



**HAL**  
open science

# Systemes de culture prairiaux a rotation rapide: nature des contraintes, effets cumulatifs

J.C. Simon

► **To cite this version:**

J.C. Simon. Systemes de culture prairiaux a rotation rapide: nature des contraintes, effets cumulatifs. Les systemes de culture, INRA, 1990, Un Point sur.. - INRA, 2-7380-0256-0. hal-02843133

**HAL Id: hal-02843133**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02843133>**

Submitted on 25 Jul 2024

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

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

# Systèmes de culture prairiaux à rotation rapide : nature des contraintes, effets cumulatifs

J.C. SIMON

INRA, Station d'Agronomie, 29000 Quimper

*Les systèmes de culture prairiaux doivent être analysés non seulement en relation avec les facteurs de milieu et les paramètres économiques, mais aussi avec les contraintes du système d'élevage qui leur est associé. L'étude des effets cumulatifs permet de mettre en évidence les principales contraintes.*

Les systèmes de culture prairiaux à rotation rapide ont été à la base de la révolution fourragère bretonne, il y a plus d'une vingtaine d'années. Ils se caractérisent principalement par le type de succession culturale (maïs, ray-grass d'Italie) et par une fertilisation très intensive (azote notamment), dans un cadre de production laitière de haut niveau.

## 1. Nature des contraintes

L'objectif de production des exploitations, qui pratiquent des systèmes de culture à rotation rapide, est un objectif de production animale : ici une quantité de lait par vache et par an. L'agriculteur doit donc disposer d'un système de culture qui lui assure, en permanence, des ressources fourragères en équilibre avec les besoins de son troupeau (figure 1). Aux contraintes liées au système de culture s'ajoutent donc celles inhérentes au système d'élevage.

Par ailleurs, il n'est pas rare que ces exploitations essentiellement laitières présentent des productions animales annexes, généralement hors-sol : taurillons, porcs ou volailles. Ces activités induisent des contraintes supplémentaires.

La figure 1 met en évidence les principales contraintes s'appliquant à de tels systèmes de culture. Nous ne soulignerons dans les paragraphes suivants que les plus caractéristiques.

### 1.1. Contraintes de milieu

#### a) Le sol

Les roches-mères, dépourvues de calcaire et pauvres en bases, sont principalement des schistes primaires, des granites, des gneiss et des micaschistes, des grès et des limons éoliens. Sur schistes, les sols contiennent 18 à 25 % d'argile et 30 à 35 % de limons fins (texture limono-sableuse à argilo-limoneuse). Sur granites, les sols sont faiblement pourvus en argile, 10 à 17 %, mais riches en sables grossiers, 30 à 40 % (texture sablo-limoneuse). Les sols de limon contiennent de 40 à 50 % de limons grossiers.

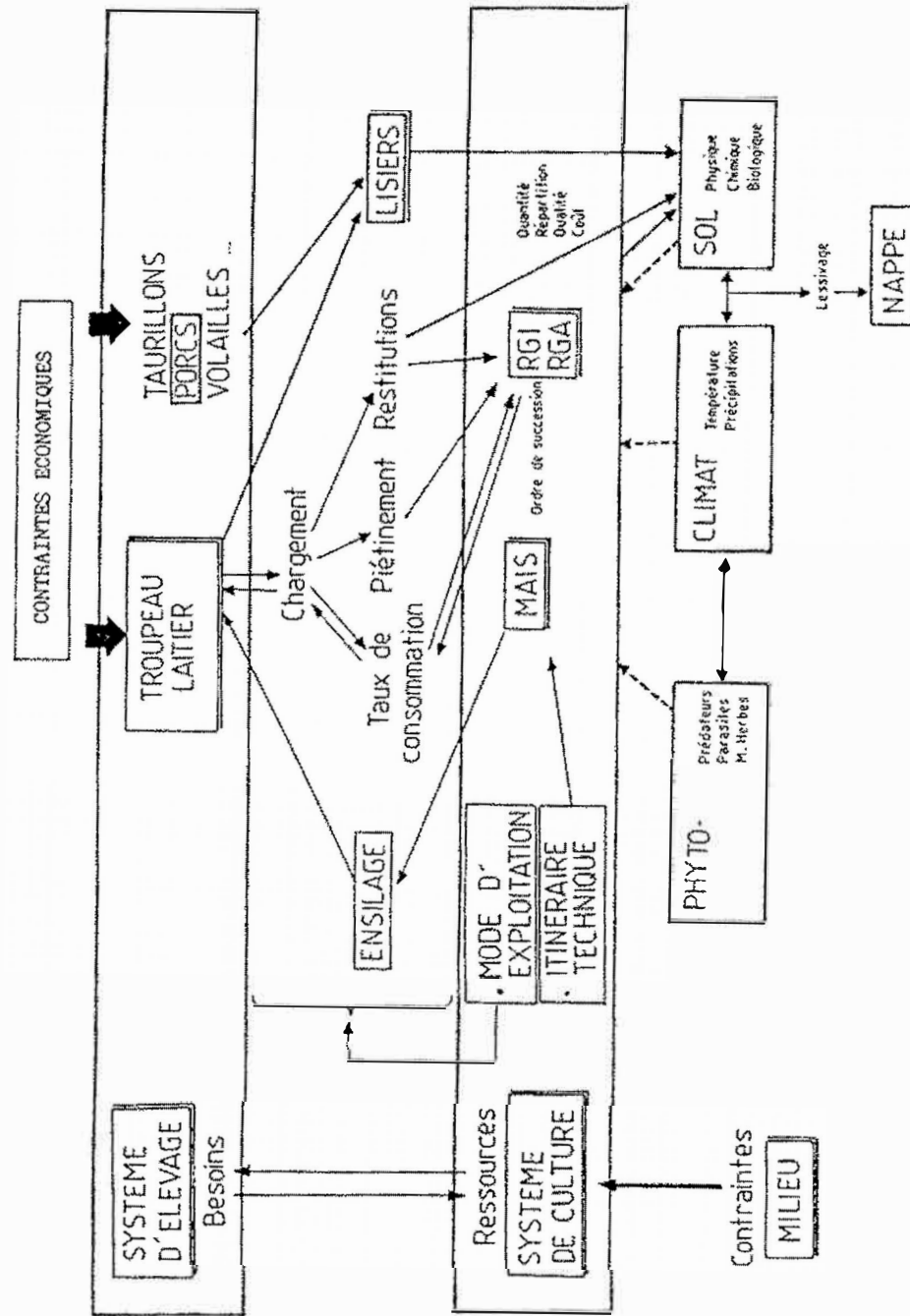


Figure 1. Principales caractéristiques des systèmes de culture prairiaux à rotation rapide de l'Ouest de la France : relations avec le(s) système(s) d'élevage.

