

Les cultures fourragères intermédiaires : pièges à nitrates et fourrages d'appoint ?

A. Besnard¹, A. Le Gall²

Les couverts végétaux implantés entre deux cultures sont une solution pour piéger l'azote présent dans le sol en automne et limiter les fuites de nitrate au cours de l'hiver. En exploitation d'élevage, ces couverts sont souvent des plantes fourragères ; leur fonction alimentaire est-elle conciliable avec leur fonction de piège à nitrate ?

RESUME

La mise en place de cultures intermédiaires permet de limiter les pertes de nitrate par lixiviation au cours de l'hiver par rapport à un sol nu. Des essais récents ont mis en relation la cinétique d'absorption de l'azote avec la cinétique de croissance de quelques espèces utilisées comme pièges à nitrates. Des modèles de croissance en fonction des sommes de températures permettent d'estimer les dates de destruction possibles par espèce et par région. L'utilisation éventuelle de ces cultures intermédiaires pièges à nitrates pour l'alimentation du troupeau risque d'engendrer des modifications qui peuvent affecter le bon fonctionnement du système fourrager, remettre en cause l'efficacité même du piège à nitrates ou pénaliser la culture suivante.

MOTS CLES

Azote, culture dérobée, eau du sol, environnement, maïs, nitrate, production fourragère, système fourrager.

KEY-WORDS

Catch crop, environment, forage production, forage system, maize, nitrate, nitrogen, soil water.

AUTEURS

1 : ITCF, La Jaillière, BP 32, F-44370 La Chapelle-Saint-Sauveur ; abesnard@itcf.fr

2 : Institut de l'Élevage, Montvoisin, BP 67, F-35650 Le Rheu ; andre.le-gall@inst-elevage.asso.fr

1. Origine des nitrates présents dans le sol en automne

Les nitrates proviennent d'abord des reliquats azotés de la culture précédente. De nombreuses mesures de reliquats post-récolte montrent qu'ils sont quasiment constants jusqu'à la dose optimum. Selon les cultures, ces reliquats sont compris entre 10 et 50 kg N/ha. Un excès de fertilisation azotée par rapport à l'optimum de rendement se traduit par une augmentation des reliquats à la récolte (figure 1).

Figure 1 : Reliquats d'azote minéral dans le sol (0 - 90 cm) et rendements du blé en fonction de la dose d'azote appliquée sur le blé (essais INRA à la Grande Paroisse S.A. ; d'après Machet et Recous, 1995).

Figure 1 : Effect of nitrogen dressings of wheat on mineral nitrogen residues in the soil (0-90 cm) and on wheat yields (trials by INRA, la Grande Paroisse S.A. ; after Machet and Recous, 1995).

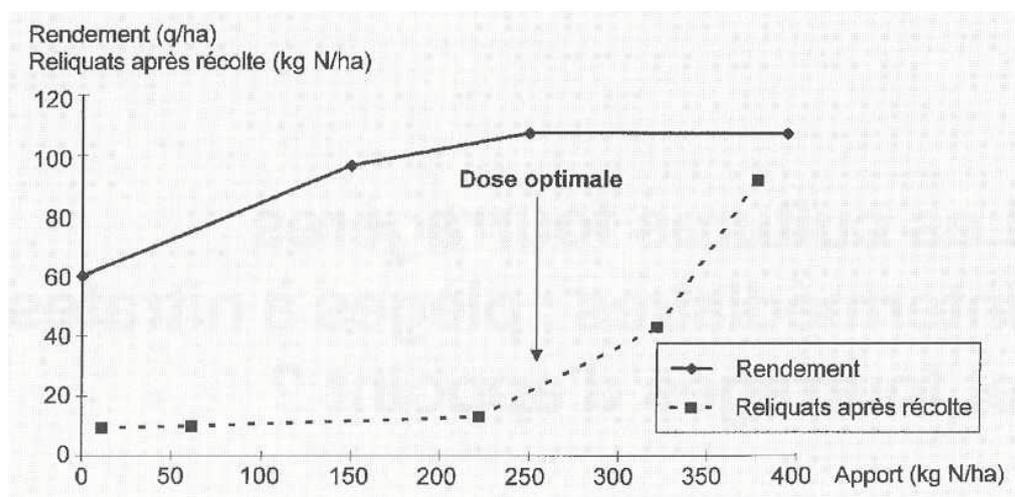
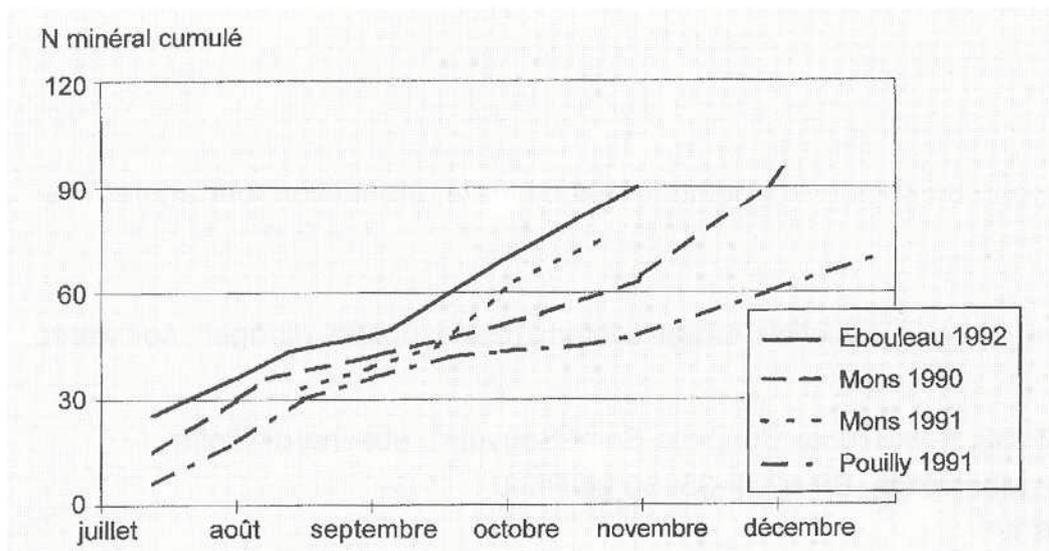


Figure 2 : Evolution des profils d'azote minéral dans le sol (0 - 120 cm) après la récolte du blé, en sol nu (parcelle ayant reçu 60 kg N/ha ; essais INRA Grande Paroisse SA ; d'après Machet et Recous, 1995).

Figure 2 : Changes in the mineral nitrogen profiles in the soil (0-120 cm) after the wheat harvest, bare soil (field having received 60 kg N/ha, INRA Grande Paroisse SA ; after Machet and Recous, 1995).



