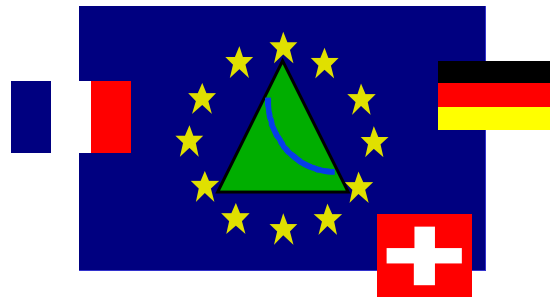


ITADA

**Institut Transfrontalier
d'Application et de Développement Agronomique**
Grenzüberschreitendes Institut
zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft



OPTIMISATION DE LA GESTION DES CULTURES INTERMEDIAIRES

RAPPORT FINAL DU PROJET A 1.2 (1996-1999)

Etude cofinancée par l'initiative communautaire
INTERREG II "Rhin Supérieur Centre-Sud"

ITADA

Institut Transfrontalier d'Application et de Développement Agronomique
Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landwirtschaft

Le programme d'actions de l'ITADA était placé sous la maîtrise d'ouvrage du Conseil Régional d'Alsace et cofinancé par :

- le Fonds Européen pour le Développement Régional (programme INTERREG),
- le Ministère de l'Agriculture du Land de Bade-Wurtemberg,
- les Cantons suisses de Bâle Ville, Bâle -Campagne, Argovie et Soleure ainsi que la Coop - Suisse,
- le Conseil Régional d'Alsace,
- l'Agence de l'Eau Rhin Meuse,
- l'Etat français via les Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement,
- les Organisations Professionnelles Agricoles alsaciennes.

Le projet A 1.2

- I. « OPTIMISATION DE LA GESTION
- II. DES CULTURES INTERMEDIAIRES »

a été réalisé par :

R. Koller (ARAA) : Chef de projet	F
M. L. Burtin (ARAA)	F
F. Juncker Schwing (AGPM)	F
H. Nussbaumer (IfuL) : Partenaire	D

Association pour la Relance Agronomique en Alsace, Schiltigheim (ARAA)
Association Générale des Producteurs de Maïs, Colmar (AGPM)
Institut für umweltgerechte Landwirtschaft, Müllheim (IfuL)

Sommaire du projet ITADA A1.2

Position du problème	3
----------------------	---

sous-thème 1 : Gestion de l'interculture blé-maïs

INTRODUCTION	4
I. Les données disponibles	4
II. Une culture intermédiaire entre céréales à paille et maïs peut-elle utiliser l'azote laissé par la culture précédente ou apporté avec des déjections animales épandues en été ?	5
III. La pratique des cultures intermédiaires réduit-elle le risque de lessivage des nitrates pendant l'hiver ?	8
IV. Les différents couverts étudiés sont-ils équivalents ?	11
V. Cette technique n'induit-elle pas de nouveaux risques (minéralisation en hiver) ?	12
VI. parade pour ces nouveaux risques (labour après l'hiver) ?	13
VII. Quelles conséquences cette culture intermédiaire a-t-elle sur la culture suivante ?	14
VIII. Peut-on estimer l'absorption d'azote par une moutarde sans la mesurer ?	17
CONCLUSION	18

sous thème 2 : Gestion des cultures intermédiaires dans le cadre d'une monoculture de maïs

I SITUATION INITIALE ET POSITION DU PROBLEME	19
II OBJECTIFS	20
III METHODES ADOPTEES	20
IV RESULTATS	22
Question 1 : quels sont les compléments d'information apportés sur l'implantation de semis de graminées sous couvert de maïs ?	22
Question 2 : quelles sont les performances du semis sous couvert dans les deux systèmes	27
Question 3 : quelles alternatives possibles et que peut-on en penser ?	34
Aspect économique	39
Question d'ordre agronomique	40
V AUTRE PERSPECTIVE	40
VI CONCLUSION GENERALE	40-41

CONCLUSION GENERALE AU PROJET 42

RESUME :	43
• Sous thème 1	44
• Sous thème 2	47

ANNEXES DU SOUS THEME 1

Annexe 1 - Protocole des essais culture intermédiaire entre blé et maïs en Alsace	52
Annexe 2 - Caractéristiques des essais alsaciens	53
Annexe 3 - Protocole du réseau 1998 en Alsace	54
Annexe 4 - Protocole des essais du Bade-Wurtemberg	55
Annexe 5 - Données relatives à l'essai d'Elsenheim (F - 1996/97)	
5.1. - Mesures réalisées sur la moutarde à Elsenheim en 1996	56
5.2. - Mesures réalisées sur le sol à Elsenheim en 1996/97	56
Annexe 6 - Données relatives à l'essai de Mussig (F - 1997/98)	
6.1. - Mesures réalisées sur la moutarde - MUSSIG 1997	57
6.2. - Mesures réalisées sur le sol - MUSSIG 1997/98	57
Annexe 7 - Données relatives au réseau de parcelles 1998 (F - 1998/99)	58
Annexe 8 - Données relatives à l'essai d'Efringen-Kirchen (D - 1997/98)	60
Annexe 9 - Données relatives à l'essai de Steinenstadt (D - 1997/98)	64