A l'exception de ces derniers, les teneurs en matière organique sont élevées : 4 à 6 %. Elles peuvent même atteindre 12 à 15 % sur les défriches récentes de landes. De ce fait, les sols sont faciles à travailler et perméables.

L'excès des pluies sur l'évapotranspiration explique la présence fréquente de zones hydromorphes en bas de pentes. Dans l'extrémité occidentale de la péninsule bretonne où les pluies dépassent 1 000 mm par an, pour une évapotranspiration potentielle de 600 mm, le drainage est très important : 500 mm par an en moyenne. Il en résulte des pertes par lessivage importantes (Cf. cases lysimétriques de Quimper) pour l'azote, la chaux, la magnésie et à un degré moindre, la potasse.

#### b) Le climat

La Bretagne jouit d'un climat océanique très contrasté. Les gradients de température et surtout de précipitations sont importants (influence du relief et de la proximité des côtes) : ainsi, les précipitations varient du simple au double entre le Bassin de Rennes et la côte Sud du Finistère (700 mm) et le sommet des Monts d'Arrée (1 500 mm).

De ce fait, des différences sensibles existent quant aux potentialités fourragères des petites régions (figure 2).

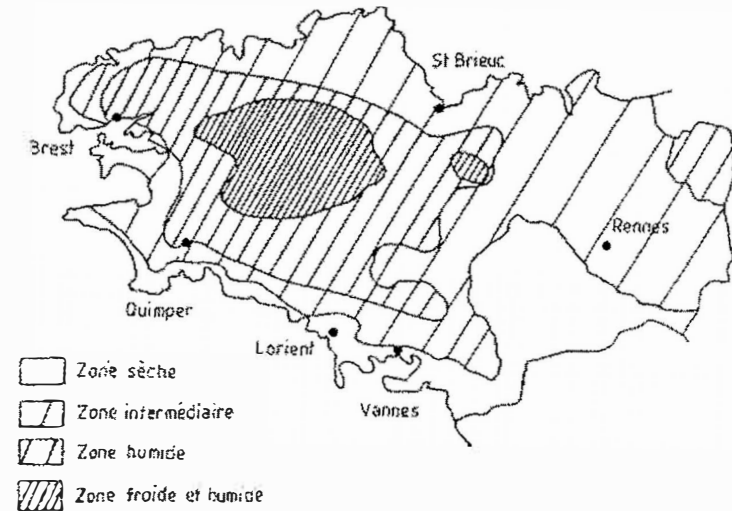


Figure 2. Zones agro-climatiques de Bretagne

Quatre zones agro-climatiques peuvent être distinguées :

- Une zone sèche et chaude sur la frange côtière Sud et sur une partie du Bassin de Rennes, où l'on peut cultiver le maïs-grain mais où la croissance estivale des graminées est médiocre.

- Une zone intermédiaire et une zone humide, où les systèmes à base de maïs-ensilage et de ray-grass d'Italie sont bien adaptés. Seule l'importance respective de ces deux cultures dans l'assolement différencie ces deux zones : la place accordée au ray-grass d'Italie étant plus importante en zone humide qu'en zone intermédiaire.

- Une zone froide et humide, où la culture du maïs-ensilage est aléatoire. Cette zone convient plus aux graminées cultivées ou à la prairie permanente.

Les contraintes climatiques jouent sur le choix des cultures et sur leur place relative dans l'assolement.

## 1.2. Contraintes du système d'élevage

### a) Assurer l'alimentation d'un troupeau performant

Le système de culture doit assurer à l'éleveur des ressources fourragères importantes, de bonne qualité et bien réparties tout au long de l'année. Rappelons brièvement qu'avec les systèmes prairiaux à rotation rapide, le schéma classique d'alimentation du troupeau laitier est le suivant :

- Hiver : ensilage de maïs,
- Mise à l'herbe : RGI et ensilage de maïs,
- Printemps, été : RGI (ensilage des excédents),
- Automne : RGI et ensilage d'herbe ou de maïs.

L'ajustement des ressources fourragères aux besoins du troupeau est assez aisée avec ce système : de hauts niveaux de fertilisation azotée (300 à 400kg/ha/an) assurent un haut niveau de production ; une bonne répartition de la production d'herbe peut être obtenue en jouant sur la date de semis du ray-grass d'Italie (automne pour une production de printemps, printemps pour une production d'été-automne).

### b) Valoriser les déjections animales

L'alimentation d'un troupeau laitier performant nécessite l'achat à l'extérieur de tourteaux et de compléments minéraux. Les entrées correspondantes d'éléments minéraux sont très supérieures aux sorties par les ventes de produits animaux (lait ou viande).

Il en résulte un bilan des éléments fertilisants au niveau de l'exploitation très excédentaire (COPPENET, 1985). Ces éléments sont retrouvés pour partie dans les lisiers.

Il importe donc pour l'agriculteur d'utiliser et de valoriser cet engrais de ferme. L'ajustement des dates d'épandage en fonction des besoins des cultures n'est pas toujours possible du fait de capacités de stockage limitées. Des problèmes de pollution des nappes phréatiques sont à craindre pour les éléments les plus lessivables, compte tenu des quantités importantes d'eau drainées annuellement.

## 1.3. Contraintes économiques

### a) Diminuer les coûts de production

La baisse importante du revenu des agriculteurs a eu pour conséquence la recherche de systèmes de culture nouveaux moins dispendieux au niveau des coûts intermédiaires.

Cette évolution s'est traduite dans un premier temps par un recul du ray-grass d'Italie et un retour des graminées pérennes (diminution des coûts d'implantation) et dans un deuxième temps par un renouveau des associations graminées-légumineuses (baisse de la fertilisation azotée).

