

# ITADA PROJET N°7

**Jachère tournante :**  
dynamique de l'azote en parcelles de jachère tournante avec et sans couvert végétal

## RAPPORT FINAL 1994-1995

### Organismes réalisateurs :

<b>Chef de projet :</b>	Rémi KOLLER ARAA - Schiltigheim
<b>Partenaire :</b>	Georg KANSY RP - Freiburg
<b>Organismes associés :</b>	F : SUAD de la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin D : ALLB Freiburg

### 1. Introduction

L'union européenne a introduit le gel des terres arables en 1993, comme instrument de régulation des marchés pour les céréales et oléagineux.

Au delà de son impact économique, le gel de terre se traduit par la mise en jachère de parcelles de terres labourables pour des durées de quelques mois à plusieurs années, et des conséquences agronomiques certaines mais méconnues, la jachère étant une pratique oubliée depuis longtemps par les agriculteurs et leurs conseillers.

C'est ainsi que s'est trouvé posé en 1993 un ensemble de questions concernant le semis, la maîtrise de la croissance du couvert végétal et des risques de salissement, la destruction du couvert et la remise en culture, malgré la définition d'un certain nombre de règles techniques d'application obligatoire (cf. encadré 1). Dans un contexte de lutte contre les risques de fuites de nitrates d'origine agricole sur l'ensemble du fossé rhénan, la connaissance de la dynamique de l'azote nitrique sous les parcelles en jachère s'est également ajoutée à ces questions. D'autant que les taux de gel et partant, les surfaces en jachère, représentent des surfaces importantes à l'échelle du paysage, (cf. encadré 2) et pèsent potentiellement sur la qualité de l'eau fabriquée par l'ensemble des surfaces agricoles.

Les questions concernant l'implantation et la maîtrise de la croissance des couverts végétaux ont été étudiées par l'ITCF et les services de développement des chambres d'agriculture d'Alsace dès 1993.

L'encadré 3 résume les préconisations établies par la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin issues de l'observation de plusieurs sites de 1993 à 1996, hors programme ITADA.

### **Encadré 1 : les règles techniques obligatoires de conduite de la jachère**

#### **- couverture du sol :**

- . **sol nu** : la parcelle doit être entretenue sans repousse par un travail du sol régulier. Cette disposition n'a été autorisée qu'une seule année, en 1993, et seulement en France.
- . **repousses spontanées** : on laisse venir la végétation spontanée après la récolte de la culture précédente, repousses ou adventices. Possible uniquement pour la jachère tournante.
- . **couvert semé** : on sème une espèce ou un mélange au choix parmi une liste d'espèces autorisées. Seule possibilité pour la jachère fixe.

#### **- entretien :**

- . broyage, fauche sans conditionnement (mise en balle), ou désherbage chimique selon une liste de matières actives autorisées, mais seulement pour les couverts semés.

#### **- durée et dates limites :**

- . pour l'entretien : du 15 janvier au 31 août.
- . pour le travail du sol superficiel : à partir du 15 juin, en laissant des traces du couvert végétal implanté.
- . pour le labour : à partir du 15 juillet avec déclaration administrative si implantation d'un colza ou d'une prairie temporaire, sinon après le 31 août.
- . cas particulier de la jachère faune sauvage : pas d'intervention mécanique entre le 25 avril et le 15 juillet.

### **Encadré 2 : Historique du gel et surfaces en jachère**

	Taux de gel P.A.C. en % de SCOP		Surface gelée Bas-Rhin	Jachère Bas-Rhin	Jachère Bade- Wurtemberg
	Jachère tournante	jachère fixe			
1993	15 %	-	13 000	13 000	89 000
1994	15 %	20 %	16 500	16 100	76 000
1995	12 %	17 %	17 200	14 000	73 000
1996	5 %	?		10 400	60 800

La différence entre surfaces gelées et surfaces en jachère représente la surface consacrée aux cultures industrielles (colza principalement).

**Encadré 3 : Les conseils concernant l'implantation et la maîtrise des surfaces en jachère**

(extraits de "Trajectoire 67", bulletin d'information agricole édité par la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin).

**1. Le choix du couvert végétal**

Il est fonction à la fois du type de jachère, envisagé - annuelle ou longue durée - et de l'usage ultérieur de la parcelle.

**Tableau 1****Choisir son couvert végétal en fonction de son utilisation**

Durée de la jachère	Utilisation par l'agriculteur	Couverts conseillés	Intervention conseillée	
			1ère année	2e année
Jachère longue	. Eleveur avec utilisation du couvert	Dactyle 10 kg + TBN 5 kg RGA 1 + kg + TBN 4 kg	1 fauche fin juin mise en bout de parcelle	1 fauche fin juin mise en bout de parcelle
	. agriculteur qui ne désire pas utiliser le fourrage en automne, qui veut un minimum de travail et préserver agronomiquement la parcelle	Dactyle 10 kg + TBN 5 kg RGA 14 kg + TB nain 4 kg RGA 6 kg + FRT 6 kg + FO 3kg RGA 7 kg + FRT 5 kg + TB nain 4 kg RGA 15 kg	1 broyage à l'automne  1 broyage en automne	2 broyages (juin-septembre)  1 à 2 broyages suivant la pousse
Type de jachère	. Eleveur avec utilisation du couvert	RGI 15 kg RGI 14 kg + TBN 4 kg RGI 14 kg + TV 4 kg	1 fauche fin juin mise en bout de parcelle	1 fauche fin juin mise en bout de parcelle
Jachère courte (annuelle)	. Agriculteur qui ne désire pas utiliser le fourrage en automne, qui veut un minimum de travail et préserver agronomiquement la parcelle	culture industrielle  * Moutarde 10 kg + TV 4 kg * Phacélie 10 kg + TV 4 kg  * Navette d'hiver 12 kg * Trèfle de Perse 12 kg	récolte  1 broyage mi-juillet  aucune intervention	récolte  1 broyage à l'automne puis labour  Re-semis pas d'intervention
TBN = trèfle blanc nain TV = Trèfle violet		RGA = ray grass anglais  FRT = fêtuque rouge traçante	FO= fêtuque ovine  RGI= ray grass d'Italie	* semis de printemps uniquement

## **2. Semis d'été ou semis de printemps ?**

En été, derrière céréales à paille ou colza, l'implantation est conditionnée par la pluviométrie après le semis. Le couvert végétal peut jouer un rôle de piège à nitrates au cours de l'automne.

Bien implanté, le couvert passe d'autant plus facilement l'hiver qu'il est semé tôt. La préparation du sol exige un minimum de soins. Dans la plupart des situations, le déchaumage est recommandé ou à défaut un travail superficiel pour assurer un bon mélange des résidus de récolte et de la terre. Cette opération peut être remplacée par un labour peu profond. Elle est immédiatement suivie du semis après émiettement. Le roulage est indispensable pour assurer une levée homogène qui reste tributaire de la pluviométrie.

La date de semis est prépondérante dans la réussite du semis. Pour la plupart des espèces, la date optimale se situe dans la 2<sup>e</sup> quinzaine du mois d'août. Seul le raygrass d'Italie, grâce à sa vigueur d'implantation, peut se semer jusqu'à début septembre. Les graminées à faible vitesse d'installation (fétuque rouge, dactyle, fléole) sont impérativement à semer en août.

Au printemps, le même couvert s'implante plus facilement et plus rapidement. Il nécessite une seule intervention dans la première saison de croissance, au lieu de deux quand il a été semé à l'automne. La gamme des espèces possibles pour un semis de printemps est plus large qu'en automne (possibilité de semer phacélie, moutarde, trèfle de perse,...).

Par ailleurs, le semis de printemps peut répondre à une prise de décision tardive concernant la mise en place du gel.

## **Désherbage chimique ou entretien mécanique ?**

Le désherbage chimique est souvent complémentaire du travail mécanique, pour maîtriser les mauvaises herbes au moment de l'installation du couvert ou sur les jachères spontanées.

L'utilisation à des stades précis, des produits autorisés permet de réguler la végétation du couvert semé. La pousse végétative est freinée environ 35 jours tout en maîtrisant les mauvaises herbes, en particulier les vivaces.

En général, une intervention suffit. L'intervention chimique doit être alternée avec le broyage. L'entretien chimique est avantageux sur le plan du travail et de la protection de la faune sauvage.

Il nécessite un suivi régulier des parcelles pour déterminer le stade optimum d'intervention.

Enfin les coûts sont inférieurs à l'intervention mécanique.