ANNEXES DU SOUS THEME 2

Annexe 1 : pluviométrie à Rouffach entre le 01/09 et le 30/11 1997 et 1998	68
Annexe 2 : température moyenne à Rouffach entre le 01/09 et le 30/11 1997 et 1998	68
Annexe 3 : bilan hydrique à Rouffach (1997/98)	69
Annexe 4 : tableaux récapitulatifs des résultats des essais alsaciens	70
Annexe 5 : valeurs de reliquats mesurés à différentes dates et sous différents couverts à Rouffach de 1997 à 1999	71
Annexe 6 : tableaux récapitulatifs des résultats des essais du Dreisamtal	72 - 81

ITADA

RAPPORT FINAL 1996/1998

PROJET : A 1.2

THEME : Optimisation de la gestion des cultures intermédiaires

CHEF DE PROJET : Rémi KOLLER
Réalisation : M.L. BURTIN
F. JUNCKER

ARAA - Schiltigheim (F)
ARAA - Schiltigheim (F)
AGPM - Colmar (F)

PARTENAIRES : H. NUSSBAUMER
IFUL - Mullheim (D)

ORGANISMES ASSOCIES : Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin, ITCF, Lycée agricole de Rouffach

DUREE DU PROJET : 1996-1998

POSITION DU PROBLEME

Pour la gestion des pertes de nitrates agricoles, l'ajustement de la fertilisation des cultures ne suffit pas ; il faut aussi se préoccuper du devenir de l'azote pendant l'interculture. Dans la plaine du Rhin, deux types d'interculture sont problématiques car susceptibles de générer des pertes de nitrates importantes. Il s'agit :

- des intercultures longues entre la récolte d'une culture d'hiver ou d'une culture de printemps primeur et le semis d'une culture de printemps ; même après une culture à la fertilisation azotée ajustée, le stock d'azote minéral se trouve augmenté par la minéralisation estivale et automnale et en l'absence de cultures, les risques de pertes par lessivage peuvent être élevés. On retrouve là les successions de cultures blé - maïs, dont on peut estimer les surfaces à 40.000 ha en Alsace et 115.000 ha dans le Bade-Wurtemberg,

- des intercultures entre 2 cultures de printemps à récolte tardive ; l'azote minéralisé au cours de l'automne n'a pas pu être utilisé par la culture en place et après reconstitution de la réserve hydrique du sol, l'eau excédentaire risque d'entraîner les nitrates hors de portée des racines ; on retrouve principalement dans cette situation la monoculture de maïs. La culture de maïs couvre 150.000 ha en Alsace et 126.000 ha en Bade-Wurtemberg, une part non négligeable de ces surfaces étant en maïs sur maïs.

Pour les intercultures de type blé-maïs (sous-thème 1), les différentes modalités de gestion (déchaumage, enfouissement des pailles, semis de cultures intermédiaires, ...) et leurs efficacités respectives quant au piégeage des nitrates sont bien connues que ce soit en France (travaux de l'ITCF en particulier) ou dans le Bade-Wurtemberg (notamment l'Action 001 sur les dates de retournement les plus appropriées). Il reste néanmoins à vérifier l'efficacité des cultures pièges à nitrates lors de l'apport de déjections animales en été sur chaumes et à mettre au point des indicateurs visuels permettant aux agriculteurs de définir les dates de retournement.

En ce qui concerne l'interculture entre 2 maïs (sous-thème 2), les techniques ne sont pas encore suffisamment au point pour être diffusables de façon généralisée, et de nombreuses interrogations subsistent quant à leur capacité à piéger des nitrates en quantité notable.

Les expérimentations mises en place dans le cadre de ce projet A 1.2 visent à répondre à ces questions. Leurs résultats sont présentés en 2 chapitres, un par sous-thème.

SOUS-THEME 1 : Gestion de l'interculture blé-maïs

Rédacteur : Marie Line Burtin (ARAA)

INTRODUCTION

L'interculture entre une céréale à paille et une culture d'été telle que le maïs est longue et peut présenter des risques de pertes de nitrates. En Alsace comme dans le Bade-Wurtemberg, il est recommandé d'implanter des cultures intermédiaires pièges à nitrates pour réduire ce risque. Dans certaines situations, la recommandation devient une obligation : c'est le cas dans les zones vulnérables en Alsace lors d'apports de déjections animales sur chaumes en juillet et août (directive nitrates) ; c'est aussi le cas dans les périmètres de captage dans le Bade-Wurtemberg. On pourra se reporter au projet B4 de l'ITADA pour plus de précisions à ce sujet.

Sur le plan agronomique, les choix d'espèces de cultures intermédiaires après blé, leurs modes d'implantation et leur efficacité en terme de piège à nitrates sont bien connus. Il reste à :

- mesurer l'efficacité de ces cultures pour utiliser l'azote apporté par des déjections animales en été,
- préciser l'effet de différentes modalités de gestion (dates de retournement),
- identifier des critères extérieurs facilement repérables par l'agriculteur pour déterminer la date optimale de retournement de cette culture.