L'autre source de nitrate est la minéralisation d'automne qui peut être importante à cette époque (ré-humectation du sol et température encore élevée). L'azote minéralisé provient de l'humus, des résidus de récolte et de la partie organique des engrais de ferme. Les suivis des profils d'azote dans le sol de la récolte jusqu'au milieu de l'hiver permettent d'estimer les quantités minéralisées. Dans les systèmes de culture sans apports d'engrais de ferme celles-ci peuvent être importantes, entre 40 et 80 kg N/ha (figure 2).

Le total des reliquats et de la minéralisation d'automne peut atteindre de 60 à 130 kg N/ha à cette époque. Dans le cas d'un sol nu, les pluies de l'automne et de l'hiver entraînent les nitrates en profondeur au-delà des zones exploitées par les racines des cultures suivantes.

2. Les cultures intermédiaires : pièges à nitrates

* Effet sur le lessivage

Dans le cas particulier des exploitations d'élevage, les cultures laissent un sol nu sans résidus après récolte (maïs ensilage et céréales dont les pailles sont récoltées pour la litière). Ainsi, la seule possibilité pour maîtriser les fuites de nitrate est l'implantation d'une culture intermédiaire qui prélève l'azote minéral et l'eau nécessaire à sa croissance, et soustrait ainsi au lessivage une quantité non négligeable de l'azote minéral présent dans le sol (CORPEN, 1991).

A partir d'une part de la date de récolte de la culture précédente et d'autre part de la date d'implantation de la culture suivante, il est possible de déterminer les successions de culture où l'implantation d'une culture intermédiaire permettra de limiter le lessivage. En exploitation d'élevage, on rencontre fréquemment des successions céréales - maïs et maïs - maïs, pour lesquelles la durée de l'interculture est comprise entre 170 et 220 jours.

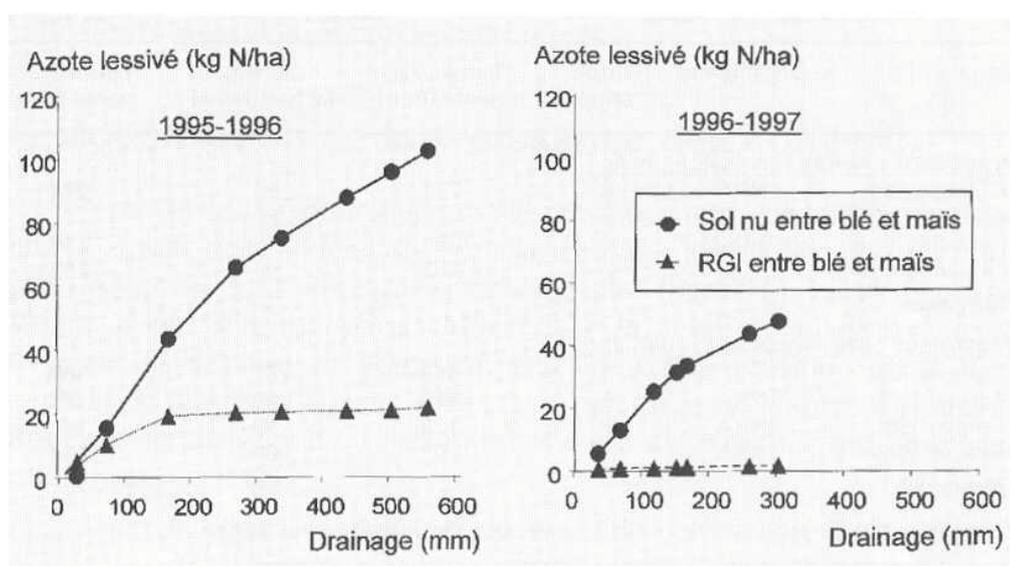
- Dans le cas de la succession céréale - maïs, la récolte a lieu en été et l'implantation du couvert peut intervenir dès la récolte.

- Dans le cas de la monoculture de maïs, la récolte peut se situer selon les régions et les variétés choisies entre la mi-septembre et courant octobre. A la mi-septembre, il est encore possible d'implanter un couvert qui sera efficace. En revanche, lorsque la récolte du maïs se situe en octobre, il est préférable de semer la culture intermédiaire sous couvert du maïs au stade 6-8 feuilles.

- Enfin, dans le cas de succession maïs - blé, la durée de l'interculture (30 à 50 jours) est trop courte pour permettre l'implantation d'un couvert efficace.

Figure 3 : Effet, sur le lessivage de nitrate, de l'introduction d'une culture intermédiaire de ray-grass d'Italie (RGI) après blé dans une succession blé / maïs (Kerlavic ; ITCF, EDE Finistère, Chambres d'Agricultures Bretagne).

Figure 3 : Effect on nitrate leaching of introducing a catch crop of Italian ryegrass (RGI) after the wheat crop in a wheat - maize rotation (Kerlavic ; ITCF, EDE Finistère, Chambres d'Agricultures Bretagne).



Un essai, mis en place en 1994 à Kerlavic, la station de l'EDE du Finistère, permet de mesurer l'effet, sur le lessivage de l'azote au cours de l'hiver, de l'introduction d'un ray-grass d'Italie intermédiaire après blé dans une rotation blé / maïs (figure 3). Les parcelles sont équipées de bougies poreuses (placées à 80 cm de profondeur) pour la mesure de la teneur en nitrate de la solution du sol. Des cases lysimétriques permettent de mesurer le drainage de chaque interculture. Ainsi, pour deux années distinctes par l'importance du drainage hivernal, l'introduction du ray-grass d'Italie après la récolte du blé a un effet très positif sur la réduction des fuites. Pour l'année 1995-1996, avec un drainage hivernal normal pour la région d'environ 600 mm, le ray-grass d'Italie réduit de 80% les quantités d'azote lessivé par rapport au sol nu. En 1996-1997, malgré un drainage faible pour la région (environ 300 mm), le ray-grass d'Italie a quasiment empêché tout lessivage d'azote.

Cet effet de la culture intermédiaire se retrouve dans un grand nombre de situations pédoclimatiques différentes dont quelques exemples sont présentés au tableau 1. Dans les successions maïs / maïs, les réductions de pertes d'azote par lessivage se situent aux alentours de 60% et atteignent 60 à 90% dans les successions blé / maïs.

Tableau 1 : Effet de la culture intermédiaire en fonction du précédent sur les pertes d'azote nitrique dans différents essais.

Table 1 : Effect of the intermediate crop on nitrate losses in various trials, according to preceding crop.

