

**LIXIVIATION D'AZOTE - ELEMENTS D'ANALYSE DES
DIFFERENCES ENTRE SOLS - INCIDENCE D'UNE CULTURE PIEGE
A NITRATES - CONDUITE OPTIMALE D'UNE C P N PAR RAPPORT A
LA LIXIVIATION D'AZOTE.**

CHAPOT J-Y., INRA Laboratoire d'Agronomie, COLMAR

avec la collaboration de **SCHWAB G., CORREGE G., HUCK C.**

L'installation d'une culture piège à nitrates (**C P N**) pendant les périodes d'interculture est un des moyens de remédier à la lixiviation d'azote (**CHAPOT, 1989**), lorsque les quantités d'azote minéral risquent d'être trop élevées dans le profil en fin d'automne.

Lutter contre la lixiviation des nitrates nécessite de prendre en compte le milieu, la culture et la période d'interculture (**CHAPOT, 1990**): - adaptation des objectifs de production en fonction des risques de lixiviation, et des possibilités de récupérer un reliquat d'azote éventuel par une **CPN** - modification éventuelle du choix de certaines cultures - enfouissement de résidus culturaux à C/N élevé (**MARY, 1987**) - estimation des postes du bilan de l'azote ...

L'utilisation de **CPN** correspond à une technique curative, dont l'efficacité est variable selon les successions de culture (durée et époque de la période d'interculture) et les conditions de croissance hivernale.

On présente ici l'analyse d'un critère, utilisable au champ, pour caractériser pour partie les différences de lixiviation entre sols. On examine l'incidence d'une **CPN** sur le drainage, la concentration en azote de la solution du sol, la lixiviation d'azote. On propose une conduite de la **CPN**, par rapport au risque de lixiviation d'azote.

Etudes réalisées avec la participation :

- du Ministère de l'Environnement et de l'Agence de Bassin RHIN-MEUSE
- du G N 1 S -Groupement National Interprofessionnel des Semences-

I - Rappels - Relation entre quantité d'azote lixiviée; teneur en azote de l'eau lixiviée; quantité d'eau drainée; teneur en azote de l'eau de la nappe.

1 - Facteur de concentration ou de dilution de l'eau de la nappe

$$\left(\frac{[N]_{\text{eau drainée}}}{[N]_{\text{eau nappe}}} \right) \times D \times \frac{1}{\text{volume nappe}}$$

Exemple : cas d'une nappe à 50 mg/l NO₃ ; teneur en NO₃ de l'eau drainée **80 mg/l** ou 20 mg/l ; pour un drainage de 150 mm

- **80 mg/l NO₃** - le facteur de concentration de l'eau de la nappe est équivalent à 10,2 kg N/volume de la nappe
- **20 mg/l NO₃** - le facteur de dilution de l'eau de la nappe est équivalent à 10,2 kg N/volume de la nappe

2 - Quantité d'azote lixiviée; teneur en NO₃ de l'eau de drainage; quantité d'eau drainée;

N lixiviée kg/ha	Drainage mm	NO ₃ mg/l
30	100	133
30	200	66,5

Pour une même quantité d'azote lixiviée, la qualité de l'eau drainée varie selon le drainage.

3 - Respect de la norme à 50 mg/l de NO₃

D = 100 mm	50 mg/l NO ₃	11,3 kg/ha d'azote lixiviée
D = 200 mm	50 mg/l NO₃	22,6 kg/ha d'azote lixiviée

Il faut raisonner sur les teneurs, par rapport à celles des normes et de la nappe, et par rapport aux quantités d'eau drainées.

II - Eléments d'analyse des différences de lixiviation entre sols.

Les différences de quantités d'azote lixiviées entre sols s'expliquent pour une grande part par les écarts de drainage exprimés par rapport à la réserve en eau (ou par rapport à la réserve utile) du sol.