Des réponses à chacune de ces questions ont été apportées annuellement et transcrites dans les rapports annuels. Pour la synthèse, nous nous sommes attachés à utiliser l'ensemble des données disponibles pour répondre à 7 questions plus générales :

1. Une culture intermédiaire entre céréales à paille et maïs peut-elle utiliser l'azote laissé par la culture précédente ou apporté avec des déjections animales épandues en été ?
2. La pratique des cultures intermédiaires réduit-elle le risque de lessivage des nitrates pendant l'hiver ?
3. Les différents couverts étudiés sont-ils équivalents ? En existe-t-il un plus "performant" ?
4. Cette technique n'induit-elle pas de nouveaux risques (reminéralisation en hiver) ?
5. Existe-t-il une parade pour ces nouveaux risques (labour après l'hiver) ?
6. Quelles conséquences cette culture intermédiaire a-t-elle sur la culture suivante ?
7. Peut-on estimer l'absorption d'azote par une moutarde sans la mesurer (hauteur, densité, ...) ?

III. Les données disponibles

En Alsace, les données disponibles sont :

- un essai conduit à Elsenheim (Bas-Rhin, ouest de Marckolsheim) en 1996/97,
- un essai mené à Mussig (Bas-Rhin, est de Sélestat) en 1997/98,
- un réseau de parcelles suivies dans la vallée de la Zorn et dans la moitié sud du Bas-Rhin en 1998/99.

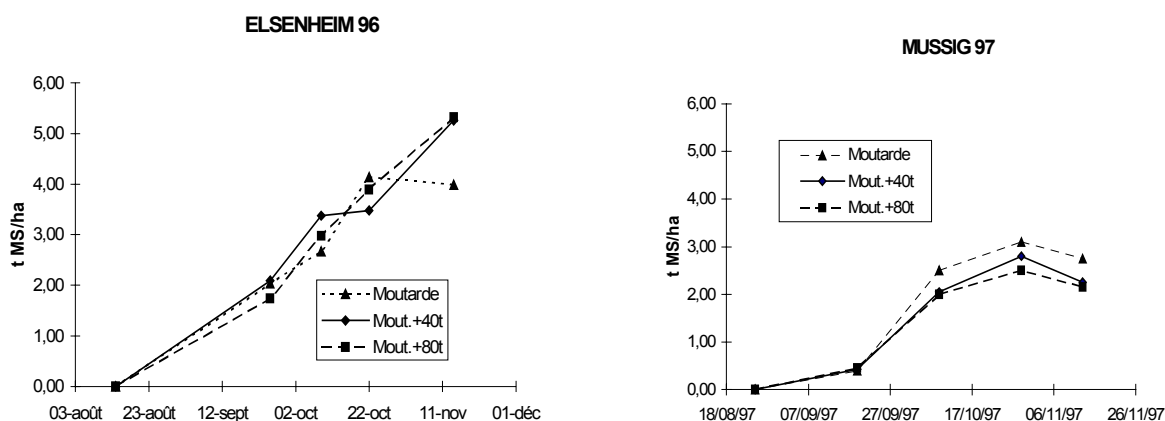
Dans le Bade-Wurtemberg, les données disponibles proviennent de 2 essais conduits en 1997/98, l'un à Efringen-Kirchen (le long du Rhin au nord de Bâle), l'autre à Steinensstadt, près de Müllheim.

Les protocoles et les résultats chiffrés de ces essais figurent en annexe.

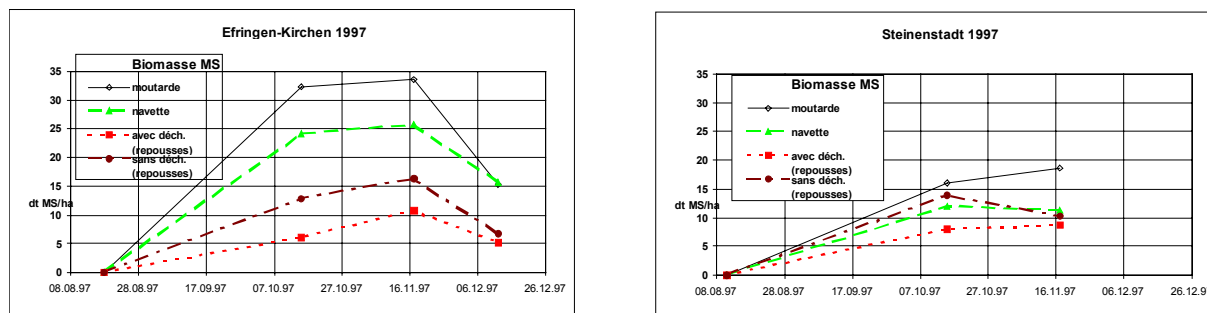
II. Une culture intermédiaire entre céréales à paille et maïs peut-elle utiliser l'azote laissé par la culture précédente ou apporté avec des déjections animales épandues en été ?

La réponse à cette question est apportée par l'observation de la croissance de la culture intermédiaire (biomasse produite) et de la quantité d'azote absorbé par les parties aériennes.