**Tableau 2****Stade d'intervention, produits et dose**

<b>Espèces</b>	<b>Stade optimal</b>	<b>Stade ultime</b>	<b>Nb de jours de trait. possible</b>	<b>Produit/dose commentaire</b>
RGA-RGI Fétuque rouge	Montaison : épis à 7-8 cm ou 20-30 cm de haut	gonflement	15-20 jours	<b>Sting ST 1,5 l/ha ou Sting ST 11 + Allié 10 g/ha</b>
Trèfle blanc, violet, incarnat	Tout début floraison	Pleine floraison	10-15 jours	Sting St à 1,5 l/ha a plutôt une action freinante de la végétation alors que
Phacélie	Bouton dégagé	1ères fleurs	5-6 jours	Sting + Allié freine et désherbe davantage.
Moutarde	Bouton 1ère pétale	quelques fleurs	2-3 jours	L'inconvénient est que Allié risque d'être phyto sur les trèfles.

Pour ce qui concerne l'incidence du mode de conduite de la jachère sur le risque de fuites de nitrates d'origine agricole, une comparaison de différents modes d'entretien de la jachère sur la base d'un indicateur simple (mesure des quantités d'azote minéral dans le sol sur 90 cm de profondeur au courant du mois d'août) a permis dès 1993 d'assoir l'hypothèse d'un risque maximal attaché à la variante "maintient en sol nu" (cf. encadré 4).

**Encadré 4 : Essais "jachère" 1993 : comparaison des quantités d'azote minéral présentes dans le sol en août sous différents types de jachère.**

(essais ARAA. ITCF, Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin, Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin)

Ces mesures ont été réalisées en août 1993 sur 3 essais ayant suivi le même protocole mais implantés sur des types de sol très différents : on compare la jachère nue à 3 couverts différents semés au printemps, moutarde, phacélie et ray grass italien.

**Sous jachère nue**, la moyenne des mesures de reliquats est de **174 U/ha**. Sous moutarde, elle est de 66 U/ha. Sous phacélie, elle est de 64 U/ha et sous ray-grass italien, elle est de 38 U/ha. Cela montre que **la jachère nue présente un risque écologique élevé** : les nitrates produits par la minéralisation de la matière organique du sol ne sont pas consommés. Ils sont disponibles pour le lessivage automnal et hivernal. **L'implantation d'un couvert permet de réduire fortement ce risque.**

Par ailleurs, la quantité d'azote minérale disponible en août semble varier selon la nature de l'espèce implantée.

Les essais étaient implantés :

- à Elsenheim (67) sur ried brun caillouteux
- à Geudertheim (67) sur sol alluvial argileux à gley
- à Réguisheim (68) sur sol de la plaine de l'Ill.

**Tableau 3**

**Quantités d'azote minéral mesurées sous jachère en août 1993 (kg d'azote/ha)**

<b>Couvert</b>	<b>Elsenheim</b>	<b>Geudertheim</b>	<b>Réguisheim</b>	<b>Moyenne</b>
Jachère nue	128	165	230	174
Moutarde	43	100	55	66
Phacélie	55	88	48	64
R.G.I.	32	48	34	38

## 2. Etat des lieux : questions posées et hypothèses

Les hypothèses générales concernant la dynamique de l'azote en régime de jachère ont été décrites par T. DORE et A. CAPILLON<sup>1</sup>.

Le travail prévu dans le cadre de notre projet visait en effet à répondre aux 2 questions formulées par ces auteurs :

" - dans quelle mesure les parcelles gelées risquent-elles de contribuer à une pollution nitrique, pendant ou après la période de gel ?

- quelles sont les quantités disponibles et les vitesses de libération d'azote minéral derrière jachère ?".

Les éléments disponibles conduisent ces auteurs à distinguer sur la durée de la jachère 3 périodes relativement homogènes du point de vue des flux d'azote.

### **"a - Période automne/hiver**

*L'azote minéral présent dans le sol au début de la période de drainage dépend de l'histoire de la parcelle - (à travers les quantités d'azote minéral à la récolte de la culture précédente) et des conditions de minéralisation automnale, et des capacités d'absorption de l'éventuel couvert en croissance.*

*Ainsi, les risques de lessivage de nitrates peuvent être importants, même si un couvert a été implanté.*

*Pour une quantité d'azote minéral présent en début d'hiver, le risque dépendra ensuite des caractéristiques climatiques hivernales, et de la nature du sol (profondeur et effet sur la forme d'azote minéral la plus présente). L'intérêt d'un semis d'automne, même si la quantité d'azote absorbée avant l'hiver est faible, se discute aussi en fonction de son impact en fin de période, puisqu'il permet une reprise de l'absorption d'azote plus rapide que pour des semis de printemps généralement tardifs.*

### **b - Période printemps/été**

*Pendant cette période où le drainage est en principe nul et la minéralisation nette importante, l'essentiel des différences entre parcelles gelées du point de vue de la dynamique de l'azote réside dans les capacités d'absorption du couvert.*

*Les quantités d'azote minéral du sol en été sont cependant variables d'une expérimentation et d'une espèce à l'autre, vraisemblablement du fait des différences d'entretien du couvert liées à l'espèce (on broie une moutarde mais pas une navette), mais également au niveau d'infestation, très variable, en adventices.*

### **c - Période automnale**

*C'est la période de gestion de l'azote la plus délicate. En cas de jachère longue précédant une culture de printemps, le risque de drainage diminuera d'autant plus que l'on parviendra à garder le couvert en place, ce qui n'est pas toujours possible (couverts gélifs, destruction nécessaire pour des raisons de risques de salissement excessifs ou des impératifs de travail du sol). En cas de culture d'automne et particulièrement de céréale suivant la jachère, les quantités importantes stockées temporairement dans les couverts sont "libérées" à une période où les besoins du peuplement sont faibles et l'excédent climatique important.*

### Cas de la jachère fixe

*Du point de vue de la libération d'azote après remise en culture, le modèle "prairie temporaire" peut être utilisé : les espèces semées - obligatoires en gel fixe - sont identiques ou voisines, la durée d'utilisation des parcelles comparable. Les conséquences qui en découlent pour la fertilisation des cultures suivantes,*

<sup>1</sup>T. DORE, A. CAPILLON, 1995

Amélioration et entretien de la fertilité des sols soumis à la jachère. "Analyser et fertiliser en toutes connaissances, 2ème rencontre de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre".

J.C. IGNAZI et P. RIOU - COMIFER et GEMAS - Paris. p 43- 52.

intégrées dans des tableaux de minéralisation des résidus de récolte peuvent sans trop de risque être étendues aux parcelles gelées. Le test de la validité de cette extrapolation mériterait toutefois d'être réalisé : les seuls facteurs de variation pris en compte dans ces tables, qui n'ont guère évolué depuis 20 ans, sont l'âge de la prairie et la date de retournement.

En ce qui concerne les risques de lessivage d'azote, et bien que les espèces que l'on conseille d'implanter en jachère fixe soient pratiquement toutes des fourragères, on se situe ici évidemment dans un cas où, en l'absence d'exportation, les connaissances relatives aux prairies temporaires trouvent rapidement leurs limites ; les friches ou les landes constitueraient un meilleur modèle, mais très peu étudié de ce point de vue.

On en est ainsi réduit, à faire sur les risques de lessivage pendant la période de gel les hypothèses très générales suivantes :

- à priori, toutes choses égales par ailleurs, ce sont les situations où les apports exogènes d'azote sont les plus importants, donc pour des couverts de légumineuses, que les risques d'exportation d'azote en-deçà de la profondeur d'enracinement sont les plus forts ;

- les couverts à enracinement peu profond augmentent les risques ;

- parallèlement, toute conduite qui tend à faire coïncider une minéralisation importante des résidus de l'entretien avec de faibles prélèvements et des pluviométries abondantes (par exemple une fauche en fin d'été-automne d'organes à faible rapport C/N) accroît les risques.

Notons enfin qu'une parcelle soumise au gel fixe peut être, si les conditions - fonctions de sa localisation - sont propices, un lieu de dénitrification non négligeable comme peut l'être la prairie, tant au cours du gel qu'au moment du retournement".