Ce résultat est mis en évidence dans un essai **sur** lysimètres à l'INRA COLMAR (CHAPOT, 1990). Tableau 1. Deux sols de même type (sol brun calcaire), mais avec une texture différente (LA : limon argileux ; SAL : sable argilo-limoneux) et une réserve en eau différente (respectivement 190 mm et 144 mm de réserve utile : RU) sont comparés. Les quantités d'azote lixiviées entre blé et maïs (traitement SOL NU) sont très différentes (respectivement 60 kg/ha d'azote sur LA et 118 kg/ha d'azote **sur SAL**) alors que les conditions climatiques et la conduite des traitements sont identiques et que le drainage ne diffère que de 19 mm.

Tableau 1. Incidence d'une culture piège à nitrates introduite entre blé et maïs sur la lixiviation des nitrates. Résultats **sur** lysimètres pour deux sols de texture différente. **INRA COLMAR.**

	LIMON ARGILEUX		SABLE ARGILO-LIMONEUX		
	MOUTARDE	SOLNU	MOUTARDE	SOLNU	
1986-87	Drainage mm	56	144	71	163
	N-NO3 kg/ha	1	60	10	118
	N-NO3 mg/l	2	41	14	72
1988-89	Drainage mm	86	137	103	148
	N-NO3 kg/ha	2	53	7	91
	N-NO3 mg/l	3	35	7	61

Le drainage correspond à :

- sur LA : $144 \text{ mm} / 190 \text{ mm} = 75 \%$ de la RU
- sur SAL : $163 \text{ mm} / 144 \text{ mm} = 113 \%$ de la RU.

Sur le SAL, la lixiviation du profil d'azote minéral est plus complète. La concentration en azote de la solution drainée passe par un maximum puis commence à diminuer : N-NO3 mg/l de Janvier à Juillet -J =16; F=32; M=40; A=61; M=82; J=123; J=82;

Sur le LA, le profil d'azote minéral est lixiviée dans une proportion plus faible. La concentration en azote de la solution drainée n'a pas atteint le maximum : J=4; F=7; M=12; A=20; M=37; J=74; J=82;

Dans les deux cas, le profil d'azote minéral est partiellement lixivié. La poursuite du drainage ferait augmenter la quantité d'azote lixiviée.

L'effet de dilution de l'eau de la nappe par l'eau de drainage (teneur eau drainage < teneur nappe) n'interviendra que lorsqu'il restera une quantité d'azote minéral relativement faible dans le profil. (Rappelons que la lixiviation de 11 kg/ha d'azote correspond à une teneur de 50 mg/l de NO₃ pour un drainage de 100 mm).

$$\text{quantité N lixiviée} = \text{quantité N dans profil} \times f \left(\frac{\text{drainage}}{\text{réserve en eau du sol}} \right) \times f \text{ (dispersion hydro-dynamique)}$$

Le rapport drainage / RU du sol caractérise pour une grande part le pourcentage de lixiviation d'un profil d'azote minéral. Il est fonction du sol et du climat :

- du sol, et principalement de la réserve en eau du sol. Il varie selon le sol pour un même climat.
- du climat, il dépend de l'excédent climatique $D = P - ETR - AS$.

Pour des sols à réserves en eau égales, les profils d'azote minéral seront lixiviés dans des proportions plus importantes dans les régions à forte pluviométrie (climat océanique).

Il faut préciser qu'une partie des différences de lixiviation observées entre les deux sols dépend des phénomènes de dispersion hydrodynamique, variables selon la porosité des sols (MORISOT, 1980). Ces paramètres ne sont pas facilement accessibles au niveau d'une cartographie.

On peut proposer une **cartographie** des risques de lixiviation d'azote **en fonction du critère : drainage exprimé en % de la RU** (drainage / RU du sol). Chaque classe de sensibilité pouvant être affectée d'une probabilité traduisant la variabilité du climat. Ce critère fournit une estimation du risque de lixiviation d'azote basé sur des paramètres assez facilement mesurables.

Ce type de cartographie est nécessaire pour raisonner le choix des objectifs de production en fonction des risques de lixiviation d'azote et des possibilités d'introduire une CPN à titre curatif (CHAPOT, 1990).

III - Incidence d'une CPN sur la quantité d'N lessivée, le drainage, la concentration en N de la solution drainée.