Présentation de l'essai			Sol nu		Culture intermédiaire*		Diminution du lessivage (%)
Lieu	Organisme	Durée (ans)	Lame drainante (mm)	Lessivage (kg N-NO ³ /ha)	Lame drainante (mm)	Lessivage (kg N-NO ³ /ha)	
Précédent : maïs ; succession : maïs - maïs							
Quimper (29)	INRA	5	731	96	674	45	- 53
Kerlavic (29)	EDE-ITCF	3	-	80	-	40	- 50
Pays-Bas	AB-DLO	6	251	75	216	25	- 67
La Jaillièrre (44)	ITCF	2	153	60	153	30	- 50
Moyenne				78		35	- 55
Précédent : blé ; succession : blé - maïs							
Kerlavic (29)	EDE-ITCF	4	610	87	580	9	- 90
Colmar (68)	INRA	3	115	40	48	1	- 98
Colmar (68)	INRA	3	128	79	58	6	- 92
Gréoux (04)	INRA	1	202	69	164	26	- 62
Moyenne				69		11	- 85

* Ray-grass d'Italie dans tous les sites à l'exception de Colmar (moutarde)

* Absorption de l'azote par les couverts

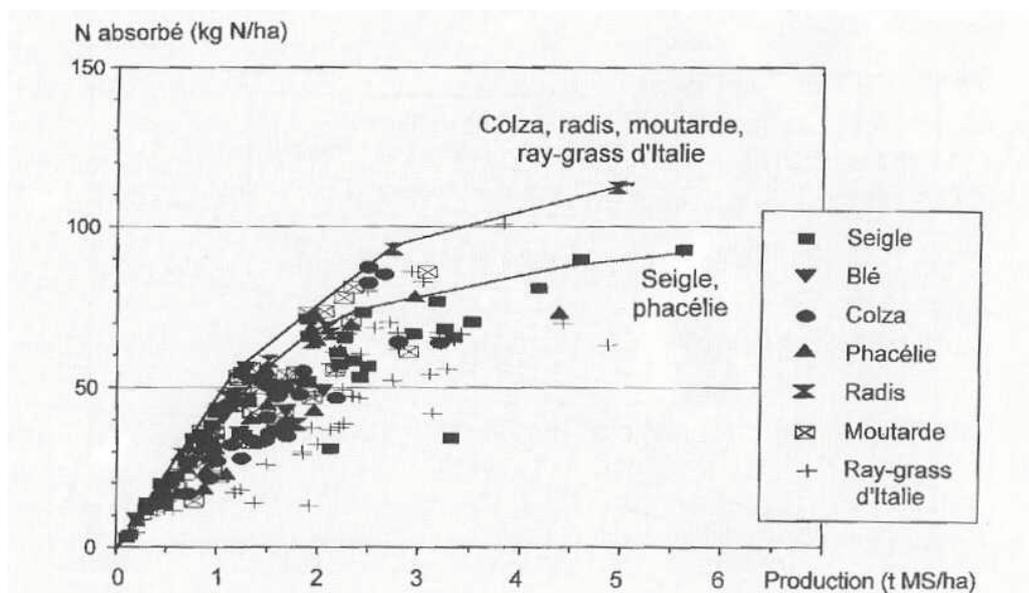
La réduction du lessivage de nitrate est due à une diminution des quantités d'azote présentes dans le profil sous l'effet des cultures intermédiaires qui ont absorbé l'azote du sol au moment du début du drainage.

La synthèse de nombreux essais conduits au début des années 90 (Laurent *et al.*, 1995a) a permis de mettre en relation l'azote absorbé avec la production de biomasse aérienne (figure 4). Dans les situations de nutrition azotée limitante (Indice de Nutrition Azotée, INN < 1), ce qui paraît être le cas général où sont implantées les cultures intermédiaires (exception faites des situations présentant des minéralisations automnales très élevées ou ayant reçu des effluents d'élevage), les courbes enveloppes permettent de distinguer deux groupes d'espèces : les crucifères (colza, radis, moutarde) ou le ray-grass d'Italie présentent des capacités d'absorption supérieures au seigle et à la phacélie d'environ 20 kg N/ha.

En outre, on peut observer une nette inflexion de la quantité d'azote absorbé au-delà d'un seuil : au-delà de 2 à 2,5 t MS/ha, le couvert n'absorbe plus des quantités significatives d'azote, alors que la consommation en eau se poursuit de façon proportionnelle à la fabrication de biomasse. Il peut en résulter un assèchement trop important du profil préjudiciable à la culture suivante. En général, la destruction de la culture intermédiaire pourra intervenir dès que ce seuil sera atteint.

Figure 4 : Azote absorbé en fonction de la biomasse des parties aériennes en situation d'azote limitant (sans apport d'azote et INN < 1,0), et courbes enveloppes correspondantes (d'après Laurent et al., 1995a).

Figure 4 : Absorption of nitrogen according to above-ground biomass when N supply is limiting (no dressing of nitrogen and Nitrogen Nutrition Index, INN < 1.0), and corresponding envelopping curves (after Laurent et al., 1995a).



La différence entre la minéralisation nette sous un sol nu et la minéralisation nette sous un couvert permet d'estimer les quantités d'azote organisé dans les horizons colonisés par les racines. Ces quantités représentent l'azote contenu dans les racines et l'azote minéral organisé dans la rhizosphère. Ces valeurs calculées se situent en moyenne autour de 30 kg/ha quelles que soient les espèces (hormis les légumineuses). Ceci valide la hiérarchie entre espèces basée sur les indicateurs relatifs aux parties aériennes.

* Modélisation de la croissance des couverts

A partir des essais cités dans le paragraphe précédent, il est possible d'établir des modèles de croissance dans le cas d'azote non limitant (INN > 1), dont voici quelques exemples (figure 5). La fonction de Weibul a été retenue pour caractériser la relation entre biomasse aérienne et somme de températures "efficaces" en base 0°C. Les sommes de températures ne sont cumulées qu'après retour des pluies, ou dès le semis s'il y a eu précipitations (ou irrigation) avant l'implantation.

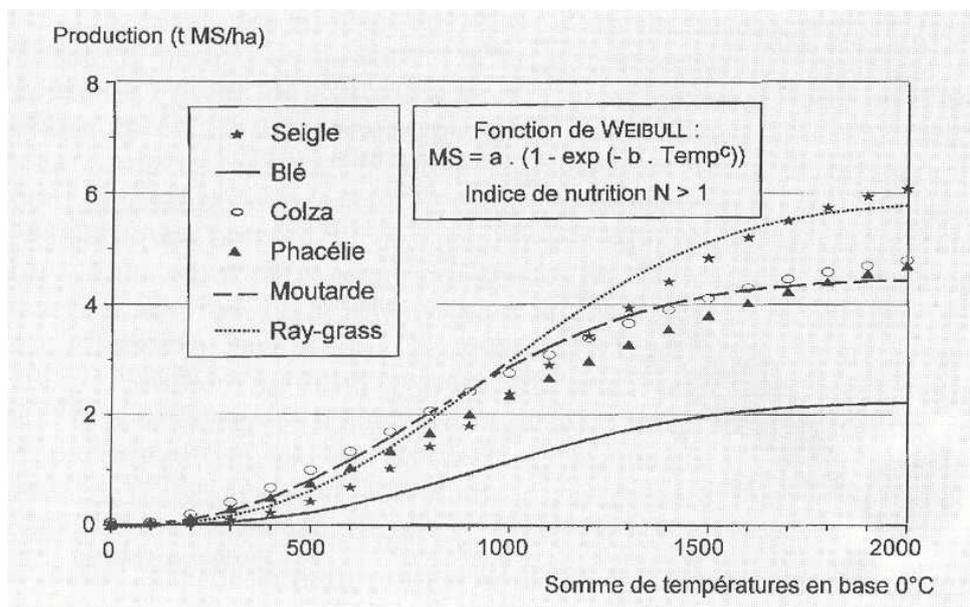
Tableau 2 : Sommes de températures (base 0°C) nécessaires pour obtenir 1,5, 2,0, ou 2,5 t MS/ha de biomasse aérienne avec quelques cultures intermédiaires (d'après Laurent et al., 1995a).