Ainsi, un dispositif d'étude des conséquences de la jachère du point de vue du comportement de l'azote doit être bâti en contrôlant les éléments figurant dans le schéma suivant (Figure 1)

- . Choix de l'espèce
- . Technique d'implantation
- . Technique de destruction du couvert
- . Date de destruction
- . Modalités de semis

<b>AVANT</b>	<b>I</b>	<b>PENDANT</b>	<b>D</b>	<b>APRES</b>
- culture précédente  - fertilisation N et conséquence sur l'azote du sol	<b>M</b>	N absorbé par le couvert	<b>E</b>	répercussion sur la structure selon mode de destruction - rythme de libération de l'azote absorbé par le couvert détruit
	<b>P</b>		<b>S</b>	
	<b>L</b>		<b>T</b>	
	<b>A</b>	N dans le sol	<b>R</b>	
	<b>N</b>		<b>U</b>	
	<b>T</b>	N lessivé	<b>C</b>	
	<b>A</b>		<b>T</b>	
	<b>T</b>		<b>I</b>	
	<b>O</b>		<b>O</b>	
	<b>N</b>		<b>N</b>	

**RESULTATS ATTENDUS**

Conseils sur les espèces et les techniques

Conseils pour l'implantation de la culture et pour sa fertilisation azotée

### 3. Travaux réalisés

#### 3.1. Dispositifs d'études

Dans le cadre du programme ITADA 1 1994-1995, les dispositifs d'étude mis en place ont été les suivants :

##### 3.1.1. Systèmes de culture et jachères étudiés

Les systèmes de culture étudiés sont au nombre de 3, représentatifs des systèmes les plus fréquemment rencontrés.

2 en jachère tournante

\* - blé - jachère - maïs (durée de la jachère : 21 mois) à **Buggingen** près de Müllheim (D)

\* - maïs - jachère - maïs (durée de la jachère : 18 mois) à **Biengen** près de Bad Krozingen (D)

1 en jachère fixe

\* à **Hohfrankenheim** (F/Bas-Rhin)

Les types de couverts étudiés sont décrits en détail dans le tableau descriptif de chaque site d'essai.

**Tableau 4** : Modalités d'étude de la jachère tournante sur le site de **Buggingen** (D)

- précédent : blé, paille... , récolté le 26 juillet 1994.

- type de sol : sol brun limono-sableux

Traitement jachère	Date et mode de semis	Destruction du couvert et semis du maïs 1996 (maïs en témoin sans engrais azoté)
Mélange SEDAMIX (Nungesser) - raygrass anglais 70 % - raygrass d'Italie 30 %	<b>Été 1994</b> 20 kg/ha en sous-semis dans le blé le 14/07/1994 par épandeur pneumatique.	C R O I S E  Itinéraire classique : après retournement le 28/02/1996, travail superficiel à la herse rotative puis semis le 30/04/1996.  Semis direct le 30/04/1996 avec destruction chimique au glyphosate (ROUNDUP, 5 l/ha) le 02/05/1996.
Mélange légumineuse - trèfle violet 33 % - trèfle blanc 66 %	<b>Été 1994</b> 22 kg/ha semé le 29/07/1994 avec un combiné herse rotative semoir	
Mélange graminée légumineuse - trèfle blanc - raygrass	<b>Été 1994</b> 15 kg/ha semé le 29/07/1994 avec un combiné herse rotative semoir	
Repousses spontanées		

**Tableau 5** : Modalités d'étude de la jachère tournante sur le site de **Biengen (D)**

- précédent : maïs, tiges ..., récolté le
- type de sol

Traitement jachère	Date et mode de semis	Destruction du couvert et semis du maïs 1996 (maïs en témoin sans engrais azoté, avec sous semis)
Mélange SEDAMIX (Nungesser) - raygrass anglais 70 % - raygrass d'Italie 30 %	<b>Été 1994</b> 20 kg/ha en sous-semis dans le maïs le ...	C R O I S E  Itinéraire classique : après retournement.  Semis direct le après destruction chimique au glyphosate (ROUNDUP).
Mélange crucifères - moutarde - radis oléifère	<b>Printemps 1995</b> 12 kg/ha le 15/04/1995 après labour.	
Mélange graminée légumineuse - trèfle blanc - raygrass	<b>Printemps 1995</b> 15 kg/ha le 15/04/1995 après labour.	

**Tableau 6** : Modalités d'étude de la jachère longue durée sur le site de **Hohfrankenheim (F/Bas-Rhin)**

- Précédent :
- Type de sol : limon argilo-sableux calcaire à calcique, sain, sur marne à 90 cm.

Traitement jachère	Date, mode de semis et taux de couverture <sup>2</sup>	Comportement 1995	Comportement 1996
Mélange graminées - fétuque rouge traçante - fétuque ovine 20 % - ray grass anglais 40 %	<b>Automne 1994</b> 15 kg/ha le 06/09/1994 15/40/70	Implantation lente. Beaucoup d'adventices au printemps, 1 entretien suffit.	Couvert toujours bien présent. 1 broyage à l'automne suffit.
Mélange graminée-légumineuse - ray grass d'Italie 75 % - trèfle violet 25 %	<b>Automne 1994</b> 15 kg/ha le 06/09/1994 40/100/90	Implantation rapide et soutenue nécessite 2 passages d'entretien.	nécessite 2 passages, régression du RGI en 2ème année
Graminée pure - ray grass d'Italie non alternatif	<b>Printemps 1995</b> 70/100/70	plante vigoureuse	régresse
Graminée pure - ray grass Anglais gazonnant	<b>Printemps 1995</b> 30/80/80	implantation lente et pas complète	
Mélange graminée légumineuse - raygrass anglais 70 % - trèfle violet 30 %	<b>Printemps 1995</b> 70/100/100	implantation rapide et bonne couverture	le RGA régresse
Moutarde	<b>Printemps 1995</b> 50/50/0	implantation très rapide, bon pouvoir étouffant sur les adventices.	Re-semée mai 1996 retournée oct. 1996

<sup>2</sup> Taux de couverture mesuré  
le 20/06/95 pour les semis de printemps  
le 20/09/95 pour les semis de printemps  
le 04/06/96 pour les semis de printemps

le 08/12/94 pour les semis d'automne  
le 17/05/95 pour les semis d'automne  
le 04/06/96 pour les semis d'automne

### 3.1.2. Observations réalisées

w L'essentiel des observations a porté sur des mesures régulières des quantités d'azote minéral du sol, mesurés en azote nitrique en Allemagne, en azote ammoniacal et nitrique en France, sur 3 horizons 0-30, 30-60, 60-90 cm.

Ces mesures ont été réalisées tous les 15 jours pour les sites en jachère tournante, tous les mois en jachère longue durée.

Sur ce dernier dispositif, les mesures se poursuivent en 1997 et 1998 pour observer les conséquences du retournement en fin de jachère, dans le cadre du programme ITADA 2, projet A.1.2.

Cependant ces mesures n'ont pas toujours débuté à la récolte de la culture précédent la jachère (cas de Hohfrankenheim et Biengen), nous privant d'observations importantes sur la première période automnale de la jachère.

Par ailleurs, aucune mesure d'humidité du sol n'a été enregistrée pour la constitution de la base de donnée finale, ce qui constitue une limitation pour la mise en oeuvre ultérieure de modèles d'interprétation permettant d'estimer les pertes par lessivage.

Il faut dire que l'existence de ces modèles est récente et n'avait pas été prise en compte dans la conception des protocoles.

w L'implantation des couverts a fait l'objet d'appréciations qualitatives (couverture, survie des espèce semées).

w Il était prévu que le maïs suivant l'implantation soit cultivé sans engrais azoté, pour permettre de mesurer l'absorption d'azote fourni par le sol au maïs. Ces observations n'ont cependant pas été réalisées. Seules des mesures de rendement sont disponibles pour le site de Buggingen.