### b) Limiter la production laitière

La politique des quotas laitiers a introduit dans les exploitations des contraintes supplémentaires qui ont eu comme conséquences :

- soit une substitution des surfaces en herbe par d'autres cultures (céréales, protéagineux...)
- soit une orientation nouvelle du système d'élevage avec le développement d'ateliers annexes (porcs), qui permettent de valoriser les céréales produites. Une contrainte de valorisation des lisiers produits se pose à nouveau dans ce cas.

### c) Conclusion

Si les systèmes de culture prairiaux à rotation rapide ne connaissent plus aujourd'hui la même rayonnement qu'il y a quelques années, du fait d'un profond bouleversement du paysage agricole et des contraintes qui en résultent au niveau des exploitations, ils conservent néanmoins une place de choix dans les systèmes fourragers de l'Ouest de la France.

## 2. Effets cumulatifs

Nous présenterons ci-après les effets cumulatifs de ces systèmes de culture qui nous paraissent les plus importants.

### 2.1. Rappel des données disponibles à Quimper

Les données proviennent de deux études complémentaires : l'essai rotations de Kerbernez qui a débuté en 1978, et l'enquête lisier qui est menée depuis 1973 avec la SUAD du Finistère.

#### a) L'essai rotations fourragères

Tableau 1 : Rotations de l'essai de Kerbernez.

Annuelles	A - Monoculture maïs (fertilisation minérale)
	B - Monoculture maïs (lisier)
	C - Maïs + RGI (6 mois)
Biennales	D - Maïs + RGI (18 mois)
	E - Maïs + RGI (12 mois)
	F - Maïs + blé + RGI (6 mois)
	G - Maïs + pois + RGI (6 mois)
Longue durée	H - Escourgeon + RGI x Trèfle violet (TV)
	I - RGA permanent
	J - RGA (3 ans) + maïs
	K - TV (2 ans) + escourgeon
	+ brome x luzerne (4 ans) + maïs

NB : Les rotations biennales ont démarré l'année A (1978) et (A+1) (1979) afin d'avoir toutes les cultures présentes chaque année.

L'essai rotations fourragères a pour objectif d'acquérir des références agronomiques sur les principales rotations prairiales rapides en comparaison avec quelques rotations témoins (tableau 1). Sont analysés : l'évolution physico-chimique du sol, les variations inter-annuelles de production, la répartition de la production d'herbe, la qualité des fourrages récoltés, l'état sanitaire des cultures.

#### b) L'enquête lisier

L'enquête lisier a comme objectifs principaux de connaître la valeur fertilisante des lisiers et de préciser les conséquences de leurs utilisations sur le sol. Sont suivis 64 élevages (laitières, porcs...), représentés chacun en général par 3 parcelles, soit 186 parcelles réparties sur tout le département du Finistère (figure 3). Sur ces parcelles une analyse chimique complète de sol est effectuée tous les trois ans, depuis 1973.

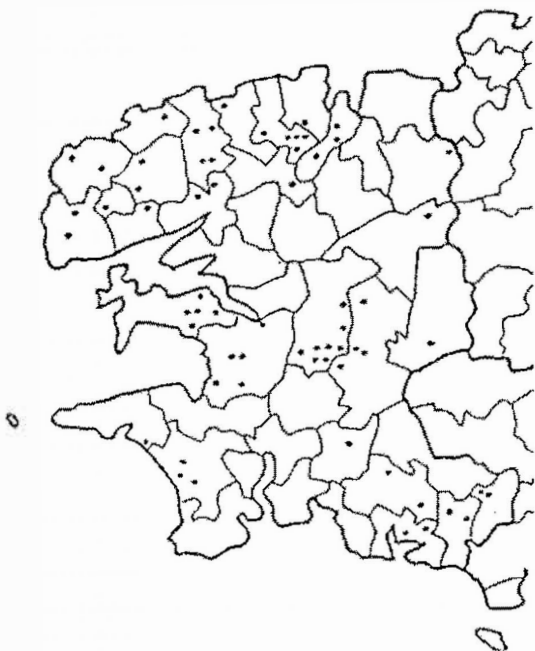


Figure 3. Localisation géographique des 64 élevages suivis par l'enquête lisier (INRA-SUAD).

### 2.2. Effets cumulatifs sur le sol

#### a) Sur la matière organique

Pour les sols riches en matière organique de l'Ouest de la France, il n'existe pas actuellement de référence sur l'évolution des taux de matière organique. Par ailleurs, dans cette région où l'on épand de grandes quantités de lisiers (50 à 100 m<sup>3</sup>/ha/an), on ne connaît pas les incidences de ces apports sur le bilan humique du sol. COPPENET estime qu'un mètre

cube de lisier pourrait fournir 15 kg d'humus stable. Certains avancent que de tels apports de lisier pourraient accélérer la destruction de la matière organique du sol.

L'évolution de la matière organique du sol a été analysée par l'intermédiaire d'un coefficient de destruction apparent ( $\Delta MO$ ) égal à :

$$\Delta MO = ((MO_{t2} - MO_{t1}) / MO_{t1}) / (t_2 - t_1)$$

qui exprime donc la variation relative du taux de la matière organique, sur une période donnée (entre  $t_1$  et  $t_2$ ). Ce n'est donc pas le coefficient  $K_2$  du modèle HENIN-DUPUIS (1945).

$$K_2 = (- \text{Log } (MO_{t2} / MO_{t1})) / (t_2 - t_1)$$

Les taux apparents de destruction de la matière organique sont présentés figure 4, pour diverses successions culturales.