A - Résultats expérimentaux

Les résultats obtenus sur lysimètres à l'INRA COLMAR en 1986-87, 1988-89 (Tabl. 1) ou au champ par divers auteurs (CHAPOT, 1987), (MULLER, 1987), (LAURENT, DESVIGNÈS, 1990) montrent qu'après une C P N, il reste très peu d'azote minéral dans le profil, et que la quantité N lixiviée est faible.

On donne à titre d'exemple les résultats obtenus à COLMAR sur lysimètres et au champ **dans** le cas d'une moutarde blanche.

- LYSIMETRES -

- **1986-87**. La lixiviation d'azote sur le LA et sur le SAL est respectivement de **1** et **10** kg/ha alors qu'on a apporté **70** kg/ha d'azote avant le semis de la CPN pour simuler un reliquat élevé. La production de **MS** et les prélèvements d'azote des parties aériennes (avec la litière) ont été sur le LA et sur le SAL de **6,5** et **6,8** tonnes/ha de **MS** et de **84** et **97** kg/ha d'azote.

- **1988-89**. La lixiviation d'azote sur le LA et sur le SAL est respectivement de **2** et **7** kg/ha. On a apporté **55** kg/ha d'azote avant le semis. La production de **MS** et les prélèvements d'azote des parties aériennes (avec litière) ont été sur le LA et sur le SAL de **3,9** et **3,8** tonnes/ha de **MS** et de **65** et **73** kg/ha d'azote.

La CPN limite la quantité N lixiviée . Elle réduit la concentration en azote de la solution du sol et la quantité d'eau drainée. En prélevant de l'azote, elle dilue la solution du sol, en prélevant de l'eau elle la concentre.

- AU CHAMP - 1990 -

La disponibilité en azote minéral estimée sur un traitement sol nu est de **103** kg/ha sur 1 mètre de profondeur, en fin d'essai. La production de **MS** de la moutarde (parties aériennes) est de **4,5** tonnes/ha et les prélèvements d'azote de **59** kg/ha. L'azote minéral présent dans le profil sur 1 mètre, en fin d'essai est de **17** kg/ha sous moutarde.

En ce qui concerne la lixiviation d'azote, "l'effet précédent " azote de la moutarde correspond à : $Nm_{\text{sol nu}} - Nm_{\text{moutarde}} = 103 - 17 = 86$ kg/ha d'azote.

On peut estimer de façon approchée, si on considère le stock d'eau du sol sur l'épaisseur du profil (0- **180** cm) que la concentration est passée en moyenne, grâce à la CPN, de **86** mg/l de NO₃ (**103**kg N; 530 mm) à **16** mg/l de NO₃ (**17**kg N ; 488mm).

Ces essais réalisés dans des conditions où la disponibilité en N minéral est élevée montrent qu'une CPN qui s'est bien développée est tout à fait efficace et supprime quasiment la lixiviation d'azote.

Ces résultats ont été obtenus avec des biomasses relativement élevées, supérieures à **4** tonnes/ha de **MS** . On examinera dans le chapitre suivant , quelle biomasse produire par rapport à la lixiviation d'azote.

B - Analyse de l'effet de la CPN par rapport au SOL NU, sur le drainage et la lixiviation d'azote.

- Effet précédent CPN

- Azote = quantité $Nm_{\text{sol nu}}$ • quantité Nm_{CPN}

- Eau = $EVAP_{\text{sol nu}} - ETR_{\text{CPN}} = S_{\text{sol nu}} - S_{\text{CPN}}$ (S = stock d'eau du sol)

- Effet de la CPN sur la période de drainage suivante

- Azote = quantité N lixiviée sol nu - quantité N lixiviée CPN
- Eau = drainage sol nu - drainage CPN

- Relation entre l'effet précédent CPN et l'effet sur la période de drainage suivante

- Eau D'après l'équation du bilan hydrique :

$$(EVAP_{sol\ nu} - ETR_{CPN}) = (S_{sol\ nu} - S_{CPN}) = (D_{sol\ nu} - D_{CPN})$$

(Si $D_{CPN} > 0$)

La réduction du drainage est estimée à partir de la mesure de l'effet précédent eau de la CPN. Elle correspond à la différence de consommation d'eau entre CPN et SOL NU.