Figure 2 : essai jachères tournantes : pluviométrie sur les 2 sites

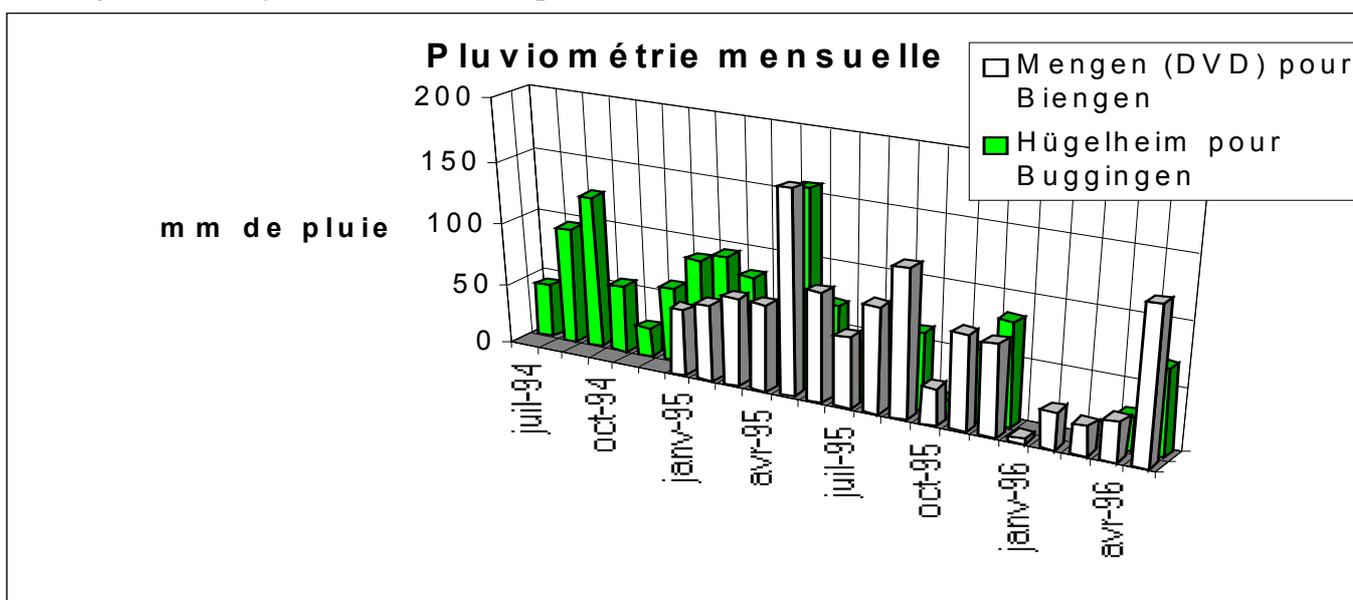


Figure 3 : essai jachère fixe à Hohfrankenheim (F Bas-rhin)

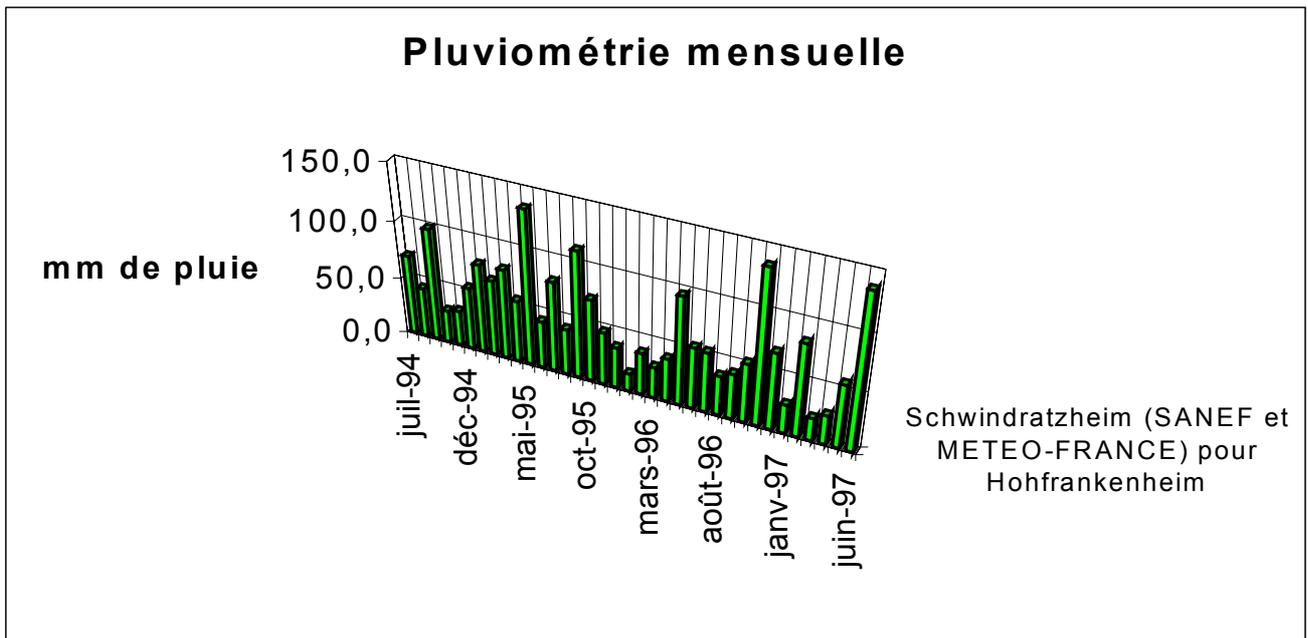
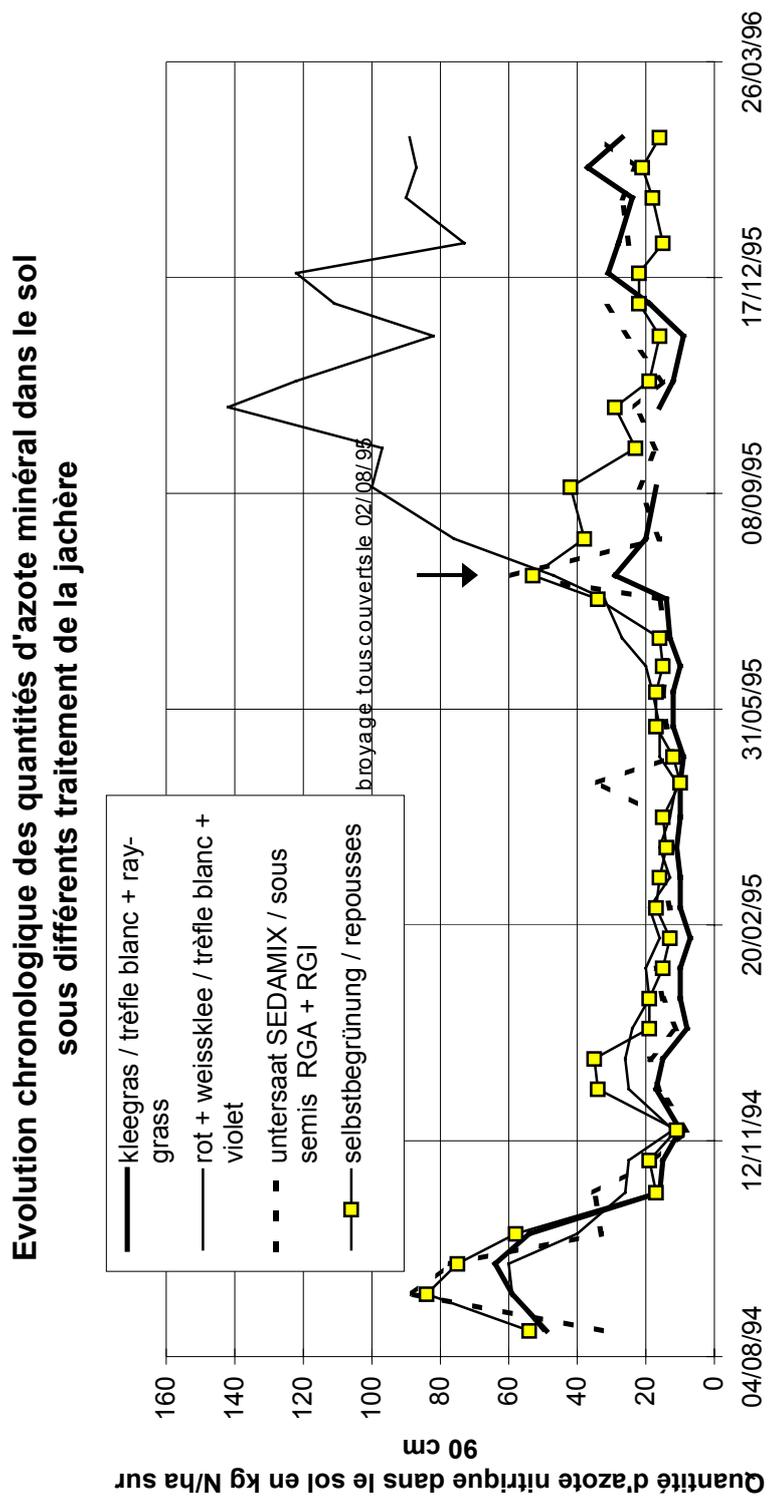


Figure 4 : Essai jachère tournante de Buggingen (D) : blé / jachère / maïs 1994-1996



#### 4. Les résultats obtenus et hypothèse d'interprétation

Les quantités d'azote minéral dans le sol sous les différents couverts et dans les différents sites sont présentés sur les figures 4, 5 et 6 :

- blé - jachère - maïs, Buggingen, figure 4.
- maïs -jachère -maïs, Biengen, figure 5.
- jachère longure durée, Hohfrankenheim, figure 6.