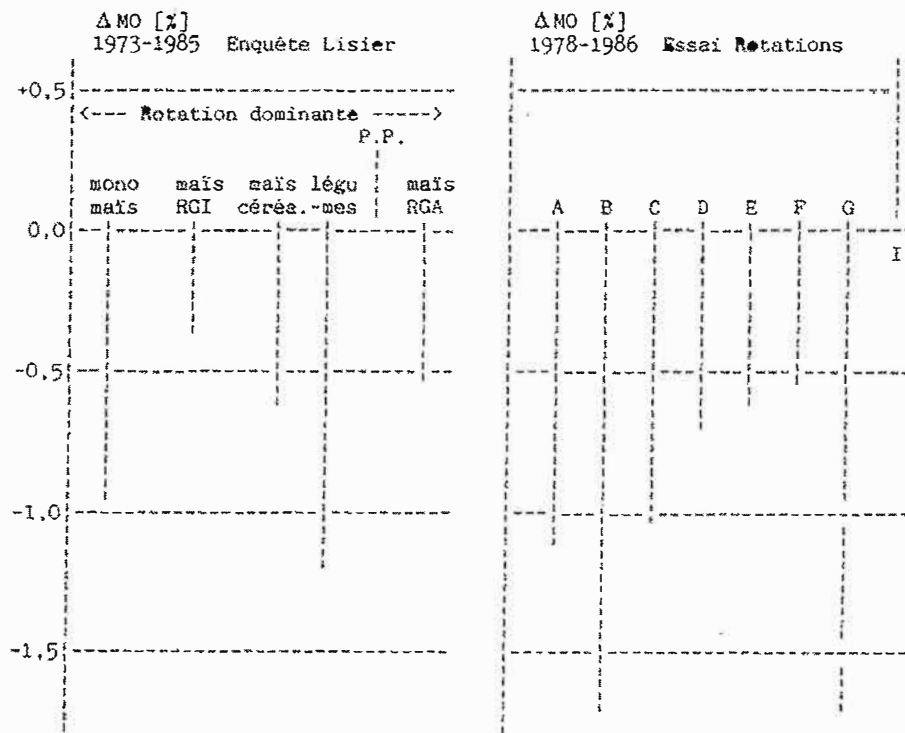


Figure 4. Evolution du taux apparent de destruction de la matière organique dans l'enquête lisier (1973-1985) et dans l'essai rotations (1978-1986).

Le taux de destruction apparent de la matière organique est étroitement lié à la rotation (bilans humiques différents). Il est maximum dans les rotations où le maïs revient tous les ans (A, B et C) ou dans les successions maïs-légumes (G). Il est plus faible dans les rotations où sont

présents des RGI longue durée (D et E) ou des céréales (F). En ray-grass anglais permanent (I), la teneur en matière organique se maintient.

L'évolution des taux de matière organique est comparable pour l'enquête lisier et pour l'essai rotation (figure 4). Notons qu'il n'a pas été montré d'influence significative de la dose de lisier sur l'évolution de ce taux dans l'enquête lisier.

#### b) Sur la fertilité chimique du sol (enquête Lisier)

Sur les parcelles ne recevant que du lisier de vaches laitières, on assiste à un enrichissement continu du sol en acide phosphorique (figure 5) où la teneur passe en 12 ans de 388 ppm à 639 ppm, en cuivre (figure 6) où, dans le même temps, la teneur s'élève de 1,68 à 3,10 ppm et en zinc (de 1,97 à 5,68 ppm).

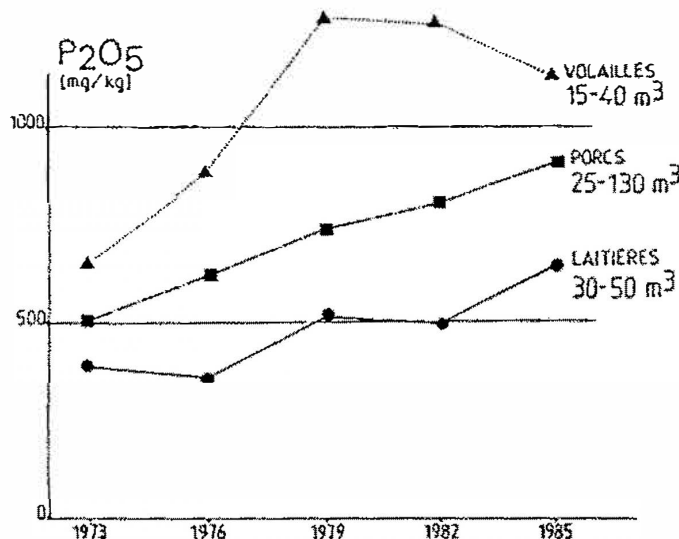


Figure 5. Evolution des teneurs en acide phosphorique de parcelles recevant trois types de lisiers différents (laitières, porcs et volailles).

NB : Une teneur de 300 mg/kg en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> correspond à un sol bien pourvu. Le niveau de fertilité des parcelles est donc ici très élevé.

En ce qui concerne la potasse, les sols étaient déjà classés extrêmement riches en 1973 (teneurs élevées des lisiers de bovin en cet élément). Depuis cette date, on assiste à une stagnation des teneurs en potasse autour de 400 mg par kg de terre (consommation de luxe par les cultures, pertes par lessivage).

Dans les exploitations laitières, il apparaît dans que les lisiers produits concourent à un enrichissement progressif des sols en divers éléments. Dans le cas, d'élevages mixtes (figure 1), les lisiers provenant des ateliers hors-sol accentuent encore ces effets. A titre d'illustration, la figure 7 présente les résultats globaux de l'enquête lisier (tous types d'élevages confondus) sur les 186 parcelles observées, on remarque la nette

tendance à l'enrichissement en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cu et Zn et le plafonnement des teneurs en potasse vers 400 mg/kg. Des doses de lisiers croissantes accentuent nettement ces tendances.

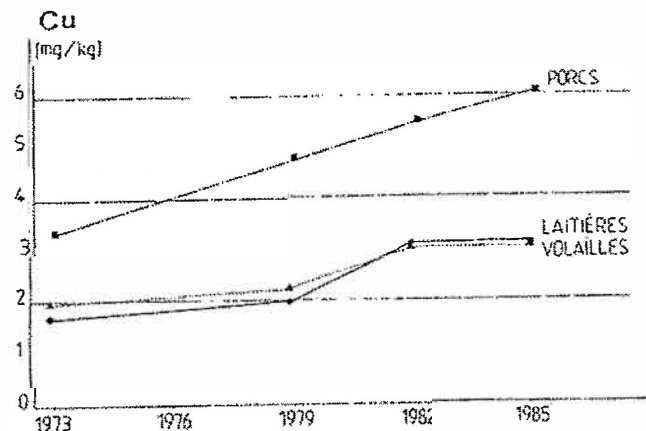


Figure 6 : Evolution des teneurs en cuivre de parcelles recevant trois types de lisiers différents (laitières, porcs et volailles).