Table 2 : Cumulated temperatures (base 0°C) necessary for obtaining 1.5, 2.0 or 2.5 t DM/ha of above-ground biomass with various intermediate crops (after Laurent et al., 1995a).

Espèce	Objectif de biomasse (t MS/ha)			Vitesse de croissance maximale (kg MS/ha/°j)
	1,5	2,0	2,5	
Vesce	1 023	1 114	1 199	5,87
Ray-grass d'Italie	721	821	914	5,47
Seigle	817	924	1 023	5,27
Moutarde	679	794	911	4,36
Colza	648	787	927	3,63
Radis	658	800	939	3,59
Phacélie	748	899	1 050	3,34
Blé	1 174	1 523		2,15

Figure 5 : Relation entre biomasse aérienne et somme de températures efficaces pour 6 cultures intermédiaires (d'après Laurent et al., 1995a).

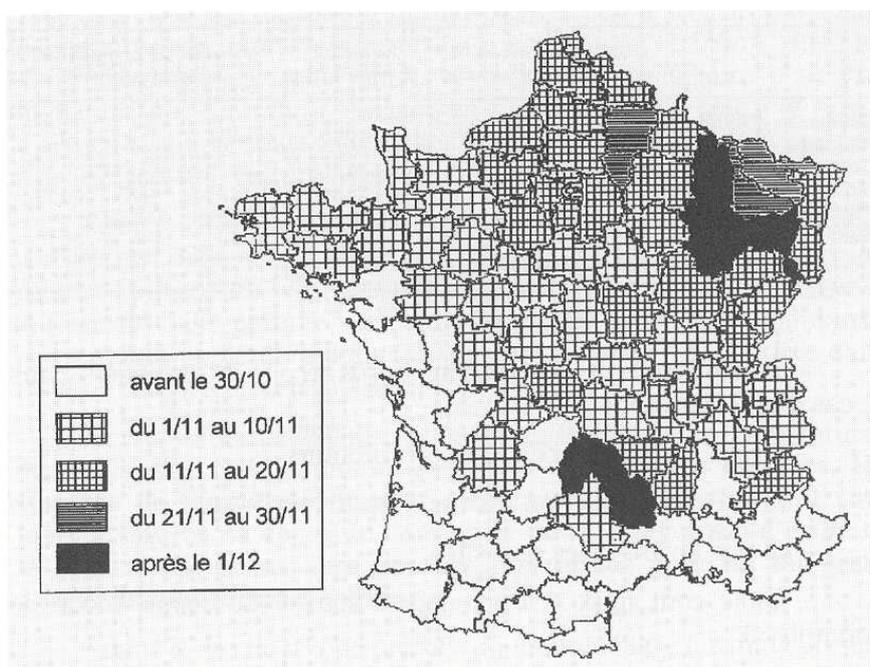
Figure 5 : Relationship between above-ground biomass and cumulated efficient temperatures for 6 intermediate crops (after Laurent et al., 1995a).



A partir de ces modèles, il est possible de calculer la somme de températures nécessaire à l'obtention d'une biomasse aérienne de 1,5, 2,0 et 2,5 t MS/ha, ainsi que la vitesse de croissance maximale (tableau 2). Ainsi, les crucifères (moutarde, radis et colza) requièrent environ 660 degrés à partir du 1^{er} septembre pour atteindre 1,5 t MS et 930 degrés pour atteindre 2,5 t MS/ha. La phacélie a besoin de 100 degrés de plus. Ces espèces atteignent plus rapidement que les autres leur vitesse de croissance maximale, mais celle-ci n'est pas la plus élevée.

Figure 6 : Dates médianes d'obtention de 2,5 t MS/ha pour le ray-grass d'Italie et les crucifères pour une levée le 1^{er} septembre (date de début de la sommation des températures en base 0°C).

Figure 6 : Median dates for the obtention of 2.5 t DM/ha with Italian ryegrass and crucifers for a 1st September shooting (starting date of temperature cumulation, base 0°C).



Les graminées (ray-grass d'Italie et seigle) **présentent une vitesse de croissance plus faible en début de cycle. Leur vitesse de croissance maximale est, en revanche, plus élevée**, mais atteinte tardivement.

Ces modèles permettent de réaliser des analyses fréquentielles sur le critère "somme de températures" compte tenu de l'objectif de production que l'on se fixe. Ainsi, la carte de la figure 6 présente les dates médianes d'obtention de 2,5 t MS/ha pour le ray-grass d'Italie et les crucifères (colza, moutarde et radis). On constate qu'en année médiane, pour une date de levée du 1^{er} septembre, une production de biomasse de 2,5 t MS/ha est atteinte avant le 31 octobre pour le pourtour méditerranéen, le Sud-Ouest, et la bordure atlantique, entre le 1^{er} et le 10 novembre pour les régions allant de la Bretagne et de la Normandie à la région Rhône-Alpes et après le 10 novembre pour le Nord-Est.

Le seigle atteint les 2,5 t MS/ha une dizaine de jours plus tard dans les régions océaniques et une vingtaine, voire trente jours plus tard, dans les régions plus continentales. La phacélie atteint cette production encore plus tard : 10 jours après le seigle.

Ces dates ne sont présentées qu'à titre d'illustration et peuvent être adaptées localement à l'aide de modèles, en fonction, en particulier, du niveau de production des cultures intermédiaires accessible dans la région et des dates de semis prévisibles. Elles donnent surtout une base de la conduite de la culture intermédiaire, en l'occurrence la date de destruction prévisible, *a priori* la plus précoce car les relations sont établies pour des semis précoces (fin août) à partir des situations où l'azote est non limitant.