Cependant, ces résultats ne peuvent être utilisés sans une référence aux flux d'eau verticaux pouvant créer un entraînement de nitrates en profondeur : les quantités d'azote minéral mesurables à un instant t résultent d'un bilan entre :

- prélèvement par les plantes,
- minéralisation du sol,
- flux vers les couches profondes.

Les données pluviométriques mensuelles (figures 2 et 3) pour les sites étudiés constituent une première indication de la probabilité d'un flux vertical.

**4.1. A Buggingen (blé-jachère-maïs), (figure 4),** l'évolution des quantités de nitrates est quasi-identique dans ses grandes lignes pour tous les couverts végétaux jusqu'au broyage du 2 août 1995.

- **l'été suivant la récolte** et avant une implantation correcte du couvert, les quantités augmentent pour tous les traitements jusqu'au début de septembre.

Ils augmentent de façon plus importante pour les 2 traitements minimaux :

- le sous-semis sans travail du sol,
- les repousses spontanées,

ce qui est à associer à une couverture du sol s'implantant difficilement ou clairsemée, prélevant peu d'azote..

- quel que soit le couvert végétal, les quantités baissent régulièrement **de septembre à mi-novembre 1994,**

La pluviométrie relevée sur août (95 mm), septembre (124 mm) et octobre 1994 (55 mm) au poste de Hügellheim fait suspecter l'influence d'un drainage ayant entraîné un maximum des nitrates présent dans tous les cas, ne laissant un reliquat que de l'ordre de la dizaine de kilos d'azote nitrique par ha.

- **de novembre à juin 1995,** les quantités restent pour tous les traitements inférieures à 20 kg N-N03/ha, indiquant un risque minime et identique pour la qualité de l'eau drainante.

La seule exception concerne les repousses spontanées où on relève un pic passager jusqu'à 35 kg/ha au 20 décembre, qui disparaît probablement en relation avec la poursuite du drainage. La faiblesse relative de la végétation de ce traitement ne permet pas d'absorber l'azote minéral produit par la minéralisation même en faible quantité à cette époque de l'année.

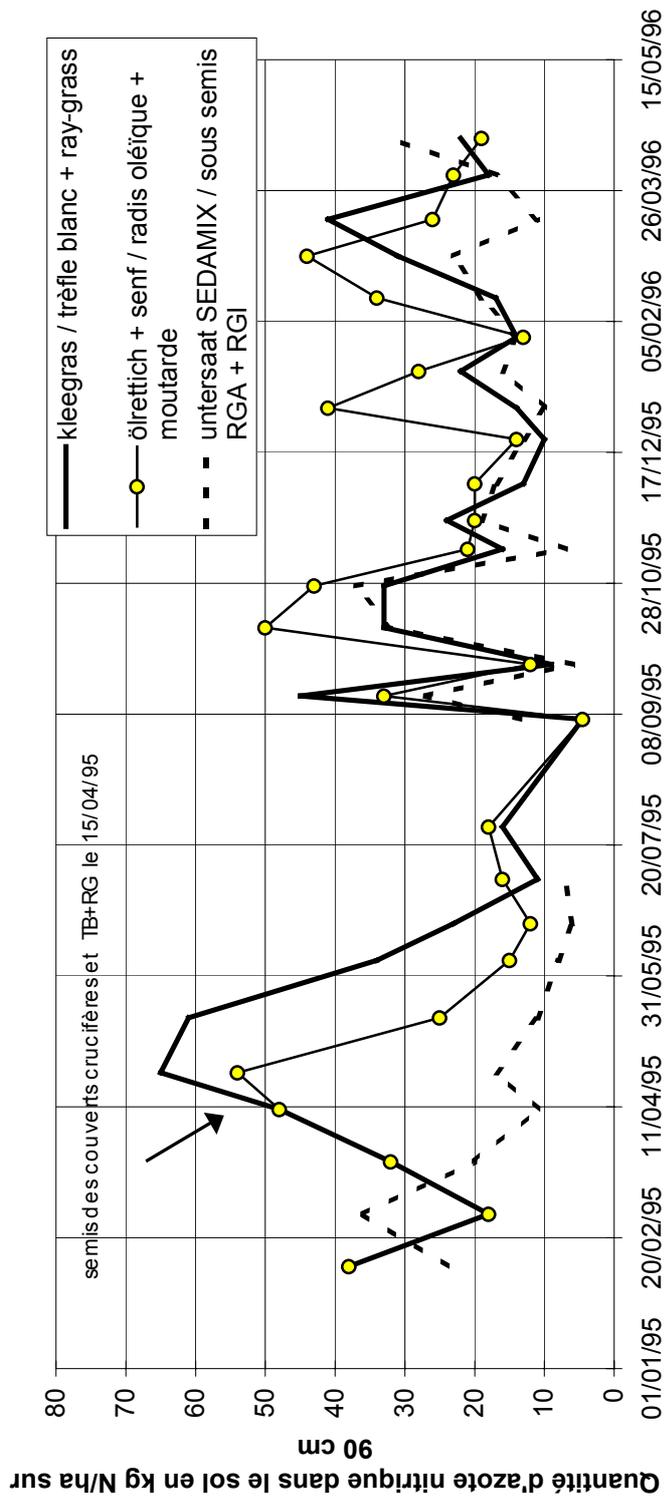
- **en juin et juillet 1995,** les quantités d'azote minéral augmentent dans tous les traitements jusqu'au broyage du 2 août, qui intervient sur une végétation peu poussante.

- la repousse de **l'automne 1995** sera très faible. Elle se traduit par des quantités d'azote faibles dans le sol pour les 2 traitements les mieux implantés (sous semis de graminés et mélange graminée-trèfle), et un peu plus importante pour le traitement "repousses".

Par contre, la non-repousse du traitement trèfle se traduit par une augmentation considérable du stock d'azote minéral lessivable (jusqu'à 140 kg/ha), en conséquence de la décomposition des racines de cette légumineuse, créant un risque certain pour la qualité de l'eau.

Figure 5 : Essai jachère tournante de Biengen (D) : maïs / jachère / maïs 1994-1995

### Evolution chronologique des quantités d'azote minéral dans le sol sous différents traitements de la jachère



**4.2. A Biengen (maïs-jachère-maïs) (figure 5)**, le suivi de l'azote minéral n'a commencé qu'en janv. 1995.

Nous ne disposons donc pas d'information sur le comportement de l'azote du sol au cours de **l'automne 1994**, pourtant décisive pour le risque de lessivage (Biengen et Bugingen sont distants d'une quinzaine de kilomètres, et le risque de lessivage lié à la pluviométrie de l'aut. 1994 doit avoir existé aussi à Biengen).

**De janvier à mi-mai 1995**, la minéralisation est active dans le traitement labouré en sol nu qui va être semé d'un couvert au printemps. Elle produit au final un stock d'azote minéral dépassant 50 kg d'azote minéral fin avril au moment du semis.

Dans le même temps, les graminés issues du sous semis jouent leur rôle en ne laissant que des quantités inférieures à 20 kg d'azote minéral aux mêmes dates.

**De mi-mai à septembre 1995**, les quantités d'azote minéral diminuent. Mais il faut y voir l'effet conjoint de 2 phénomènes.

- prélèvement par les couverts végétaux en croissance,
- influence des pluviométries importantes du printemps 1995 (mai 1995 : 165 mm ; juin 1995 : 89 mm), sans qu'il soit possible d'établir la part respective de chacun.

**A partir de septembre 1995**, l'évolution de l'azote minéral du sol sous les différents couverts est à peu près semblable, oscillant entre 10 et 45 kg N/ha avec un minimum au 22 décembre 1995.

La minéralisation du sol semble en partie absorbée par les différents couverts végétaux. Mais le lessivage a pu encore intervenir en automne avec des pluviométries de 77 mm en novembre et 74 mm en décembre, expliquant le minimum retrouvé en fin d'année.

**4.3. A Hohfrankenheim (figure 6)**, les mesures débutent en août 1995, soit 11 mois après le semis des couverts semés en septembre 1994 et 4 mois après le semis des couverts semés en avril 1995. Elles ne concernent donc que des couverts implantés.