NB : Le seuil de carence en cuivre est inférieur à 2 ppm. Les sols sont ici bien pourvus (en particulier pour le lisier de porcs).

#### c) Sur les pertes d'éléments minéraux par lessivage : cas de l'azote

Les cases lysimétriques de Quimper permettent de suivre depuis 1973, les pertes d'azote par lessivage sous les systèmes de culture prairiaux à rotation rapide.

Sur une première période (1973-1981), pour un maïs recevant 120 unités d'azote, suivi par un ray-grass d'Italie de 6 mois recevant 60 unités d'azote au semis à l'automne et 60 unités en fin d'hiver les pertes d'azote sont en moyenne de :

- 88 kg/ha/an pour une case chaulée, bien fertilisée,
- 232 kg/ha/an pour une case chaulée, sans P et K,
- sur une seconde période (étude actuellement en cours), un suivi mensuel du drainage est effectué (figure 8).

Chaque année d'observation, les eaux de drainage présentent un pic de concentration en azote en début d'hiver, deux mois environ après la reprise du drainage. Cette concentration décroît ensuite pour tendre vers zéro au printemps. Ce phénomène laisse supposer que dans ce type de sol (granitique), le lessivage du profil pour cet élément est total au cours de l'hiver.

On peut remarquer que les pics de concentration sont nettement plus élevés sous les jeunes RGI que sous les RGA bien implantés. Par ailleurs, ils sont plus hauts avec un apport d'azote automnal, que sans apport : pour le RGI, la différence de drainage d'azote entre les deux situations est de

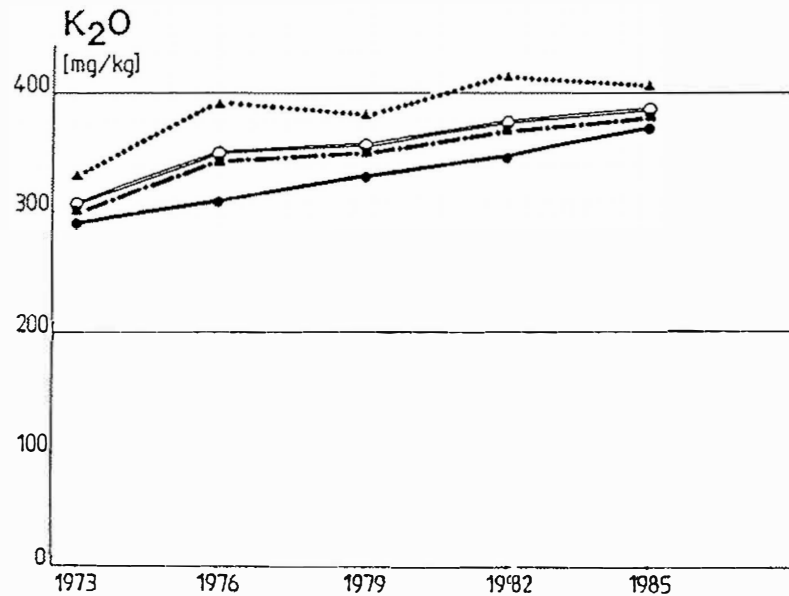
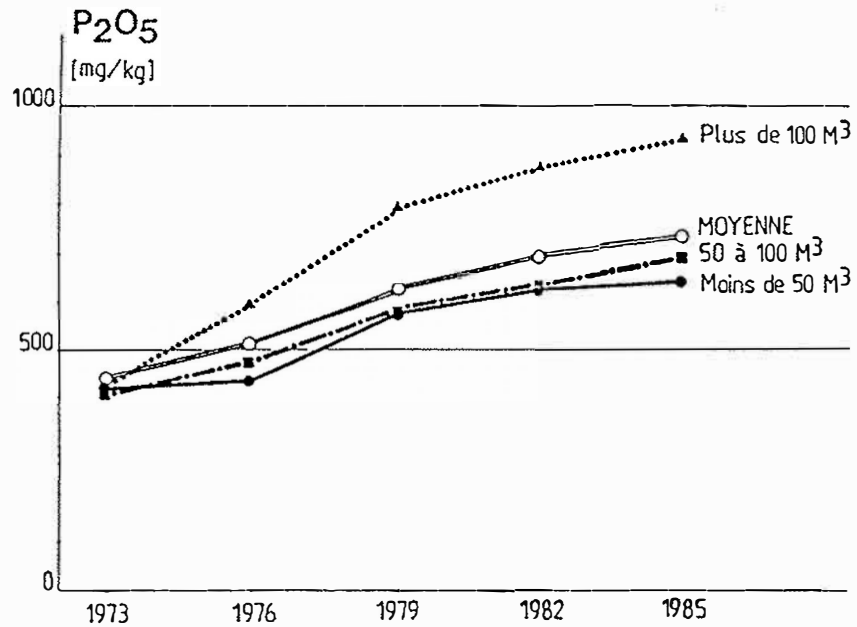


Figure 7a : Evolution sur 12 ans des teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O des 186 parcelles de l'enquête lisier.