3. Critères de choix des espèces de cultures intermédiaires

* Critères agronomiques

Afin de jouer pleinement leur rôle de piège à nitrate, les espèces retenues doivent répondre à un certain nombre de caractéristiques :

- implantation rapide,
- facilité d'implantation :
 - avec préparation simplifiée ou sans travail du sol,
 - en situation de manque d'eau et de températures élevées en période estivale,
- reprise rapide de la végétation après récolte du précédent dans le cas d'un semis sous couvert,
- vitesse de croissance élevée à l'automne,
- facilité de destruction (plante détruite par le gel),
- ne pas favoriser les parasites,
- faible coût (prix des semences, densité de semis, mode de conduite...).

Le tableau 3 résume les caractéristiques des principales espèces de couvert utilisables en exploitation (ray-grass d'Italie, colza fourrager, moutarde blanche, phacélie et seigle). Les légumineuses n'ont pas été retenues, bien qu'elles prélèvent autant d'azote que les autres espèces, mais on observe une minéralisation nette sous la culture et la minéralisation extrêmement rapide des résidus après destruction peut provoquer un lessivage de l'azote au cours du printemps avant l'implantation de la culture suivante.

Tableau 3 : Principales caractéristiques de quelques espèces de couverts intermédiaires utilisables en exploitation d'élevage.

Table 3 : Main features of certain plant covers that can be utilized on animal farms.

	Exigences lit* de semences	Rapidité* d'installation	Vitesse de croissance automne-hiver*	Facilité destruction mécanique*	Dose semis (kg/ha)
Ray-grass d'Italie (RGI)	XX	X	XX	X	15-20
RGI sous couvert de maïs	XX	XX	XX	X	15-20
Colza fourrager	XX	XXX	XXX	XXX	8-12
Moutarde blanche	XX	XXX	XXX	XXX**	8-12
Phacélie	XXX	XX	XX	XXX**	10-12
Seigle	X	X	XX	X	130

* x : niveau faible ; xx : niveau moyen ; xxx : niveau fort ; ** plante gélive

* Spécificités liées au système fourrager

Quelles sont les possibilités réelles d'établir des cultures intermédiaires dans les systèmes d'élevage compte tenu de la part des différentes successions de culture laissant un sol nu en hiver ?

Prenons l'exemple d'une rotation basée sur une prairie de 4 ans suivie d'un maïs et d'un blé maïs qui peut connaître divers arrangements dans les surfaces/successions de surfaces annuelles pour s'adapter au système d'alimentation lequel détermine la part précise de maïs dans la SFP (tableau 4). Ainsi, la part de l'interculture maïs - blé diminue au profit d'intercultures maïs - maïs ou blé - maïs dans lesquelles il est possible d'implanter une culture intermédiaire. Dans les systèmes avec un maximum de pâturage, il n'y a pas de possibilité d'implanter une culture intermédiaire entre maïs et blé. A l'inverse, dans les systèmes "tout maïs", la culture intermédiaire peut être implantée sur 55% de la surface en maïs. Quel que soit le système d'alimentation, la quasi-totalité de la surface en blé sera suivie par un couvert (soit une culture intermédiaire, soit une prairie).

Tableau 4 : Effet du système d'alimentation sur la possibilité d'implanter une culture intermédiaire après maïs ou après blé (d'après Le Gall, 1990).

Table 4 : Effect of the feeding system on the possibility of establishing an intermediate crop after maize or after wheat (after Le Gall, 1990).

Système d'alimentation	150 j de pâturage	100 j de pâturage	Silo fermé au printemps	Maïs toute l'année	Tout maïs
Part de maïs dans la SFP (%)	25	40	50	60	80
Prairies retournées (% de la SAU)	13	11	9	9	0
Equilibre maïs / blé	M < B	M ≈ B	M > B	M >> B	M >> B
Maïs avec culture intermédiaire (%)	0	16	53	50	55
Blé avec culture intermédiaire (%)	45	73	55	98	83
Blé avec implantation prairie (%)	40	27	22	0	0

Dans les systèmes d'élevage, les espèces privilégiées pour la couverture hivernale sont le ray-grass d'Italie, le seigle et le colza du fait de leur aptitude au pâturage, mais elles risquent de concurrencer la surface de base pâturée. Les autres espèces (phacélie et moutarde) peuvent être implantées dans les successions maïs / blé situées dans les îlots de parcelles éloignées.

La croissance de la culture dépend de la somme de températures depuis la date d'implantation. Pour des semis après céréales, les sommes de températures pour atteindre 2,5 t MS/ha sont toujours atteintes au cours de l'automne pour le ray-grass d'Italie et le colza. Mais ce ne sera pas toujours le cas pour un ray-grass d'Italie implanté après maïs :

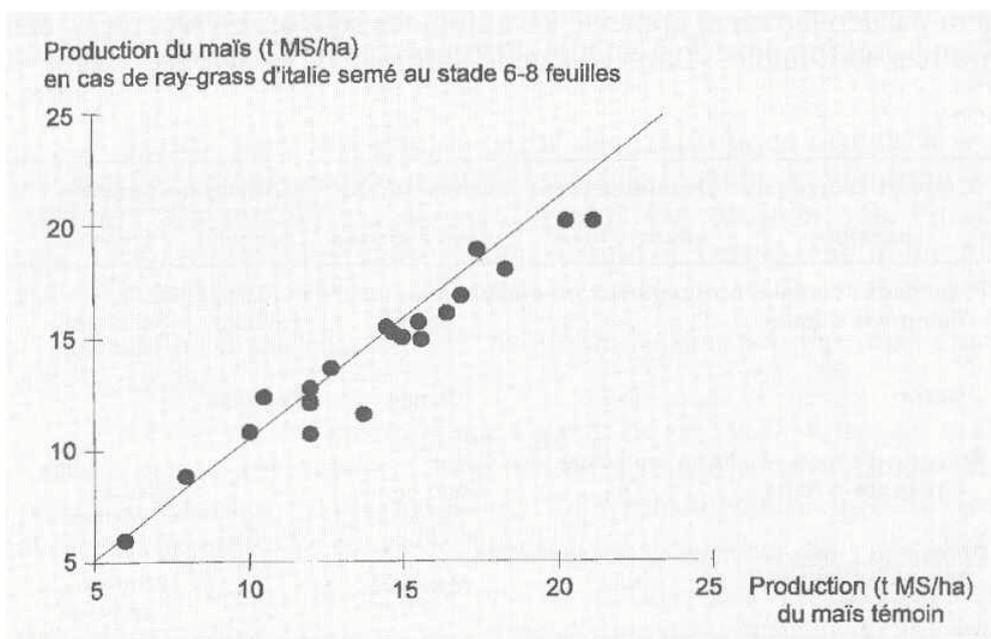
- dans le cas de récolte précoce du maïs ensilage (avant le 20 septembre), il est encore possible de semer le couvert végétal et d'avoir un développement satisfaisant avant l'hiver (bordure atlantique, Sud-Ouest et pourtour méditerranéen) ;

- dans le cas de récolte plus tardive (courant octobre), la croissance de la culture intermédiaire est insuffisante avant l'hiver pour être efficace comme piège à nitrates. Dans ces conditions, il est possible d'implanter la culture intermédiaire au stade 6-8 feuilles du maïs. En conditions arrosées, le développement de la plante installée sous couvert du maïs est faible (production < 500 kg MS/ha lors de la récolte du maïs), mais suffit souvent pour que la plante se développe rapidement sitôt le maïs enlevé. La concurrence pour l'eau et l'azote étant très faible, le semis d'un ray-grass d'Italie sous couvert ne pénalise pas le rendement du maïs comme le montre la figure 7 qui fait la synthèse d'essais menés en Belgique et dans l'ouest de la France par les Chambres d'Agriculture, l'AGPM et l'ITCF.