Les principales distinctions s'opèrent entre :

- les mélanges incluant une légumineuse (RGA+TV semé automne 1995 et RGI + TV semé printemps 1995),
- les semis de graminées pures (RGA, RGI, RGA + FRT + FO)
- la moutarde.

- **Les mélanges avec légumineuses** présentent des pics de teneurs en azote minéral chaque hiver, en relation probable avec la décomposition d'une partie des racines du couvert végétal (voir aussi figure 7 et 8).

- **les couverts de graminés** présentent des évolutions parallèles entre elles, avec des quantités d'azote minéral (N-NO<sub>3</sub>+N-NH<sub>4</sub>) maximales généralement inférieures à 30 kg N/ha, et toujours inférieurs à 40 kg N/ha.

L'examen des quantités d'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub>) indique des valeurs maximales de l'ordre de 20 kg N/ha et le plus souvent inférieurs à 10 kg N avec des couverts bien implantés (figure 9).

**La moutarde** est handicapée par son implantation peu durable et son cycle court de végétation. Elle est d'ailleurs ressemée en mai 1996. Détruite par retournement en octobre 1996, on constate une accumulation relative de l'azote minéral du sol (figure 6 et 10), dans un contexte de reprise rapide du lessivage à l'automne 1996 (137 mm de pluie en novembre, 68 mm en décembre) qui a pu entraîner une partie des nitrates libérés précocement.

Figure 6 : Essai jachère de longue durée à Hohfrankenheim (Bas-Rhin / F)

Evolution chronologique des quantités d'azote minéral dans le sol sous différents couverts végétaux

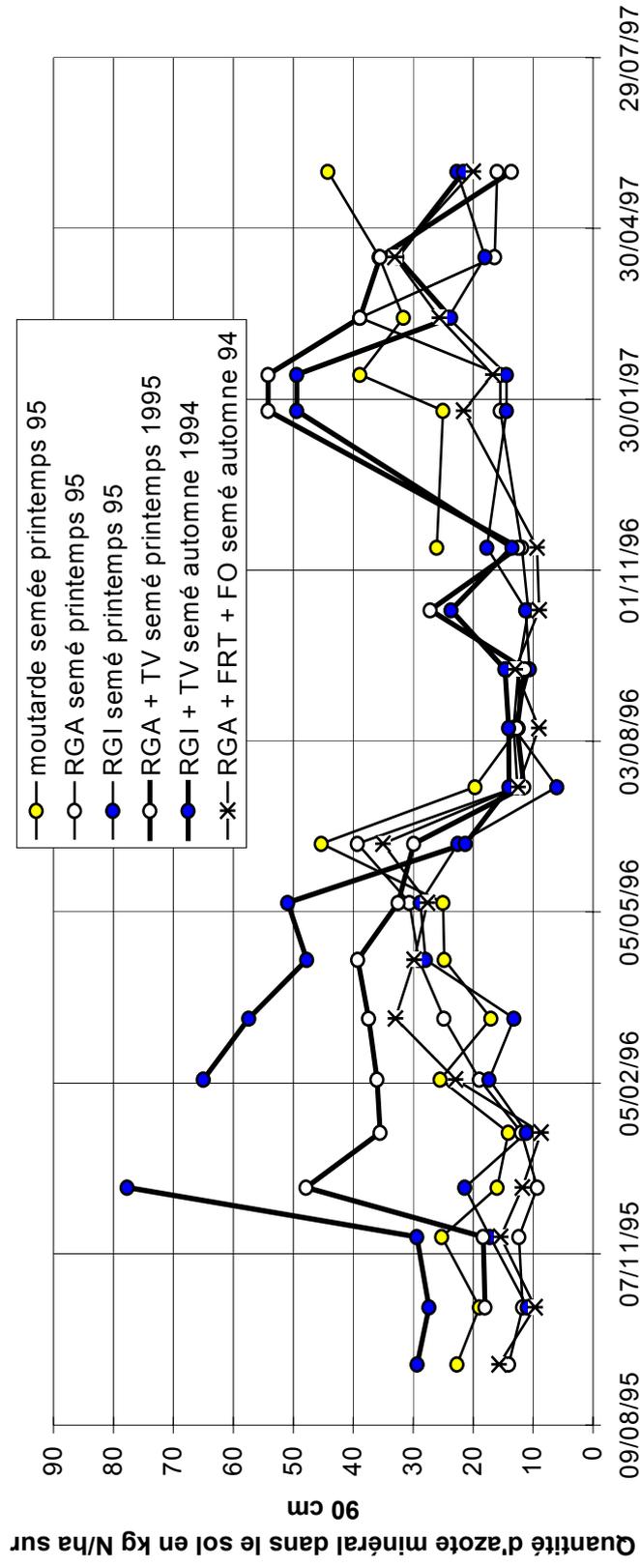


Figure 7 : Essai jachère de longue durée à Hohfrankenheim (Bas-Rhin / F) 1995 – 1997

**Comparaison des quantités d'azote nitrique présentes dans le sol sous le couvert "ray-grass anglais" et le couvert "ray-grass anglais + trèfle violet"**

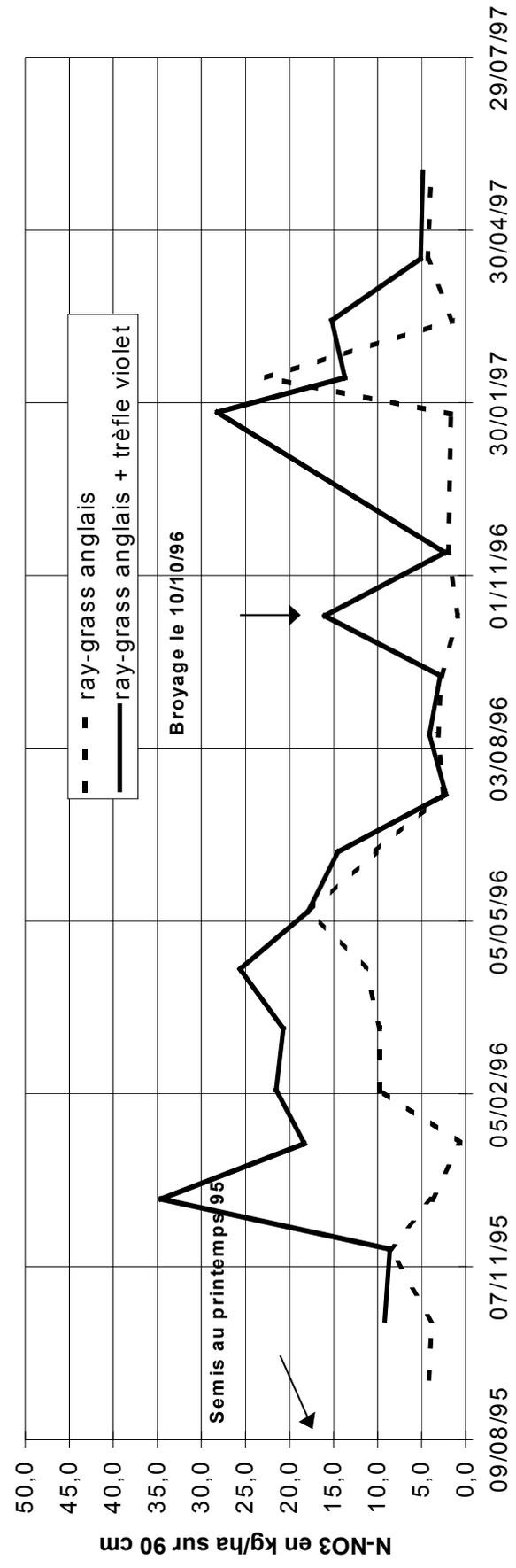


Figure 8 : Essai jachère de longue durée à Hohfrankenheim (Bas-Rhin / F) 1995 – 1997

### Comparaison des quantités d'azote nitrique présentes dans le sol sous le couvert "ray-grass d'Italie" et le couvert "ray-grass d'Italie + trèfle violet"