- Azote

L'effet de la CPN sur la lixiviation d'azote par rapport à un SOL NU, ne sera égal à l'effet précédent que si les profils d'azote minéral de la CPN et du SOL NU sont entièrement lixiviés. Dans la plupart des cas, ils sont lixiviés de façon partielle et différente.

- Efficacité propre d'une CPN

Les expériences citées, montrent qu'une CPN bien développée supprime quasiment la lixiviation d'azote. Une CPN est efficace. Une CPN réduit la lixiviation d'azote, de la quantité d'azote qu'elle a immobilisée. Rappelons qu'il faut qu'il reste peu d'azote dans le profil pour respecter la norme.

- Efficacité d'une CPN par rapport à un SOL NU

Il y a lieu de distinguer l'efficacité propre de la CPN, et elle est efficace, et la différence d'efficacité entre CPN et SOL NU. La CPN étant tout à fait efficace, la différence d'efficacité dépend en fait du SOL NU. Plus le profil d'azote du SOL NU est lixivié, plus l'utilité de la CPN est grande.

Ceci peut être illustré par l'exemple présenté sur lysimètres en 1986. La moutarde réduit par rapport au SOL NU la lixiviation d'azote de 59 kg/ha sur le LA et de 108 kg/ha sur le SAL. Les écarts entre les deux sols sont importants alors que les prélèvements d'azote des parties aériennes ne diffèrent que de 13 kg/ha (97 kg/ha sur SAL, 84 kg/ha sur LA) et que l'ETR de la moutarde est proche sur les deux sols.

La plus grande part de la différence de lixiviation d'azote entre CPN et SOL NU, pour les deux sols, est liée aux différences de pourcentage de lixiviation des deux SOL NU. Rappelons que le rapport Drainage/RU = 113 % sur SAL et 76 % sur LA.

Plus le rapport Drainage/RU d'un sol est élevé, plus l'efficacité d'une CPN par rapport à un SOL NU est grande.

IV - Raisonner la conduite des CPN par rapport à la lixiviation d'azote.

La CPN dilue la solution du sol en prélevant de l'azote et la concentre en consommant de l'eau. Quels Cléments pour la conduite des CPN peut-on tirer de l'examen des prélèvements d'azote en fonction de la biomasse et des prélèvements d'eau (dans ce dernier cas, on ne dispose que de premiers résultats).

A - Relation entre cinétique des prélèvements d'azote d'une CPN et biomasse.

Les expériences précédemment citées, conduites dans des conditions de disponibilités en azote relativement élevées ont montré, d'une part au champ qu'il reste peu d'azote dans le profil, d'autre part sur lysimètres qu'il y a peu d'azote lixiviée, après une C P N. Dans tous les cas, la biomasse produite était assez élevée.

L'examen des relations entre prélèvements d'azote et biomasse pour des disponibilités en azote assez élevées, montre qu'en fait les prélèvements d'azote sont maxima pour des biomasses plus faibles que celles citées.

Exemple de la moutarde. Essai 1990 INRA COLMAR.

La disponibilité en azote minéral appréciée sur un traitement SOL NU est de **106 kg/ha** sur **1,2** mètres de profondeur. La biomasse aérienne maximum est atteinte le **4/12/1990** avec **4,5** tonnes de MS/ha (Fig. 1). Les prélèvements d'azote sont maxima dès le **10/10/1990** avec **60** kg d'azote, pour une biomasse correspondante de **2,3** tonnes de MS/ha (Fig. 2). Au-delà de cette date, la biomasse double ; il y a dilution de l'azote absorbé dans la **MS** (Fig. 3). Cette biomasse a été produite en **43** jours (levée le **28/08/1990**) pour une somme de température de **638** degrés jours en base zéro. Cette cinétique est similaire pour toutes les espèces comparées dans cet essai (radis fourrager, colza fourrager, phacélie, ray-grass d'Italie, seigle).

Exemple de la moutarde. Essai 1985 INRA COLMAR.