Dans les situations plus chaudes et séchantes, la réussite est plus aléatoire du fait du déficit hydrique et de l'utilisation de variétés de maïs plus tardives (avec davantage de feuilles), mais c'est aussi dans ces situations que la récolte est précoce avec possibilité de semer le couvert après récolte.

Figure 7 : Effet du ray-grass d'Italie, semé sous couvert au stade 6-8 feuilles du maïs, sur la production de maïs fourrage (d'après Le Gall et al., 1999).

Figure 7 : Effect of Italian ryegrass sown under a cover of maize at the 6-8 leaf stage of maize on the yield of forage maize (after Le Gall et al., 1999).



4. Pièges à nitrates et/ou fourrages d'appoint ?

Le ray-grass d'Italie, le colza fourrager et le seigle sont des espèces cultivables en dérobée comme fourrage d'appoint sur les parcelles proches de l'exploitation. Peut-on concilier leur utilisation comme fourrage sans désorganiser le système fourrager tout en conservant leur fonction de piège à nitrates ? On peut distinguer deux situations (tableau 5) :

– Après une récolte d'été (céréale, protéagineux ou oléagineux), le couvert (ray-grass d'Italie ou colza) se développe rapidement et on peut envisager un ou deux pâturages à l'automne en fonction de la région où l'on se situe. Au printemps, on peut envisager un pâturage précoce ou un ensilage avant l'implantation du maïs.

Tableau 5 : Incidence du couvert sur le captage des nitrates et sur le système fourrager (d'après Le Gall, 1990).

Table 5 : Effect of the plant cover on nitrate trapping and on the forage system (after Le Gall, 1990).

Couvert fourrager possible	Développement avant l'hiver	Efficacité du piège à nitrate	Utilisation possible		Risque de désorganisation du système fourrager
			Automne	Printemps	
Précédent : céréales, protéagineux ou oléagineux , récolté en juillet, août					
Ray-grass d'Italie	Oui	Bonne	Pâturage	Pâturage ou ensilage	Faible à l'automne, moyen pour le pâturage de printemps, important pour un ensilage
Colza	Oui	Bonne	Pâturage	—	Faible mais effet dépressif sur rendement du maïs
Précédent : maïs récolté en septembre (Sud-Ouest)					
Ray-grass d'Italie	Oui	Assez bonne	—	Pâturage ou ensilage	Moyen pour le pâturage, important après un ensilage
Précédent : maïs récolté en octobre (Bretagne)					
Ray-grass d'Italie	Non	Médiocre	—	Pâturage ou ensilage	Moyen pour le pâturage, important après un ensilage

– Après maïs ensilage, la culture s'implante plus lentement et le pâturage d'automne ne s'envisage que très rarement. L'utilisation de ce couvert est plutôt envisageable au printemps en pâturage ou en ensilage. Dans le cas de semis sous couvert, il peut être possible, dans certains lieux, certaines années, d'envisager le pâturage en fin d'automne.

Dans le cas du pâturage d'automne, cela apporte un peu de fourrage vert dans des rations à base d'ensilage de maïs. Mais le pâturage de ces dérobées peut désorganiser le bon déroulement du pâturage des prairies pérennes qui peuvent avoir des repousses importantes à l'automne. Il vaut mieux alors pâturer normalement les prairies pérennes et considérer la dérobée comme un appoint. Cet appoint sera particulièrement apprécié les automnes secs où les repousses des prairies sont faibles. Dans ce cas, le pâturage de la dérobée, même si sa production est faible, permettra d'allonger suffisamment le pâturage d'automne pour ne pas rentrer les animaux de manière anticipée. Ce sera aussi le cas lors d'automnes pluvieux où le piétinement des animaux risque de détériorer, parfois de manière irréversible, les prairies pérennes. Le pâturage de la dérobée soulagera les prairies.

Outre la question posée par la possible désorganisation du système fourrager, le pâturage d'automne, peut générer des fuites d'azote au cours de l'hiver. S'il n'existe pas de données expérimentales sur la question, deux éléments permettent de penser que le rôle de piège à nitrates ne sera plus rempli :

– d'une part, le pâturage interviendra lorsque la production de matière sèche atteint 1 t à 1,5 t MS/ha, soit entre le 20 et le 31 octobre en année médiane (figure 8). On a vu plus haut qu'à ce niveau de production, la plante n'a pas absorbé la totalité de l'azote présent dans le profil ;

– d'autre part, une grande partie des restitutions urinaires sera potentiellement disponible pour le lessivage, comme le montrent les résultats obtenus sur prairie par Cuttle et Bourne (figure 9). Plus le pissat est tardif et plus la proportion d'azote de l'urine restant dans le sol est importante ;

– enfin, la part d'azote qui risque de lessiver va dépendre aussi du chargement.

Figure 8 : Dates médianes d'obtention de 1,5 t MS/ha pour le ray-grass d'Italie et les crucifères pour une levée le 1^{er} septembre (date de début de la sommation des températures en base 0°C)

Figure 8 : Median dates for the obtention of 1.5 t DM/ha with Italian ryegrass and crucifers for a 1st September shooting (starting date of temperature cumulation, base 0°C).