Biomasse produite par la culture intermédiaire



En Alsace, en 96 comme en 97, la moutarde a pu se développer. En 96, sa croissance a été rapide et la production totale de biomasse a atteint 5 tonnes sur les traitements avec fumier. En 97, le démarrage a été plus difficile, car la moutarde a été semée en conditions sèches. La production maximale n'a pas dépassé 3 tonnes et les traitements avec fumier n'ont pas produit plus de biomasse.



A Efringen-Kirchen, en l'espace de huit semaines à partir du semis, la moutarde et la navette d'hiver produisent presque l'intégralité de leur production de biomasse aérienne (3,2 à 2,4 tonne de MS/ha suivant le cas).

Comme la moutarde a gelé fin octobre, on ne constate à la mi-novembre qu'une progression de 200 kg/ha de MS par rapport à la mesure précédente. En décembre, on ne retrouve plus que la moitié de la biomasse mesurée en novembre.

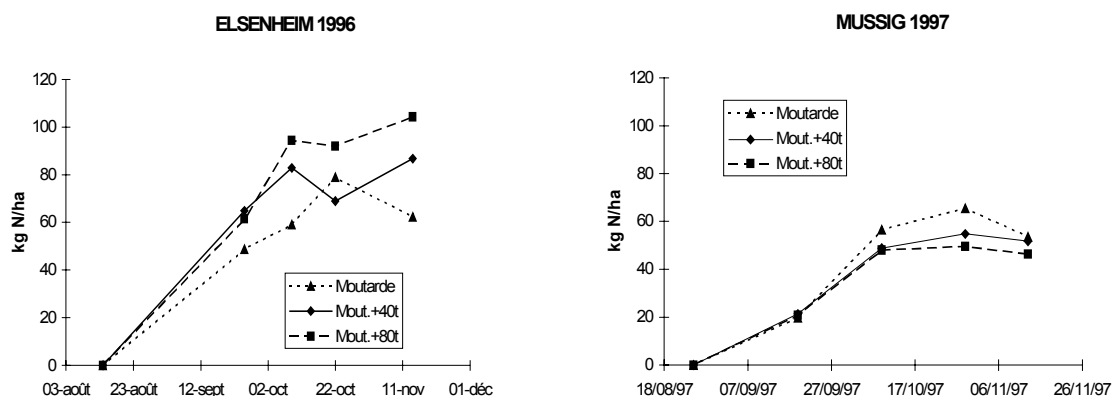
Pour la navette d'hiver, on a observé un renforcement des racines pendant que la partie aérienne (feuilles + tiges) ne se développait plus que modestement en novembre puis se réduisait en décembre pour atteindre 1,6 t MS/ha.

Le couvert spontané constitué essentiellement de repousses de céréales a montré par rapport aux couverts de crucifères un développement retardé et n'a atteint que la moitié de la biomasse de celles-ci.

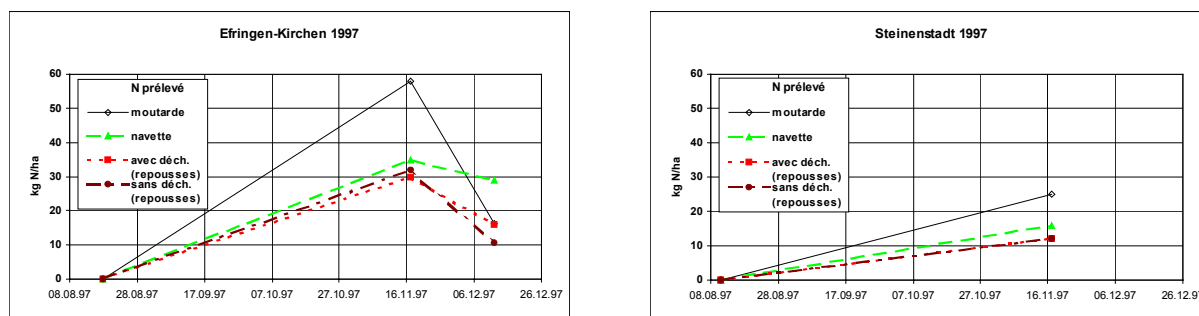
A Steinenstadt, les faibles reliquats en azote se sont avérés facteur limitant du développement des cultures intermédiaires. La moutarde et la navette n'atteignent jusqu'à la mi octobre que la moitié de la biomasse d'Efringen-Kirchen. Par contre, malgré la faible disponibilité en azote, les repousses de céréales ont produit une biomasse équivalente à l'autre site. Jusqu'à novembre, la moutarde a continué de pousser pour atteindre 1,9 t de M.S. /ha alors que les autres variantes sont restées presque sans modification. Les prélèvements de décembre n'ont pas été réalisés faute d'une croissance des couverts significative.

Azote absorbé par les parties aériennes de la culture intermédiaire

Les mesures correspondent à l'azote contenu dans les parties aériennes récoltables.



En Alsace, en 96, les absorptions d'azote par les parties aériennes de la moutarde ont varié de 60 à 100 kg d'azote selon le tonnage de fumier apporté. En 97, ces absorptions ont été plus faibles (50 à 60 unités) et elles sont peu différentes entre les traitements.