Les résultats ont été présentés (CHAPOT, 1987). Dans cet essai, la disponibilité en azote minéral est estimée à moins de **150 kg/ha** (**100 kg** d'azote mesuré **sur 1** mètre sur un traitement SOL NU sans azote + **50 kg** d'azote apporté aux CPN). Le maximum des prélèvements d'azote de la moutarde est atteint avec **60** kg d'azote pour une biomasse correspondante de **3,5** tonnes de MS/ha. Cette biomasse a été produite entre la levée le **2/08/1985** et le **12/09/1985**, soit en **40** jours pour une somme de température en base zéro de **714** degrés jours.

On suppose que le maximum d'immobilisation d'azote de la CPN coïncide avec le maximum des prélèvements d'azote aérien.

Bien qu'il existe un certain écart entre les biomasses produites lors du maximum des prélèvements d'azote dans les deux essais (est-il lié à un effet de la photopériode en relation avec les dates de levée ?), on peut dire en première approche (et dans l'attente des résultats de l'essai **1991**, qui s'est déroulé dans des conditions proches de celui de **1990**, avec une levée début septembre, plus conforme à une bonne pratique) que dans des conditions de disponibilités en azote relativement élevé (**100kg**, ou un peu supérieure à **100 kg**) :

- le maximum des prélèvements d'azote correspond à pour une production de **MS** de 2,3 -3,5 tonnes/ha dans le cas d'une moutarde
- cette production est atteinte en 6 semaines, soit approximativement 650 degrés jours, base zéro, pour une levée début septembre.

- Quel objectif pour les prélèvements d'azote de la CPN ?

Pour respecter la norme de qualité de l'eau, la CPN doit réduire le plus possible la concentration en azote de la solution du sol. Il faut qu'il reste un faible reliquat d'azote, et donc permettre à la CPN **d'immobiliser au maximum l'azote disponible**.

Une biomasse moyennement élevée est suffisante, aussi est-il possible d'effectuer un semis plus tardif à une période où la probabilité d'avoir des pluies est plus grande et où les ETP sont plus faibles. Dans le Nord-Est de la France, une levée vers le 10 septembre paraît suffisante. Dans l'Ouest le semis peut être retardé davantage s'il n'y a pas de risque de drainage précoce.

Cependant, la production d'une biomasse plus faible, aura pour conséquence l'enfouissement d'une CPN plus riche en azote (courbe de dilution) qui risque de se minéraliser plus rapidement et de libérer plus d'azote. Le problème est à étudier.

Dans le Nord-Est, les possibilités de croissance de la végétation sont faibles dès le début novembre et pour un enfouissement en décembre, le risque est plus limité. Il est plus élevé dans les régions à hivers doux.

B - Consommation d'eau d'une moutarde. Comparaison inter-annuelles. Aspects cinétiques (premiers résultats).

- On a intérêt à limiter l'ETR des CPN :
- **dans** les régions à faible drainage pour favoriser la reconstitution de la RU.
- dans les régions à drainage plus élevé. Il n'y a pas lieu de produire une biomasse supérieure à celle qui correspond au prélèvement maximum d'azote, afin de ne pas provoquer une consommation d'eau supplémentaire. Lorsque le maximum des prélèvements d'azote est atteint, il y a peu d'azote lixivié. On a donc intérêt à favoriser le drainage pour bénéficier d'un effet de dilution.

Il est donc souhaitable d'optimiser le rapport :

$$\frac{\text{NPRELEVE}}{\text{ETR}_{\text{CPN}} - \text{EVAP}_{\text{sol nu}}}$$

Ce rapport sera maximum pour la première tonne de **MS** produite (teneur en azote élevée de la première tonne de **MS**).

Ce rapport sera optimum lors du maximum des prélèvements d'azote. Au cours de cette phase, il y a des prélèvements d'azote et d'eau.

Au-delà, ce rapport devrait diminuer puisqu'il n'y a plus de prélèvements d'azote alors que la production de **MS** et la consommation d'eau se poursuivent. Dans un grand nombre de situations, on a sur le cycle végétatif, une relation linéaire entre **MS** produite et ETR (PUECH, 1976).

- Efficience de la consommation d'eau d'une CPN par rapport à un traitement SOL NU.

