire de couchage en pente et les déjections glissent d'elles-mêmes vers l'aire raclée

4/ Calcul des quantités de déjection produites en stabulation par les élèves et les boeufs.

5O élèves de O à 2 ans x O,5 UGB =		25 UGB
5O boeufs de O à 2 ans x O,5 UGB =		25 UGB
25 boeufs ou génisses de plus de 2 ans O,8 UGB	=	2O UGB

soit 7O UGB x 4O kg de déjections X 18O jours + 2O % = 6OO tonnes.

BIBLIOGRAPHIE

1. COMIFER, 1987. Glossaire agronomique de l'azote. Termes et symboles utilisés. 15 pages.

2. BARLOY J., LE FLOCH D, 1983. Utilisation agronomique des déjections animales caractéristiques et problèmes d'emploi. Production laitière moderne. N° 113 : pp 7-17.

3. BOIFFIN J., CANEILL J., MEYNARD J.M., SEBILLOTTE M., 1981. Elaboration du rendement et fertilisation azotée du blé d'hiver en Champagne crayeuse. I Protocole et méthode d'étude d'un problème technique régional. Agronomie. Vol. 1. N°7 : pp 549-558.

4. CAPDEVILLE J., (ITEB), 1989. Bâtiments et lisiers. Limiter les nuisances. Elevage. Novembre : pp 7O-72.

5. GILLY G., GRAS R.et BLANC D., 1985. Tentative d'explication des variations des teneurs en azote minéral dans un essai de longue durée. Compte rendu Académie d'Agriculture. 71 N° 10 pp 1107 1115

6. JEAUDEAU M.L., 1988. Sous la direction de MULLER J. et de TEILHARD de CHARDIN B. Station d'Agronomie de Chalons-sur-Marne. Système de gestion des déjections de gros bovins, modélisation de leurs déterminants et de leurs conséquences agronomiques ; cas du Plateau Lorrain. Mémoire E.N.S.S.A.A. Dijon.

7. JUSTE C.,1975. La fumure du maïs. Cultivar. N° spécial maïs. N° 76 : pp 19-24.

8. KISLIG K., sous la direction de TEILHARD de CHARDIN B., 1989. Un premier jugement agronomique sur la pratique des dépôts de fumier en plaine. Mémoire de stage. Université des Sciences et Techniques de Lille. INRA-SAD - Mirecourt.

9. LANCON J., de MONTARD F.X., 1978. Les restitutions du bétail au pâturage et leurs effets. Fourrages n° 75 : pp 55-88, n° 76 : pp 91-122.

1O. MONNIER G., 1966. Les restitutions organiques et leur action sur le sol. Bulletin des CETA, pp 5-14.

11. MONNIER G., 1965 - Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. Annales agronomiques - INRA - vol 16, N°4 et 5. pp 327-400 et 471-534.

12. RYDEN J.C., BALL P.R., GARWOOD E.A., 1984. Nitrate leaching from grassland. Nature, vol. 311, n° 5981 : pp 5O-53.

13. SIMON J.C., de MONTARD F.X., LE CORRE L., PEPIN D., 1989. Rôle agronomique de la prairie dans la gestion du drainage des nitrates vers la nappe phréatique. Fourrages n° 119 : pp 227-242.

14. GACHON et TRIBOI, 1977. Protection des eaux souterraines captées pour l'alimentation humaine. Colloque, Orléans, La Source, thème 1. p. 143-159.

15. VETTER H., unde STEFFEN G., 1978. Der Einfluss gestaffelter GÜllegengen und verschiedener Düngungszeitpunkte auf die Nährstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten und in das Wasser. Landw. Forschung. Sonderrheft, 34/II, 238-246.

16. VEZ A.,1989. Incidence des engrais sur le sol, sur la production végétale et sur l'environnement. Revue Suisse d'Agriculture. 21 (1) : pp 41-46.

17. WALTHER V.,1982. Quelques recommandations au sujet de la limitation des pertes en éléments fertilisants des sols. Revue Suisse d'Agriculture, 14 (6) : pp 295-299.

18. Ministère de l'Agriculture. Mission Eau nitrates. Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne, 1988. Bilan de l'azote à l'exploitation. 36 pages.