A Efringen-Kirchen, la quantité d'azote absorbé la plus importante est observée pour la moutarde avec 58 kg N/ha en novembre, alors que la navette et les repousses de céréales ont immobilisé 30-35 kg N/ha. En décembre, 16 kg N/ha sont encore retrouvés au niveau de la moutarde gelée soit autant que pour un couvert spontané après travail du sol. Chez la navette d'hiver, dont la végétation n'a pas gelé, on trouve 29 kg N/ha ce qui est largement supérieur aux autres variantes testées.

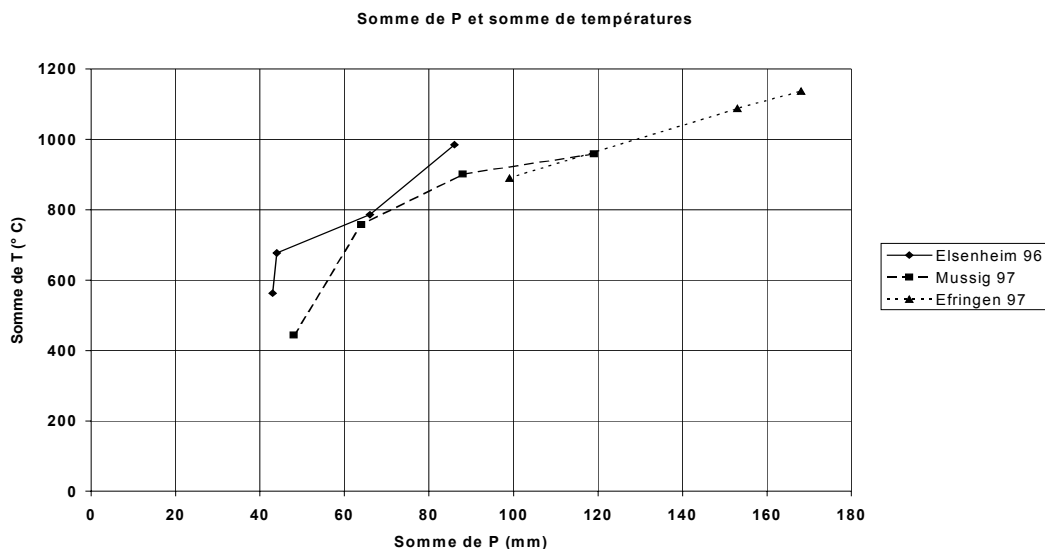
A Steinenstadt, on a mesuré 25 kg N/ha d'azote piégé par la végétation de la moutarde, 16 kg N/ha pour la navette et 12 kg N/ha pour le couvert spontané constitué de repousses.

Les absorptions d'azote mesurées dans les deux sites indiquent qu'une moutarde peut fixer jusqu'à la fin octobre une quantité d'azote double de celle fixée par un couvert spontané principalement fait de repousses de céréales.

Les différences de croissance entre les années et les sites ne semblent pas liées à des conditions climatiques très différentes, sauf en ce qui concerne l'humidité au semis : en 96, la moutarde a été semée en conditions de sol frais alors qu'elle l'a été en sol sec en 97.

Pour le reste du cycle, les cumuls de pluie et de température reçues sont assez proches, comme le montre le graphique ci-dessous qui rapproche les sommes de P et les sommes de températures en base 0, entre le semis de la moutarde et son broyage. Le site d'Efringen paraît avoir été plus arrosé : cela est dû à des dates de mesures plus tardives.

Les différences de croissance pourraient s'expliquer, outre les conditions de semis, par la différence de stock d'azote nitrique initial : 114 U à Elsenheim et 50 U à Mussig ; 29 unités à Efringen-Kirchen et moins de 10 U à Steinestad.