Dans la pratique, soit on fait une CPN, soit le sol est laissé nu. La CPN consomme une quantité d'eau supplémentaire par rapport au sol nu. La réduction du drainage liée à la CPN est égale à $ETR_{CPN} \cdot EVAP_{sol\ nu}$. La consommation deau par tonne de MS est à rapporter à $ETR_{CPN} \cdot EVAP_{sol\ nu}$. L'efficience de la consommation d'eau ou de la réduction du drainage liée à la production d'une tonne de MS ,par rapport à un traitement sol nu est :

$$(ETR_{CPN} - EVAP_{sol\ nu}) / BIOMASSE$$

- Comparaison interannuelles. INRA COLMAR

L'ETR a été déterminé soit sur cases lysimétriques (sonde à neutrons), soit au champ (tarière) sur un sol sans nappe qui repose sur un lit de graviers à une profondeur régulière de 180 cm. Il n'y a pas de ruissellement, pas de drainage pendant la phase de croissance des CPN, pas de remontées capillaires. $ETR = P + 1 - AS$.

Les résultats montrent (Tab. 2) qu'en cas de remplacement d'un sol nu par une moutarde, la production de MS va provoquer une consommation d'eau supplémentaire de 10-15 mm /tonne de MS, et va réduire par rapport au sol nu le drainage de 10-15 mm /tonne de **MS**.

Tableau 2. Variabilité interannuelle du rapport : $\frac{ETR_{CPN} - EVAP_{sol\ nu}}{Biomasse}$
(Moutarde)

	$ETR_{CPN} - EVAP_{sol\ nu}$ mm	MS tonnes / ha	mm eau / tonnes MS
LYSIMETRES			
1986	LA	91	6,5
	SAL	98	6,8
1988	LA	44	3,9
	SAL	37	3,8
CHAMP			
	18/10/1990	42,8	2,8
	09/11/1990	45,0	4,0
	15/11/1991	46,0	3,7

LA : Limon argileux

SAL : Sable argilo-limoneux

- Comparaison de l'ETR pour deux niveaux de production de MS au cours du même cycle.

On dispose de peu de résultats. Dans l'exemple au champ en 1990, entre le 18/10 et le 9/11, la biomasse s'accroît de 1,17 tonne ; dans le même temps, l'ETR augmente de 15 mm et l'évaporation du sol nu de 13 mm. La production de 1,17 tonne de MS supplémentaire n'a consommé que 2 mm d'eau de plus que le sol nu.

Parmi les hypothèses qu'on peut émettre, il y a l'effet de la rosée très importante à cette époque, l'incidence de conditions climatiques moins évaporantes. Ce résultat met en évidence l'intérêt d'étudier l'évolution du rapport $(ETR_{CPN} - EVAP_{sol\ nu}) /$ biomasse pour des CPN qui occupent le sol au-delà du 10 septembre.

En résumé, on peut estimer qu'une moutarde produisant 2,5 tonnes de MS va réduire le drainage entre 25 à 38 mm (contre 60 à 90 mm pour 6,0 tonnes de MS).

$$2,5 \text{ tonnes} \times 10 \text{ mm} / \text{tonnes de MS} = 25 \text{ mm}$$

$$2,5 \text{ tonnes} \times 15 \text{ mm} / \text{tonnes de MS} = 38 \text{ mm.}$$

CONCLUSIONS

Il faut raisonner sur les teneurs de l'eau drainée, par rapport aux teneurs des normes et de celles des nappes et par rapport aux quantités d'eau drainées (facteur de concentration ou de dilution de l'eau de la nappe).

Le rapport : (drainage / réserve en eau du sol) traduit en grande partie les différences de lixiviation entre sols. A partir de ce critère assez facilement accessible, on propose de cartographier les risques de lixiviation d'azote.

Une CPN introduite pendant une période d'interculture longue est tout à fait efficace. Il y a très peu d'azote lixivié après une CPN.

Il y a lieu de distinguer, l'efficacité propre de la CPN, de la différence d'efficacité entre CPN et SOL NU qui dépend du SOL NU, de grandes variations selon le pourcentage de lixiviation des sol nus.