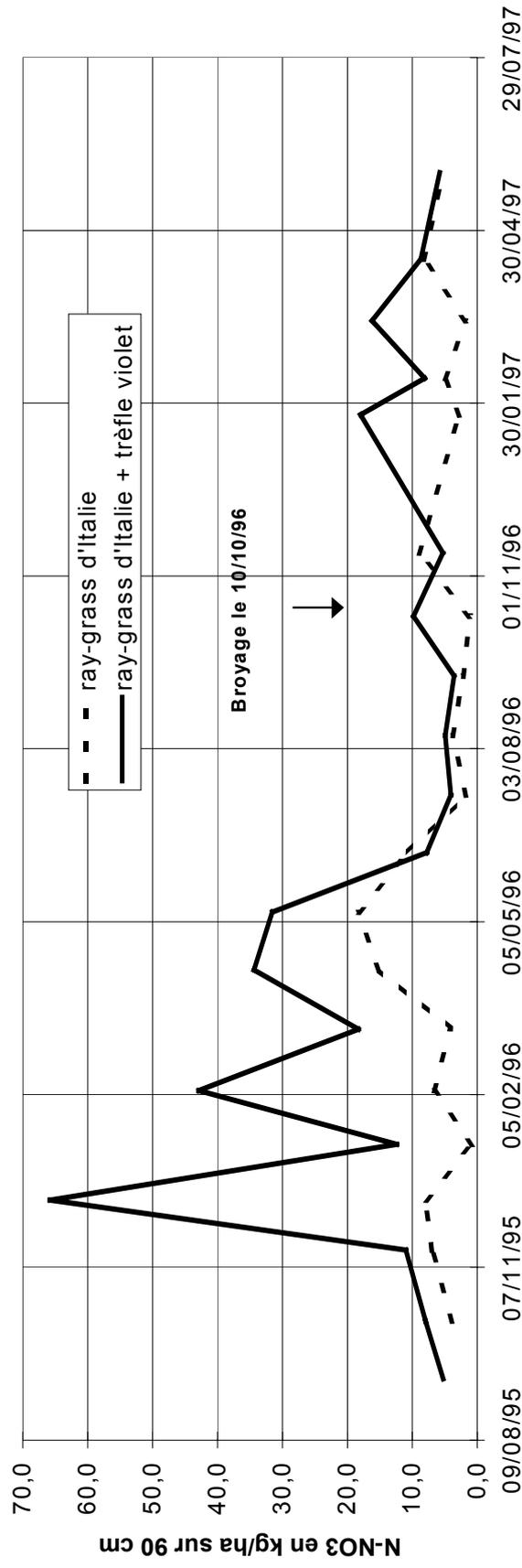


Figure 9 : Essai jachère de longue durée à Hohfrankenheim (Bas-Rhin / F) 1995 – 1997

**Comparaison des quantités d'azote nitrique présentes dans le sol  
sous le couvert "ray-grass d'Italie" et le couvert "ray-grass anglais +  
fétuque rouge traçante + fétuque ovine"**

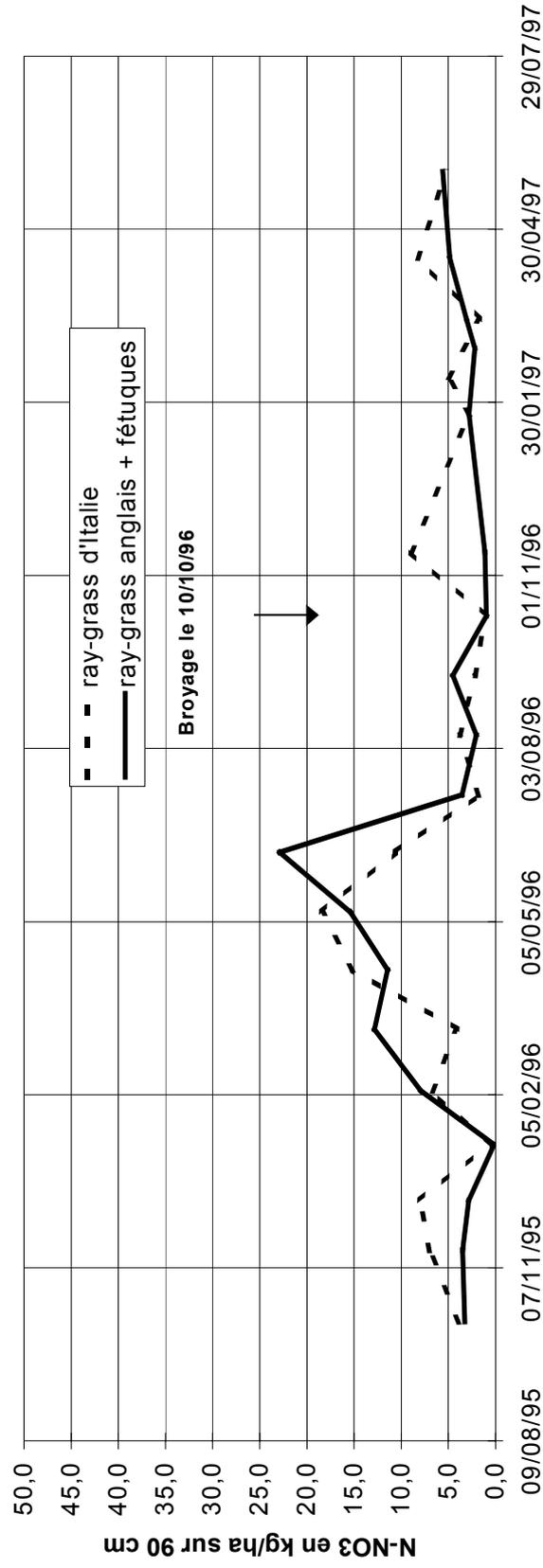


Figure 10 : Essai jachère de longue durée à Hohfrankenheim (Bas-Rhin / F) 1995 – 1997

### Comparaison des quantités d'azote nitrrique présentes dans le sol sous le couvert "moutarde" et le couvert "ray-grass d'Italie"