19. HENIN S., 1981. Le cycle de l'azote, les problèmes de fertilisation et de pollution.Compte Rendus de l'Académie d'Agriculture. Vol 67, N°10, pp 846-858.

Reproduit par INSTAPRINT S.A.
1-2-3, levée de la Loire – LA RICHE – B.P. 5927 – 37059 TOURS Cedex
Tél. 47 38 16 04

Dépôt légal 4ème trimestre 1990
ISBN 2-7380-0295-1

ETUDES ET RECHERCHES

sur les Systèmes Agraires et le Développement

Les travaux du Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement sont centrés sur le fonctionnement des systèmes au sein desquels s'organise et évolue l'activité productive des agriculteurs. Trois niveaux sont privilégiés : les pratiques productives, l'exploitation agricole et le système agraire local.

L'ambition de ces recherches est de produire des connaissances et des méthodes opératoires pour les personnes impliquées dans le développement et l'aménagement. Il s'agit donc de travaux pluridisciplinaires ouverts sur le qualitatif et l'exploratoire.

Titres parus dans la collection

1 **Fonctionnement de l'exploitation agricole simulation de son évolution**
J. BROSSIER, E. CHIA
1984, 52 p.

2 **Maîtrise de l'excès d'eau. Protection périphérique des parcelles par captage et fossés de ceinture**
B. TEILHARD de CHARDIN, J. VERON
1985, 28 p.

3 **Influence du milieu physique et des pratiques agricoles sur la végétation des prairies de fauche des hautes vallées des Alpes du Nord**
Ph. FLEURY, J.-M. DORIOZ, B. JEANNIN
1985, 52 P.

4 **Comment étudier des exploitations agricoles d'une région ? Présentation d'un ensemble méthodologique**
J.-P. DEFFONTAINES, M. PETIT
1985, 47 p.

5 **La variabilité microclimatique en montagne. Son expression par la phénologie du dactyle des prairies permanentes**
P. FLEURY
1986, 48 p.

6 **La petite région vue à travers le tissu de ses exploitations. Un outil pour l'aménagement et le développement rural**
B. CRISTOFINI
1986, 44 p.

7 **Images de recherche et images de communication**
J.-P. DEFFONTAINES, C. RAICHON
1986, 48 p.

8 **Potentialités agroclimatiques des prairies permanentes et possibilités de récolte dans le Doubs et le Jura**
Anne MATHIEU, H. JUIN, B. JEANNIN
1987, 46 p.

9 **Approche du fonctionnement du système fourrager.**
Le cas d'exploitations laitières modernisées en zones de côteaux du Sud-Ouest
M. DURU, Geneviève ROHMER
1987, 44 p.

10 **La simulation de l'organisation du travail comme outil de gestion de l'exploitation agricole.**
Application à la grande culture
J.-M. ATTONATY, Clotilde LAPORTE, F. PAPY, L.-G. SOLER
1987, 48 P.

11 **Éleveur, troupeau et espace fourrager. Contribution à l'approche globale des systèmes d'élevage**
Ouvrage collectif coordonné par Annick GINON
M. ROUX et F. VALLERAND
1988, 144 p.

12 **Diagnostic global d'exploitation agricole : une proposition méthodologique**
M. BENOIT, J. BROSSIER, E. CHIA, E. MARSHALL, M. ROUX, P. MORLON, B. TEILHARD de CHARDIN
1988, 48 p.

13 **À l'échelle du village**
Une méthode d'approche historique et géographique de l'activité agricole locale en région d'habitat groupé
J.-L. MAIGROT
1989, 48 p.

14 **Voies de développement pour les exploitations caprines en zone sèche du Var.**
Étude de cas
Lydia WEBER, P. JULLIAN
1989, 47 p.

15 **Élevage ovin et protection de la forêt méditerranéenne contre les incendies.**
Participation d'un troupeau de moutons à l'entretien d'un réseau de pare-feu.
M. ETIENNE, M. NAPOLEONE, P. JULLIAN, M. LACHAUX
1989, 48 p.

16 **Grassland Systems Approaches.**
Some French Research Proposals
A. CAPILLON
1989, 218 p.

17 **Recherches sur les systèmes herbagers.**
Quelques propositions françaises.
A. CAPILLON
1990, 208 p.