Afin de respecter la norme (50 mg/l N03), la CPN doit immobiliser au maximum l'azote disponible. Dans le cas de disponibilités en azote minéral de l'ordre de 100 kg/ha (ce qui couvre une large gamme de situations), une production de 2,5-3,0 tonnes de MS (à affier) dans le cas de la moutarde, est suffisante pour atteindre le maximum des prélèvements d'azote (les résultats semblent proches avec les autres espèces).

Il n'y a pas lieu de produire une biomasse supplémentaire, qui entraînerait une consommation d'eau supérieure. Cependant les premiers résultats obtenus montrent que cet aspect doit être précisé. Etant donné qu'il reste peu d'azote dans le profil, il faut favoriser l'effet de dilution en limitant l'ETR de la CPN. (optimiser : $N \text{ prélevé} / (ETR_{CPN} - EVAP_{sol\ nu})$)

Une moutarde produisant 2,5 tonnes de MS va réduire par rapport à un sol nu, le drainage entre 25 et 38 mm, contre 60 et 90 mm pour une production de 6 tonnes de MS.

La production d'une telle biomasse étant relativement rapide, on peut décaler la date de semis vers des périodes où les conditions climatiques sont plus favorables (levée vers le 10 septembre dans le Nord-Est).

Les situations les plus lixiviées (fortes pluies, réserve en eau limitée) sont celles où l'utilité des CPN est la plus grande (régions océaniques). Pour respecter la norme, les CPN sont nécessaires en climat continental, où le drainage est plus limité, à condition qu'il soit possible de reconstituer la réserve en eau des sols.

Par rapport à la lixiviation d'azote, il reste à préciser, s'il y a des risques de lixiviation d'azote, suite à l'enfouissement de CPN.

BIBLIOGRAPHIE

CHAPOT J-Y., **1987**. Prélèvements d'azote de différentes espèces d'engrais verts. Estimation sur cases lysimétriques de l'incidence d'un engrais vert sur la réduction du lessivage des nitrates. Journée d'étude : Nitrates et "Engrais verts". CORPEN, COMIFER, PARIS, **15/12/1987, 13 p.**

CHAPOT J-Y., **1989**. Engrais verts, un moyen de lutte contre le lessivage des nitrates. Cultivar, n° **258**, 1 p.

CHAPOT J-Y., **1990**. Azote, la juste dose. Prendre en compte le milieu, la culture, l'interculture. Cultivar, n° **279**, Août 1990, 35-36.

CHAPOT J-Y., **1990**. Estimation sur lysimètres de l'incidence de l'introduction d'un engrais vert dans une rotation blé-maïs sur la lixiviation des nitrates. Colloque Nitrates, Agriculture, Eau, PARIS, **7-8/11/1990, 411-416.**

CHAPOT J-Y., **1990**. The fate of nitrogen (^{15}N) derived from white mustard green manure in a lysimeter study. Congress of European Society of Agronomy, PARIS, **5-7/12/1990, 2 p.**

LAURENT F., DESVIGNES P., **1990**. L'interculture pour piéger les nitrates. Perspectives Agricoles. n° **145**, 72-78.

MARY B., FRESNEAU Ch., **1987**. Décomposition des résidus de récolte et devenir de l'azote minéral. Journée d'étude Nitrates et "Engrais verts." CORPEN, COMIFER, PARIS, **15/12/1987, 8 p.**

MORISOT A., **1980**. Déplacement avec mélange des nitrates dans un matériau de porosité bimodale. Ann. Agron., **31** (1), 1-17.

MULLER J-C. *et al.*, **1987**. Azote minéral après culture : effet des "engrais verts" sur le lessivage et sur l'utilisation par la culture suivante. Journée d'étude Nitrates et "Engrais verts." CORPEN, COMIFER, PARIS, **15/12/1987, 8 p.**

PUECH J. *et al.*, **1976**. Efficacité de l'eau consommée par divers végétaux et application à la valorisation de l'irrigation. B.T.I., n° **306**, 41-53.