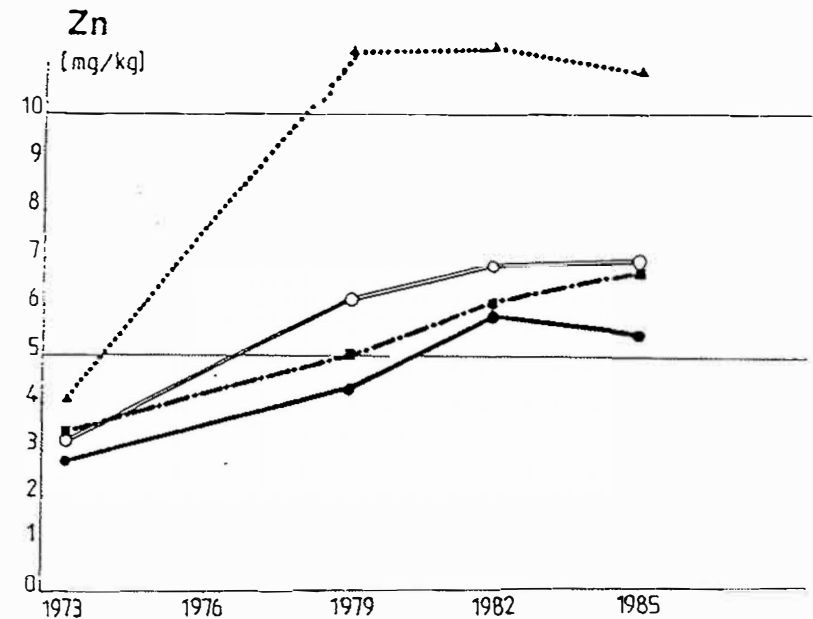
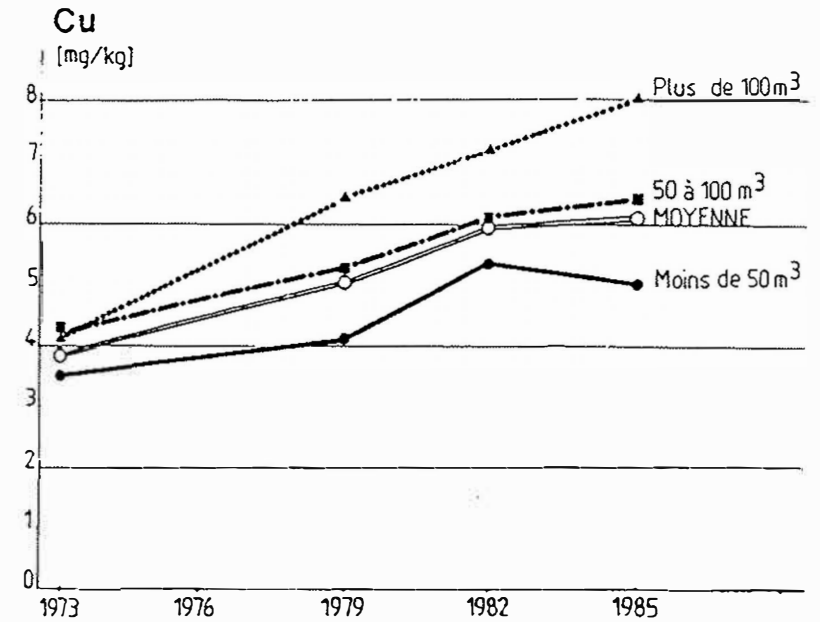


Figure 7b : Evolution sur 12 ans des teneurs en Cu et Zn, des 186 parcelles de l'enquête lisier.

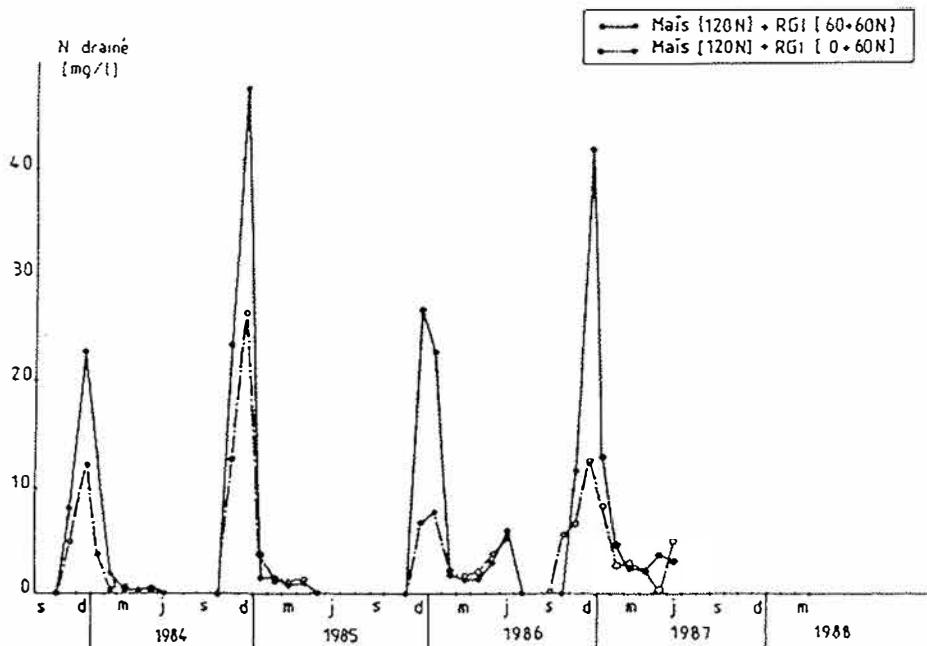
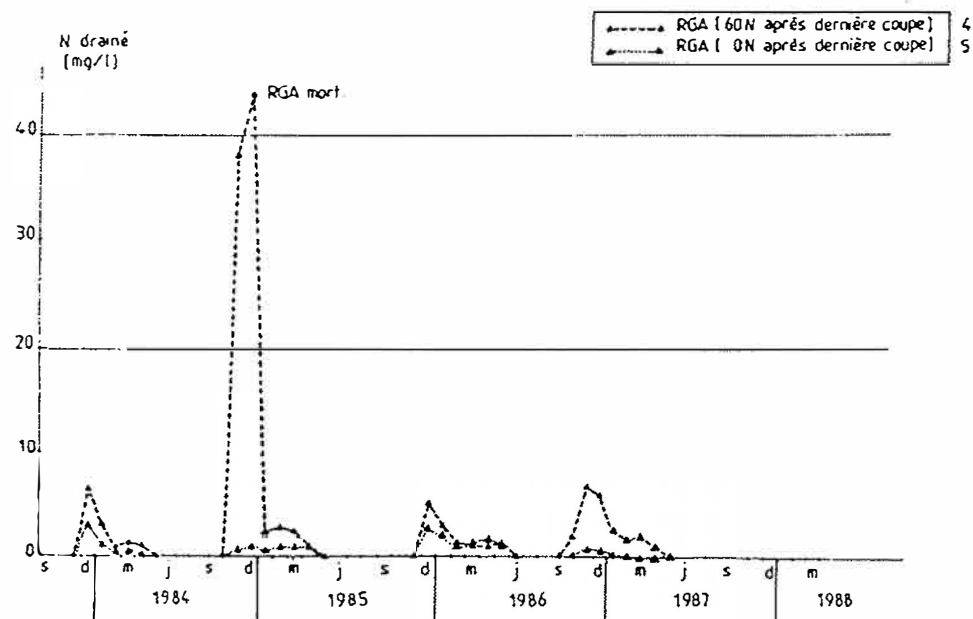


Figure 8 : Concentration en azote des eaux de drainage de 4 cases lysimétriques (2 avec Maïs-RGI, 2 avec RGA).