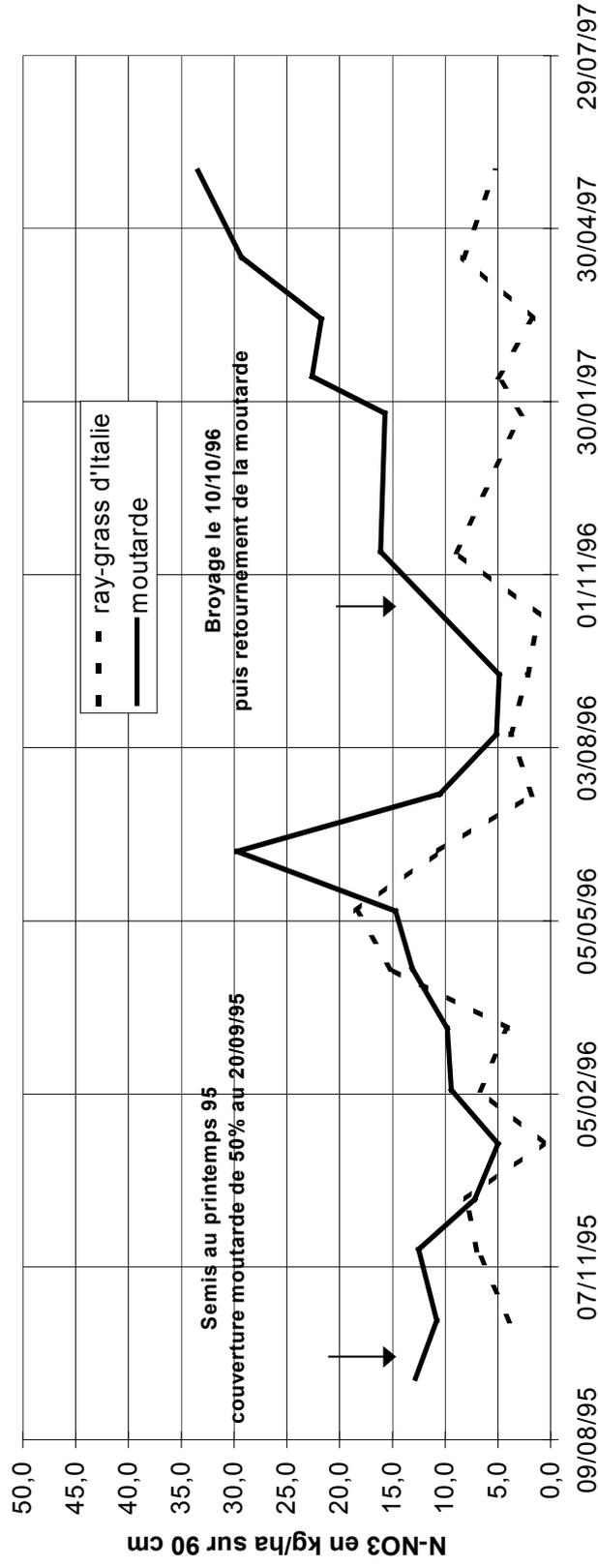
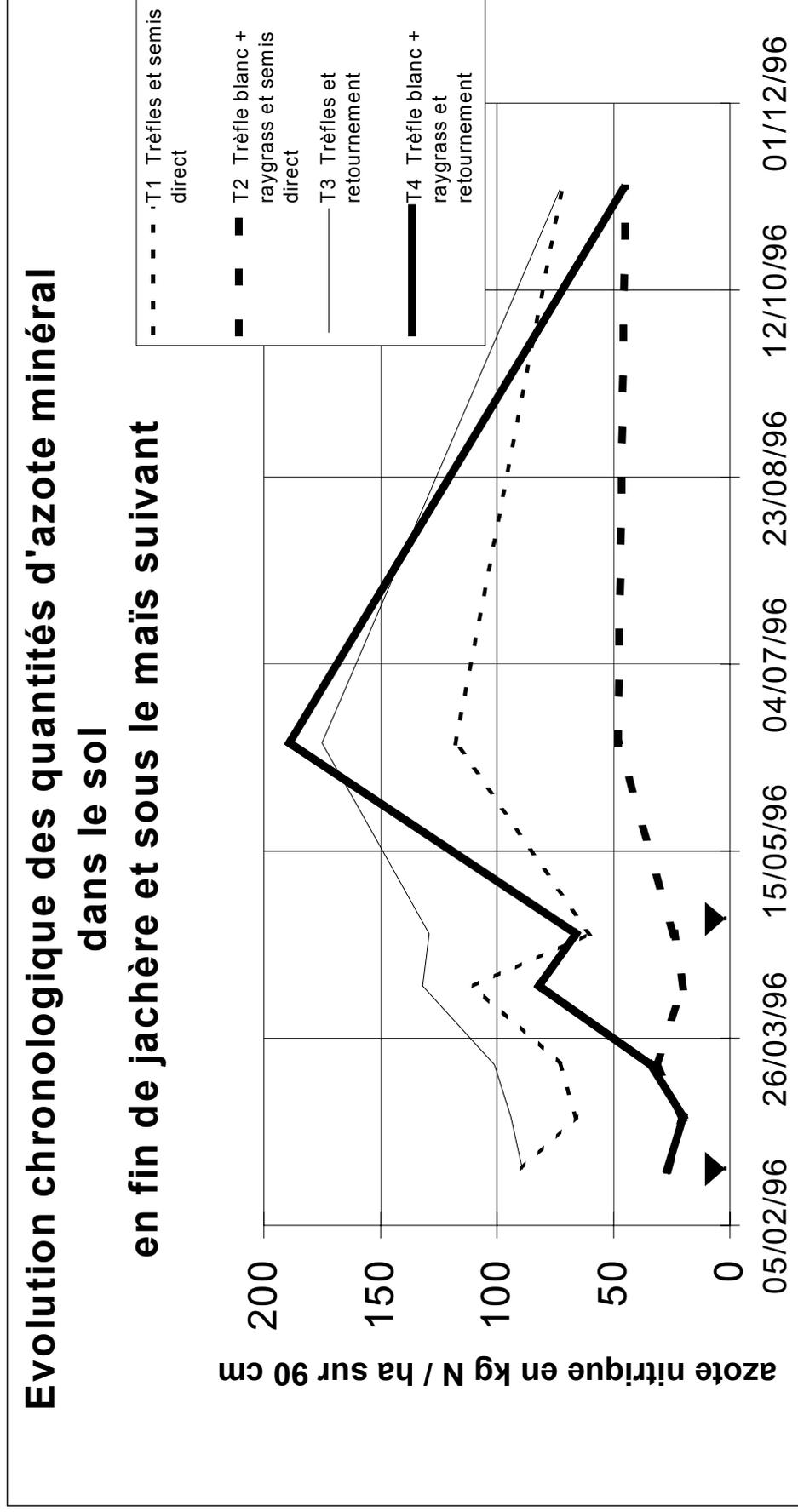


Figure 11 : Essai jachère tournante de Buggingen (D) blé / jachère / maïs 1994 - 1996



#### 4.4. Autres résultats : disponibilité de l'azote après destruction de la jachère.

Les seuls résultats disponibles concernent les rendements grain observés à **Buggingen**, derrière jachère courte, accompagnés de mesures d'azote minéral selon les 2 modalités de semis du maïs mis en oeuvre : après retournement ou par semis direct.

	Semis direct		Semis après retournement	
	Densité pl/ha	Rendement qx	Densité pl/ha	Rendement qx
couvert jachère				
Mélange trèfle blanc et violet	47 000	73,2	91 000	114,4
Trèfle blanc + raygrass	23 000	30,8	91 000	115,2
enherbement spontané	14 000	10,8	86 000	113,8
SEDAMIX en sous semis	29 000	47,6	88 000	120,6

Les résultats obtenus ne permettent pas de classer les couverts végétaux autres que le mélange trèfle, à travers les mesures d'azote nitrique dans le sol (figure 11).

En effet, en semis direct, la qualité du semis n'a pas permis d'atteindre une densité de plantation correcte. L'expérimentateur a noté que le 30 avril 1996, le sol était trop sec, et que d'autre part la biomasse trop importante notamment dans les mélanges de trèfle et de trèfles raygrass. Mais c'est sous le mélange de trèfle que la structure a semblé la plus favorable, conduisant à la meilleure levée.

En semis après retournement, les rendements sont équivalents, avec des densités de semis très proches : quelque soit le traitement, l'azote ne semble pas avoir été le facteur limitant du rendement obtenu. L'absence de mesure d'azote absorbé ne nous autorise pas à pousser plus loin l'interprétation.

## 5. Conclusions

### **5.1. Le choix des espèces les plus efficaces du point de vue du piégeage de l'azote.**

#### **5.1.1. à court terme**

w derrière blé :

1. L'efficacité du mélange SEDAMIX en sous semis ou des repousses n'apparaît pas démontrée, car sur le site de Buggingen, la part d'entraînement par les pluies et d'absorption par le couvert ne peut être départagée. Les couverts semés en août sont plus sûrs.
2. La jachère semée en trèfle a présenté une durabilité insuffisante qui se traduit par un relargage précoce, d'azote dès l'automne précédent l'implantation du maïs : à éviter.

w derrière maïs : si l'efficacité du mélange SEDAMIX en sous semis n'est pas établie pour l'automne (par absence de mesure), il trouve son intérêt par l'absorption précoce de l'azote minéral au printemps, alors que les semis de printemps ne sont efficaces que tardivement (mai-juin).

Dans le contexte climatique du fossé rhénan (pluviométrie de mai et juin toujours élevée), l'implantation d'un couvert dès l'automne derrière maïs se justifie par rapport à ce risque de lessivage printanier.

#### **5.1.2. A moyen terme, en jachère fixe**

w Le mélange de graminées à croissance faible (RGA+FRT+FO) présente une bonne efficacité sur le moyen terme (cf. figure 12).

Il manque des données concernant son efficacité au cours de l'automne qui suit son semis derrière blé, en comparaison d'une graminée à croissance rapide comme le RGI, ou d'une crucifère comme la moutarde.

w Les mélanges graminés-légumineuses présentent l'inconvénient de pics d'azote minéral dans le sol, sans qu'on puisse pour autant statuer sur une qualité d'eau effectivement fabriquée dans ce cas.

### **5.2. Observations méthodologiques**

Il apparaît au vu de ces suivis la nécessité :

- de démarrer les observations et mesures dès la récolte du précédent afin d'observer le comportement des parcelles pendant le 1er automne.
- de réaliser les mesures d'azote nitrique du sol en prenant soin d'enregistrer l'humidité afin de pouvoir ultérieurement mener des interprétations tenant compte plus précisément des flux d'eau à travers le sol.
- de laisser au moins pendant une période de 12 mois un traitement sol nu permettant d'avoir accès à la minéralisation du sol sans perturbation par le prélèvement du couvert végétal.

Par contre, la fréquence bihebdomadaire ou mensuelle des mesures semble suffisante pour ce type d'essai.

Enfin, la poursuite des observations au-delà de la destruction du couvert doit être réalisée (culture témoin sans engrais et mesure de l'azote absorbé, suivi des mesures jusqu'à la récolte de celle-ci).