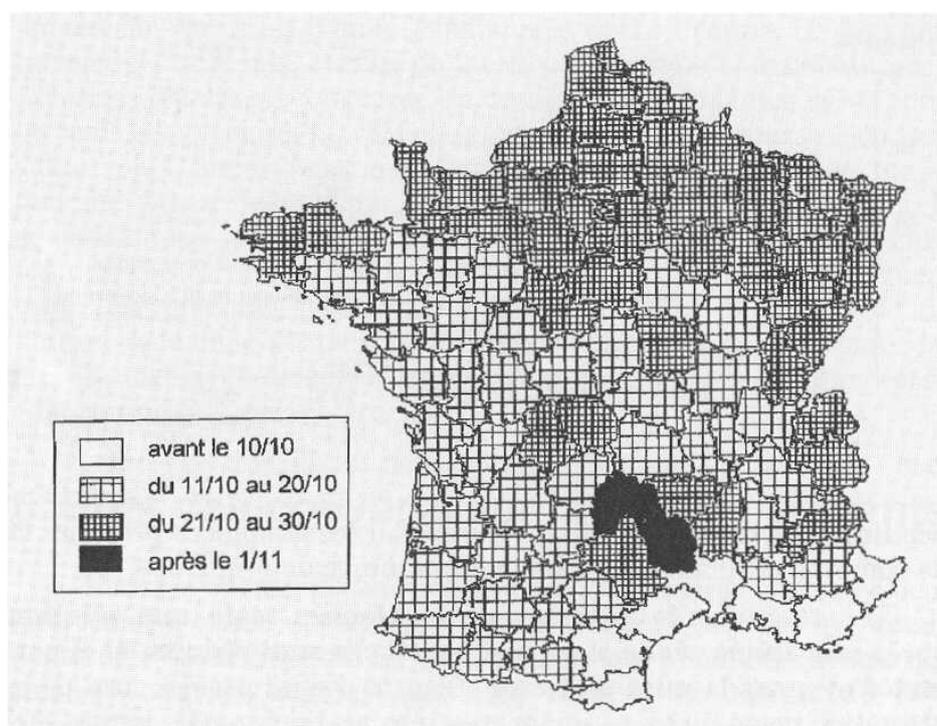
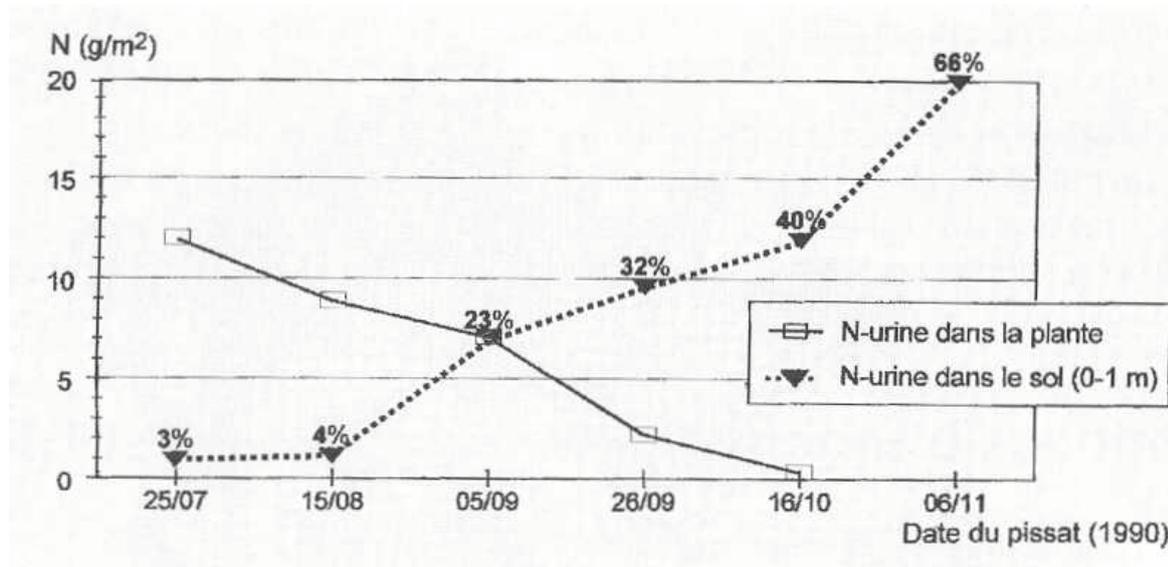


Figure 9 : Devenir de l'azote d'un pissat (apport de 30 g N/m²) selon sa date d'émission (quantités retrouvées le 16/11/1990 ; Cuttle et Bourne, 1993).

Figure 9 : Fate of the nitrogen from a urine patch (supplying 30 g N/m²) according to date of emission (amounts retrieved on 16/11/1990 ; Cuttle and Bourne, 1993).



Un essai va être mis en place à partir de l'été 2000 à la station de Kerlavic (EDE du Finistère) pour mesurer, entre autres, l'effet d'un pâturage d'automne d'un ray-grass d'Italie intermédiaire après blé sur le niveau de fuites au cours de l'hiver.

Au printemps, la dérobée peut se pâturer une ou deux fois en mars et avril mais, là encore, en année normale, le pâturage de la dérobée risque de retarder la mise à l'herbe sur les graminées pérennes et de compromettre ainsi la réussite du pâturage de printemps.

En revanche, le pâturage de la dérobée reste une solution après une année sèche alors que les stocks sont réduits, et il permet d'avancer la mise à l'herbe. D'autre part, il permet, lorsque la végétation des prairies pérennes n'est pas au rendez-vous (année tardive), de sécuriser la mise à l'herbe par la mise à disposition d'une surface additionnelle.

Dans le cas de l'ensilage du ray-grass d'Italie intermédiaire avant maïs, ce n'est pas la fonction de piège à nitrates qui est remise en cause puisqu'il couvre le sol tout l'hiver, mais c'est l'effet d'une récolte tardive sur la production du maïs qu'il faut envisager. En effet, afin de "rentabiliser" l'opération d'ensilage du ray-grass d'Italie, l'éleveur aura tendance à vouloir récolter un maximum de matière sèche et retardera le plus possible sa récolte. Dans ce cas, la culture du ray-grass d'Italie prélève une partie de l'eau du sol et appauvrit la réserve hydrique. Le maïs est alors pénalisé par un déficit hydrique précoce, hormis en cas de printemps pluvieux. De plus, l'ensilage du ray-grass d'Italie peut retarder la date de semis du maïs (0,5 t MS par ha et par semaine de retard sur le rendement du maïs), sans parler des risques de matraquage du sol lors d'ensilage réalisé en condition humide.

La synthèse de nombreux essais en Bretagne, Pays-de-la-Loire et Aquitaine montre bien l'effet de cette pratique (tableau 6). En année normalement arrosée, le bilan de production tourne à l'avantage de la succession ray-grass d'Italie / maïs, près de 14 t contre 10 pour une même date de semis, et plus de 2 t de plus lorsque le maïs suivant le ray-grass d'Italie est semé avec un décalage de 3 semaines par rapport au maïs semé sur sol nu. Si l'on intègre les pertes en cours de conservation plus importantes sur l'ensilage de ray-grass d'Italie, et sa moindre valeur énergétique, le bilan énergétique est en faveur de la succession ray-grass d'Italie / maïs (+ 1 500 à + 2 000 UFL). Compte tenu du coût de la culture de ray-grass d'Italie, du travail supplémentaire, des difficultés pour récolter la dérobée dans de bonnes conditions et de la difficulté pour réaliser un ensilage d'herbe de bonne qualité, il est difficile de conseiller l'ensilage du ray-grass d'Italie dérobé comme une pratique habituelle.