Fig. 1 : Moutarde - Evolution de la production de matière sèche (parties aériennes)

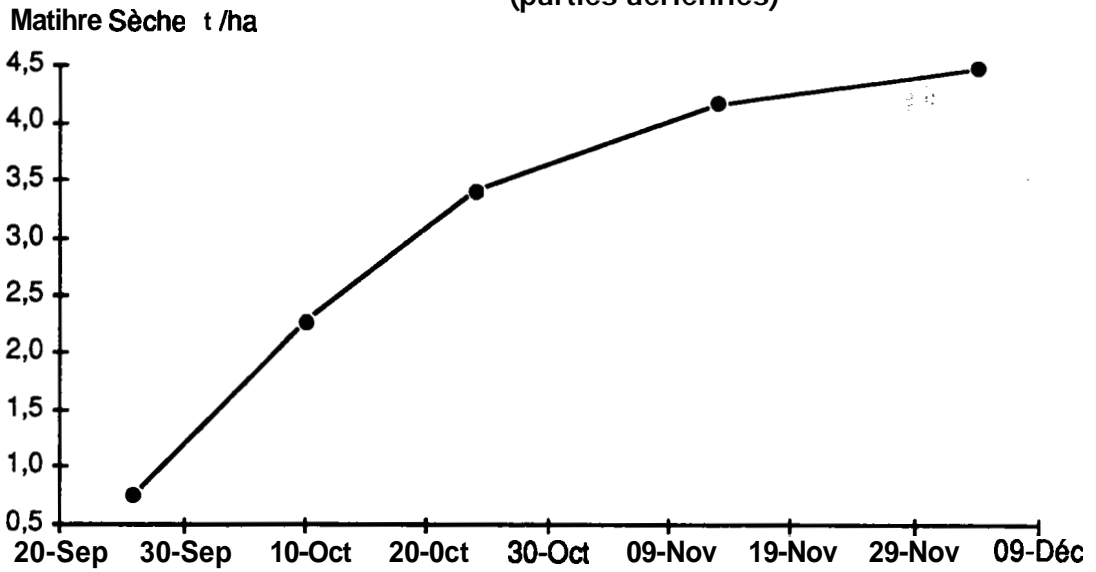


Fig. 2 : Moutarde - Evolution des prélèvements d'azote (parties aériennes)

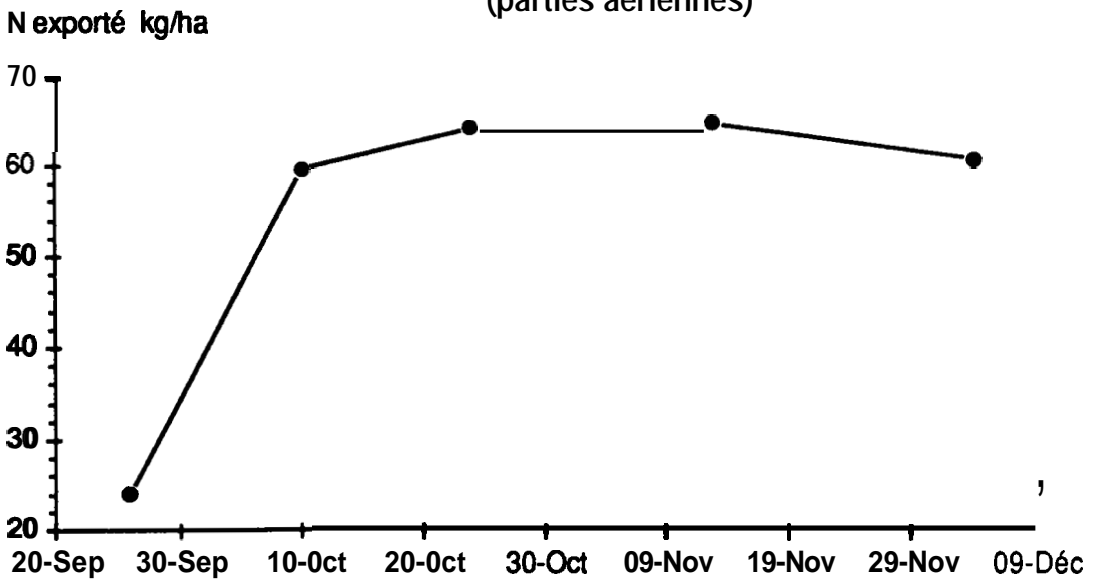


Fig. 3 : Moutarde . Courbe de dilution de l'azote (parties aériennes)