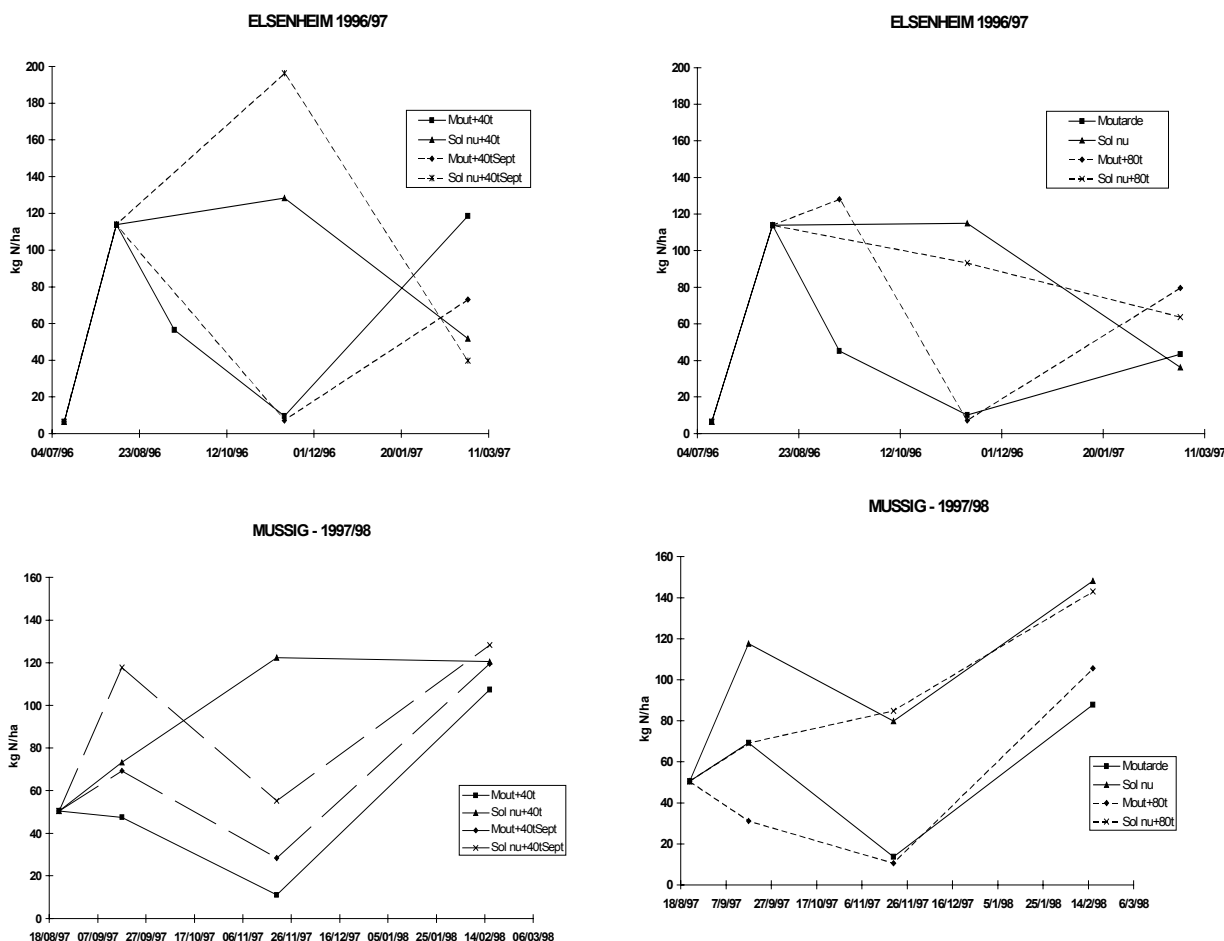
Le réseau alsacien 1998 confirme ces possibilités de développement de la moutarde, en particulier après apport de déjections animales en été : sur 14 parcelles, on a mesuré une biomasse produite variant de 1,5 à 5,9 t de matière sèche à l'hectare, et des quantités d'azote absorbé dans les parties aériennes variant de 34 à 182 unités.

En conclusion, les résultats obtenus confirment que des cultures intermédiaires peuvent se développer et absorber de l'azote en fin d'été et début d'automne, et en particulier l'azote provenant d'apport de déjections animales en été. L'exemple de Steinestad montre qu'il existe aussi des parcelles trop peu riches en azote pour permettre le développement d'une culture intermédiaire. Il faudrait pouvoir identifier de telles parcelles à priori.

III. La pratique des cultures intermédiaires réduit-elle le risque de lessivage des nitrates pendant l'hiver ?

Pour répondre à cette question, nous avons analysé l'évolution de l'azote nitrique du sol depuis le semis de la culture intermédiaire jusqu'à la sortie de l'hiver suivant.

Suivi de l'azote nitrique du sol (F)



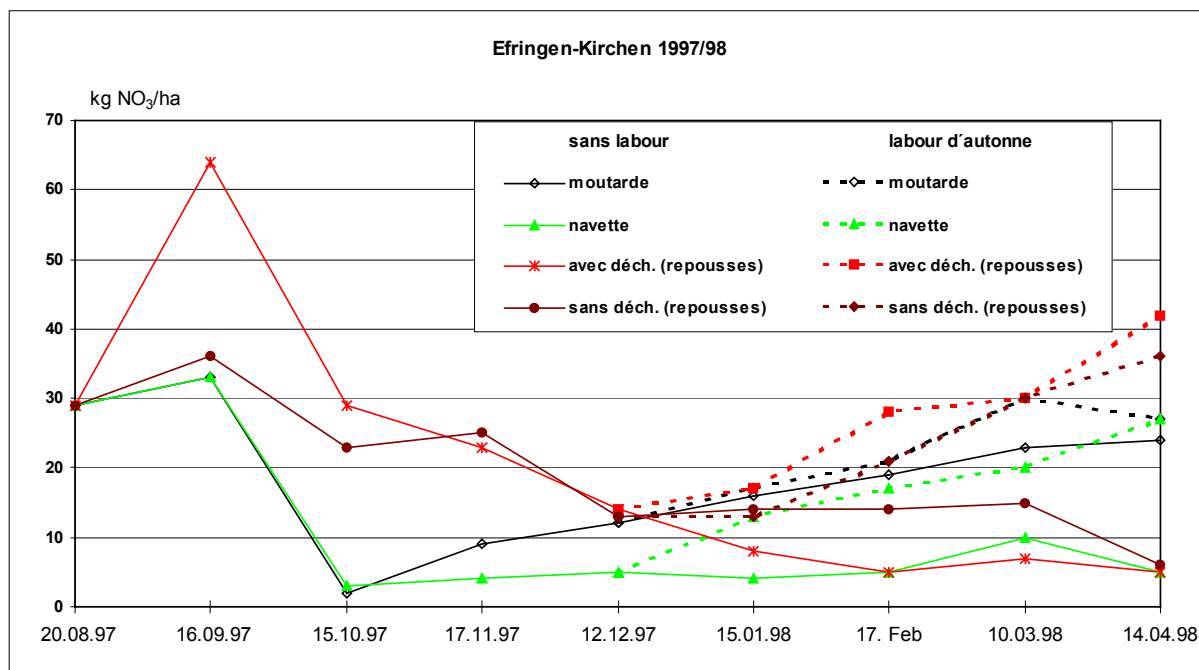
En comparant 2 à 2 les traitements qui ne diffèrent que par la couverture du sol (exemple : sol nu+40t et moutarde+40t), on constate que fin novembre, les reliquats d'azote nitrique du sol sont systématiquement inférieurs sur les traitements avec moutarde et sont très faibles : l'azote nitrique a été consommé par la culture.