50 kg/ha/an soit pratiquement la quantité d'azote apportée au semis à l'automne...

Dans ces types de sol, on conçoit donc que la pollution nitrique puisse être importante dans le cas de pratiques agricoles inadaptées (apports de lisiers avant l'hiver, par exemple). Le niveau de pollution des nappes dans certaines zones de Bretagne qui résulte d'un effet cumulatif de cet "effet chasse" à travers le sol, doit amener les agriculteurs à réviser leurs pratiques et à éviter tout apport d'azote sur jeune prairie avant l'hiver. Signalons que les systèmes prairiaux à rotation rapide ne se rencontrent pas dans les zones où les concentrations en nitrates sont les plus critiques (100 mg/l), mais il convient d'être vigilant.

#### d) Sur la vie biologique du sol

Sur le site de l'essai rotation de Kerbernez, l'Université de Rennes (Station Biologique de Paimpont, TREHUN) a commencé une étude sur l'influence des successions culturales sur l'abondance des différentes catégories écologiques de lombriciens.

Trois rotations sont suivies, dont la monoculture maïs. Des différences significatives apparaissent entre les effectifs et les catégories de lombriciens selon la rotation : par exemple, comparés au témoin minéral, les effectifs de lombrics sont plus importants dans les sols ayant reçu du lisier de bovin.

#### 2.3. Effets cumulatifs sur la production

Après huit années de suivi de l'essai rotations, des différences sensibles de production globale apparaissent entre rotations (tableau 2).

Tableau 2 : Classement des rotations selon le niveau de production (en t de MS/ha/an).

C : Maïs + RGI [6 mois]	16,3	17,1
F : Maïs + Blé + RGI [6 mois]	14,4	
B : Maïs	14,3	
D : Maïs + RGI [18 mois]	14,1	
G : Maïs + Pois + RGI [6 mois]	13,1	
A : Maïs [minérale]	13,0	14,0
E : Maïs + RGI [12 mois]	12,3	
I : RGA	10,2	12,2
[moyennes 78-85 en t/ha	Quimper et Galice]	

La supériorité de la rotation maïs, ray-grass d'Italie de 6 mois apparaît nettement. Notons que pour les rotations communes, l'essai mené en Galice par J. LLOVERAS conduit à un classement voisin.

Des différences significatives de production apparaissent entre maïs, selon la rotation : influence positive du lisier comparé à la fertilisation minérale, incidence positive des semis précoces...

Pour le ray-grass d'Italie de courte durée, meilleure production des semis tardifs (après maïs), supériorité du précédent pois comparé au précédent blé pour une même date de semis...



## 2.4. Effets cumulatifs sur la flore adventice

Une sélection des adventices par la culture et par la rotation peut être mise en évidence sur l'essai de Kerbernez. Les maïs désherbés à l'atrazine se caractérisent par une flore d'adventice composée essentiellement de morelle noire, d'arroche et de digitale, les ray-grass d'Italie par leurs dicotylédones annuelles et les ray-grass anglais par leurs adventices pérennes (figure 9).

Pour chaque adventice, nous avons pu également observer son évolution selon les mois et les années. L'exemple le plus remarquable est celui de la morelle noire qui explose dans ces systèmes de culture après cinq ans en monoculture maïs et un peu plus dans les autres rotations avec maïs. Ce phénomène résulte d'une sélection par l'herbicide des morelles noires qui lui sont résistantes. Les conséquences sur la production du maïs sont spectaculaires comme le montre le tableau 3.

Tableau 3 : Densité de morelle noire à la récolte et production du maïs en sixième année d'essai (1983)

- avec un désherbage à l'atrazine
- avec un désherbage de complément au bentazone

Rotation	A	B	C	Dd	Ed	Fd	Gd
morelles/m <sup>2</sup> [atraz.]	583	304	686	19	24	8	10
P [t/ha]	4,1	3,3	2,1	15,8	14,4	11,7	11,0
morelles/m <sup>2</sup> [bent.]	173	205	109				
P [t/ha]	8,7	8,3	5,4				

## 3. Conclusion

Les systèmes de culture prairiaux à rotation rapide de Bretagne se caractérisent par des contraintes dont les plus remarquables sont :

- Un climat océanique parfois très accusé surtout dans les régions où les sols sont plus perméables, d'où des quantités d'eau drainées très importantes (500 mm/an).

- La nécessité de couvrir les besoins alimentaires d'un troupeau laitier performant ce qui conduit à disposer de ressources fourragères suffisantes, de qualité et bien réparties dans le temps, et à acheter des aliments concentrés ou minéraux à l'extérieur.

- des bilans minéraux au niveau de l'exploitation excédentaires pour certains éléments. Ces éléments retrouvés pour partie dans les lisiers doivent être valorisés au mieux. L'utilisation de quantités importantes de lisiers apparaît la contrainte la plus originale de ces systèmes.

Le fonctionnement de ces systèmes entraîne des effets cumulatifs dont les plus significatifs concernent l'évolution de la fertilité chimique des sols (enrichissement important en certains éléments) et la pollution nitrique des nappes (bien que ces systèmes ne soient pas les plus polluants).