Tableau 6 : Rendement du maïs (t MS/ha) précédé ou non d'un ray-grass d'Italie intermédiaire (RGI), selon la date de semis, et bilan fourrager comparatif (UFL/ha ; d'après Le Gall, 1990).

Table 6 : Yield (t DM/ha) of a maize crop following or not following an Italian ryegrass intermediate crop (RGI), according to sowing date and comparative forage estimate (UFL/ha : Feed Unit for milk per ha ; after Le Gall, 1990).

Même date de semis				Date de semis décalée (3 semaines)			
Maïs après sol nu	Maïs après RGI		Solde UFL **	Maïs après sol nu	Maïs après RGI		Solde UFL **
	Maïs	RGI*			Maïs	RGI*	
33 essais en Bretagne et Pays-de-la-Loire (ITCF-EDE-CANA, 1974-1978)							
10,1	9,55	4	+1 980	10,1	8,2	4,5	+1 550
28 essais en Aquitaine (AGPM-ITCF-EDE-GIE Elevage Aquitaine, 1986-1989)							
				17,1	15,4	4,5	+1 400

* Hypothèse de rendement
 ** Bilan fourrager : Rendement Maïs après RGI + Rendement RGI - Rendement Maïs sans RGI après déduction des pertes de conservation (15 % pour l'ensilage de maïs et 25 % pour l'ensilage d'herbe) et conversion en UFL (ensilage de maïs : 0,90 UFL/kg MS ; ensilage d'herbe : 0,80 UFL/kg MS)

5. Effet des couverts sur la culture suivante

Nous l'avons vu, la destruction d'un couvert piège à nitrates peut intervenir tôt et son utilisation comme fourrage ne doit pas trop retarder sa date de destruction. En effet, pour ne pas pénaliser le maïs qui suit, le couvert végétal doit être récolté ou détruit de 3 à 4 semaines avant la date optimale de semis du maïs. La destruction peut être mécanique ou chimique. Dans le cas d'une destruction chimique, il est souvent nécessaire de broyer la masse végétale avant l'enfouissement pour éviter les sols "creux" préjudiciables à l'implantation du maïs.

Enfin, l'effet azote de ces couverts est non négligeable et il serait souhaitable d'en tenir compte dans la fertilisation azotée de la culture suivante. Cet effet azote dépend de l'espèce, de sa teneur en azote et de la date de destruction (tableau 7) mais est en moyenne de l'ordre de 20 kg N/ha.

Tableau 7 : Effet azote des couverts : influence de la date de destruction en fonction de l'espèce et de sa teneur en azote (d'après Laurent et al., 1995b).

Table 7 : Nitrogen effect of plant covers : effect of destruction date according to crop species and to N content (after Laurent et al., 1995b).

Période de destruction	Novembre - décembre		Janvier	
	Teneur N du couvert (%)	Effet azote (kg N/ha)	Teneur N du couvert (%)	Effet azote (kg N/ha)
Seigle	< 2,0	0	< 3,0	0
	> 2,0	10 - 20	> 3,0	20 - 30
Ray-grass d'Italie	< 2,0	10 - 20	< 3,0	10 - 20
	> 2,0	25	> 3,0	20 - 30
Phacélie		0 - 10		10 - 20
Moutarde		0 - 10	< 3,5	0 - 10
			> 3,5	20 - 40

Conclusion

Les cultures intermédiaires sont incontestablement un moyen très efficace pour limiter les fuites d'azote, pour peu qu'elles soient suffisamment développées au moment du démarrage du drainage. Le choix d'une espèce adaptée aux conditions locales et un semis précoce sont deux des facteurs de réussite.

L'utilisation de ces espèces comme fourrage ne doit pas faire oublier leur fonction première : limiter le transfert de l'azote en profondeur. Leur utilisation fourragère reste possible à condition que leur place soit raisonnée dans le système fourrager ou qu'elles servent de fourrage d'appoint en cas de pénurie.

Le pâturage d'automne des cultures intermédiaires risque d'annuler l'effet recherché de piège à nitrates par l'effet des pissats. Au printemps, l'utilisation de ces couverts se fera de préférence par un pâturage précoce pour éviter un effet négatif sur le maïs qui suit.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.
"Fourrages annuels et environnement",
les 28 et 29 mars 2000.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CORPEN (1991) : "Interculture : Gérer l'interculture pour limiter les fuites de nitrates vers les eaux". Brochure CORPEN – Ministère de l'Agriculture et de la Forêt – Ministère de l'Environnement. 40 pages.

Cuttle S.P., Bourne P.C. (1993) : "Uptake and leaching of nitrogen from artificial urine applied to grassland on different dates during the growing season", *Plant and soil*, 150, 77 – 86.

EDE Finistère, ITCF (1995 à 1999) : *Maîtrise de la lixiviation du nitrate dans un système de cultures : Influence dans une rotation maïs - blé d'une culture intermédiaire après blé*, documents internes.

Laurent F., Machet J.M., Pellot P., Trochard R. (1995a) : "Cultures intermédiaires pièges à nitrates : comparaison d'espèces", *Perspectives Agricoles*, 206, *Azote et interculture*, XXXVIII - XLIX.

Laurent F., Taureau J.C., Lambert M., Fontaine A., Bonnefoy M. (1995b) : "Gestion de l'interculture : approche au champ des effets sur la culture suivante", *Perspectives Agricoles*, 206, *Azote et interculture*, LII - LXII.

Le Gall A. (1990) : "Le couvert végétal : intérêts et contraintes dans les exploitations bovines", *Colloque technique Institut de l'Élevage : L'élevage et l'environnement*, 20 octobre 1990.

Le Gall A., Legarto J., Cabaret M.M., Chambaut H. (1999) : "Excédents des minéraux des systèmes d'élevage bovin et réduction des flux d'azote à l'échelle de l'exploitation", *Journée technique Institut de l'Élevage : Les éleveurs de ruminants acteurs de la qualité de l'eau*, 16 octobre 1999, 17 - 48.

Machet J.M., Recous S. (1995) : "La gestion de l'interculture : une nécessité pour limiter le lessivage des nitrates", *Perspectives Agricoles*, 206, *Azote et interculture*, IV - VIII.

SUMMARY

Intermediate forage crops : nitrate traps and additional forages ?

Plant covers established between two crops are a means of trapping nitrogen present in the soil in autumn and of limiting nitrate leachings during winter. Some recent experiments established the relationships between the kinetics of nitrogen absorption and the growth kinetics of a number of crops used as nitrate traps. Growth models set up according to cumulated temperatures gave a means of estimating the possible dates of crop destruction for a given species and for a given region. The utilization of these intermediate nitrate-trapping crops as a feed resource for livestock may however bring about changes that will affect the correct working of the forage system and the efficiency of the nitrate trap itself, or also damage the subsequent crop.