Pour l'hiver, on observe des réponses contrastées suivant les sites : à Elsenheim, les reliquats d'azote nitrique du sol baissent sous sol nu entre fin novembre et fin février, alors qu'ils augmentent sous moutarde. A Mussig, tous les reliquats augmentent pendant l'hiver. Ces différences s'expliquent en grande partie par le bilan hydrique des parcelles.

A Elsenheim, l'hiver 96/97 a été relativement pluvieux : la lame d'eau drainante qui a pu être estimée à 138 mm sous sol nu, après reconstitution d'une réserve utile de 70 mm, a créé du lessivage (61% des nitrates présents dans les 60 premiers centimètres du sol selon le modèle de Burns). Après moutarde, le drainage est plus faible (123 mm) mais crée aussi du lessivage (57%), mais celui-ci s'applique à des quantités très faibles de nitrates. Par ailleurs, le mois de février 97 a été relativement doux et a permis aux matières organiques de se minéraliser : cela explique l'augmentation des courbes sous moutarde entre la fin novembre et la fin février.

A Mussig, l'hiver a été plutôt sec. De plus, le sol de Mussig est moins sensible aux pertes de nitrates que celui d'Eisenheim. La conjonction des 2 phénomènes conduit à une quasi absence de pertes de nitrates au cours de l'hiver. Par contre, les températures douces de l'hiver ont sans doute permis une minéralisation plus ou moins continue des matières organiques, qui se traduit par la montée des courbes entre fin novembre et fin février.

Suivi de l'azote nitrique du sol (D)



A Efringen-Kirchen, un reliquat de 29 kg N/ha est mesuré après la récolte du blé. Pour les parcelles sans semis d'une culture intermédiaire, on observe une montée des reliquats d'azote nitrique jusqu'à 64 kg N/ha à la mi-septembre, phénomène à relier au travail du sol.

La différence d'environ 30 kg N/ha entre la variante "travail du sol - sans semis de C.I." et les autres variantes est significative. Les crucifères semées peuvent dès leur première séquence de développement piéger beaucoup plus d'azote que le couvert spontané composé essentiellement de repousses de céréales.

En octobre, les valeurs de reliquats retrouvées sous les C.I. sont significativement plus faibles que celles observées sous le couvert spontané. La diminution nette des quantités de nitrates des parcelles de repousses spontanées après travail du sol entre les mesures de septembre et octobre ne peut s'expliquer que par l'absorption d'azote par les repousses de céréales, d'autant que le sol n'est pas encore saturé en eau à cette époque et qu'un lessivage n'est pas plausible.