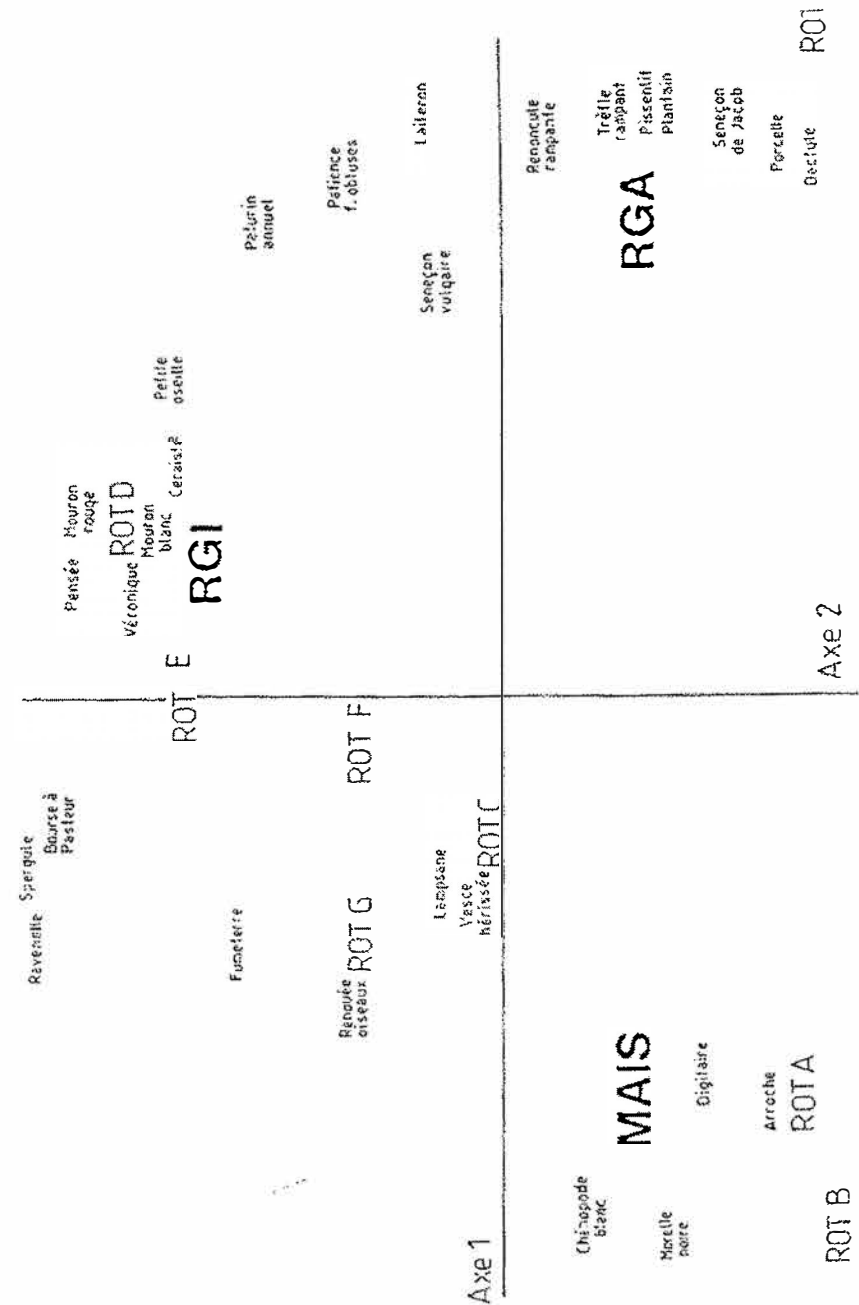


Figure 9. Analyse en composantes principales sur les fréquences d'observation des adventices principales selon les cultures et les rotations.

Des effets sur l'évolution de la matière organique du sol, la production des cultures et leur état malherbologique sont également mis en évidence.

D'autres incidences, plus discrètes, en particulier sur la vie biologique des sols méritent également de retenir l'attention.

#### 4. Remarques.

Le cuivre entre dans le système par l'alimentation animale en particulier dans les aliments pour les porcs car le cuivre est un facteur de croissance du porc.

Le coefficient de décomposition de la matière organique  $\alpha$  MO présenté est un coefficient de destruction apparente :

$$\Delta \text{MO} = (\text{MO}_{t+x} - \text{MO}_t) / \text{MO}_t$$

On n'a pas aujourd'hui d'élément pour savoir si la pollution des nappes est importante et si cela interviendra à terme sur le système de culture lui-même.

On utilise 400-600 unités d'azote sur les cultures herbagères dans le Finistère. Ces niveaux de fertilisation correspondent à peu près à la quantité d'azote exportée par les cultures : 15 T de Matière Sèche  $\times$  3 à 4 % d'azote cela fait 500 à 600 kg d'azote.

Au début les agriculteurs ne prenaient pas en compte les restitutions par les bovins et les apports de lisier : ils apportaient de l'azote minéral en plus des lisiers. Ils ont pris conscience de la nécessité de réduire la fertilisation azotée. Actuellement la tendance est à considérer les engrais de ferme comme de véritables engrais et donc à diminuer les apports minéraux ou même à les supprimer.

Se pose alors (en retour) la question de la valeur azotée des déjections animales. Diverses expérimentations menées en Bretagne par divers organismes en coordination tentent de mieux cerner ce problème. L'autre problème est la contrainte de stockage : on vide le lisier quand la fosse est pleine, pas quand c'est le meilleur moment pour les cultures.

L'augmentation du coût des engrais azotés a conduit, il y a 4-5 ans, certains agriculteurs à revenir aux anciens systèmes RGA-TB (ray-grass anglais, Trèfle blanc). L'instauration des quotas laitiers a renforcé en partie cette tendance (produire moins en gagnant autant). Ces associations connaissent à l'heure actuelle certain succès, mais il est difficile de préciser l'importance de cette tendance. Nous n'avons pour le moment aucune référence (ou résultat) sur le lessivage des nitrates sous de telles cultures.

Les résultats présentés concernent l'enquête "lisier, sol, plante" mise en place par COPPENET en 1973 où les systèmes prairiaux ne sont pas majoritaires.

Une réponse quant à l'évolution des composantes chimiques générales des systèmes prairiaux pourra être donnée à partir de l'essai rotation de Kerbernez, mais ce volet n'a pas encore été dépouillé. Cette évolution devra être étudiée en relation avec les autres facteurs, en particulier avec le niveau de fumure azotée et le devenir de l'azote.