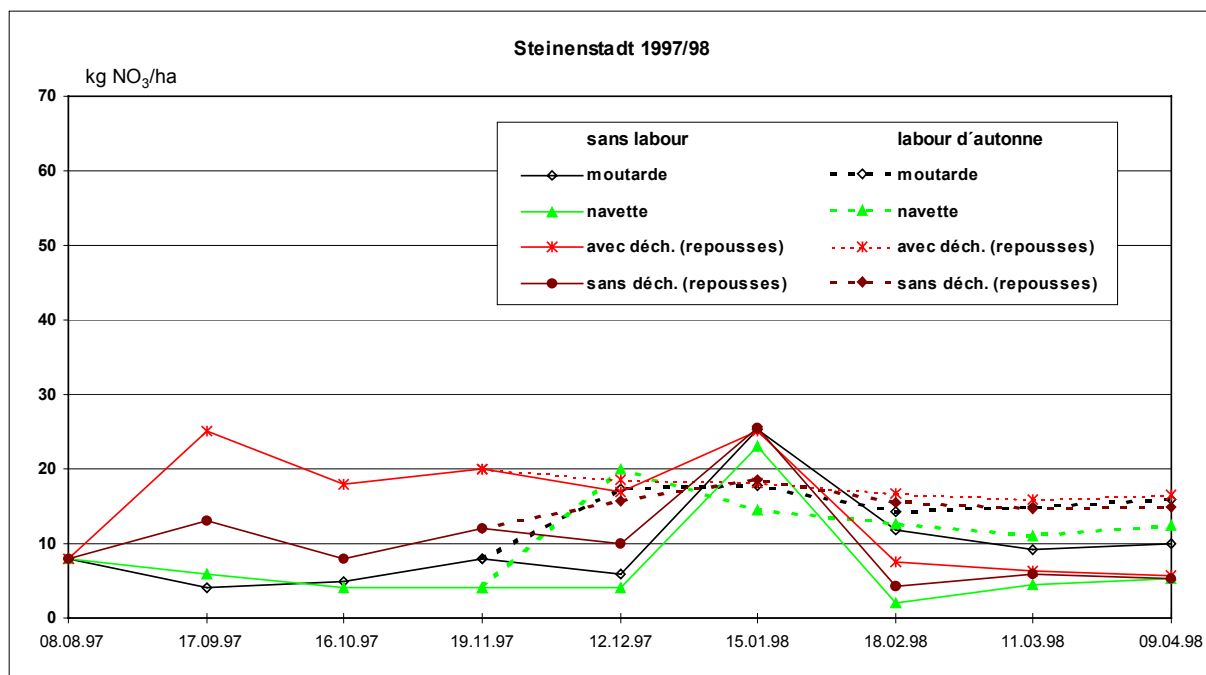
Pour les variantes sans travail du sol, les reliquats des parcelles avec la moutarde augmentent lentement après le gel de celle-ci pour atteindre 24 kg N/ha à la mi-avril. Pour celles couvertes de navette, elles restent constantes et inférieures à 10 kg N/ha alors que celles correspondant au couvert spontané diminuent pendant cette période de 24 kg N/ha à 5 kg N/ha.

Pour toutes les parcelles, les quantités d'azote nitrique du sol remontent continuellement après le labour de mi décembre jusqu'à début avril.

Etant donné les conditions climatiques de l'hiver 1997/1998, le retour à une situation de saturation de la RU et de drainage de l'eau en dessous de 100 cm, correspondant à une perte par lessivage d'azote, peut être évalué pour début janvier au plus tard. Selon le modèle de Burns, pour une lame d'eau drainante de 100 mm, 38 % des nitrates devraient avoir été entraînés en profondeur. Comme les quantités d'azote minéral retrouvées sous les parcelles sans labour sont restées en dessous de 25 kg N /ha, on peut penser que la perte absolue en nitrates est restée modeste.

Pour les parcelles après labour d'hiver, les reliquats montent jusqu'à avril pour atteindre en moyenne 35 kg N/ha, si bien que les pertes par lessivage ont dû être un peu plus fortes. Dans le même temps, la minéralisation des substances organiques a dû entrer en action, ce qui expliquerait la montée des mesures de reliquats pour la moutarde sans labour ainsi que pour l'ensemble des parcelles après labour d'hiver.

Suivi de l'azote nitrique du sol



A Steinestadt, les mesures de reliquats effectuées restent en deçà de 25 kg N/ha et ne fluctuent quasiment pas pendant la période de suivi. Ces résultats ne permettent pas d'apporter des éléments de réponse à la question posée.

Le réseau alsacien de 1998 confirme l'efficacité des moutardes sur la réduction du reliquat d'azote minéral dans le sol à l'entrée de l'hiver : les 14 mesures réalisées varient de 10 à 58 U, la mesure à 58 U pouvant être considérée comme exceptionnelle puisque celle qui lui est immédiatement inférieure vaut 36 U.

En conclusion, les résultats obtenus confirment que des cultures intermédiaires bien développées peuvent rapidement faire diminuer les quantités d'azote minéral du sol et ainsi réduire les risques de lessivage de nitrates à partir de l'automne.

IV. Les différents couverts étudiés sont-ils équivalents ?

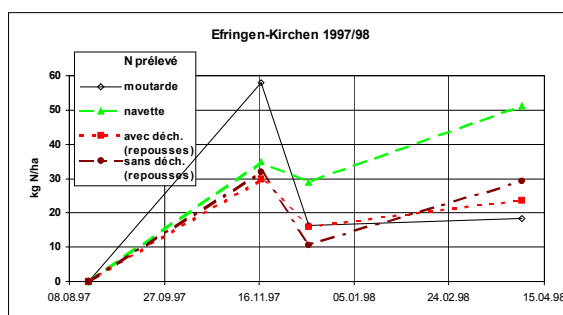
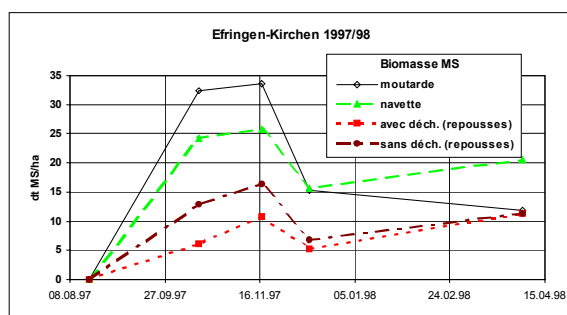
Seuls les essais du Bade-Wurtemberg permettent de répondre à cette question.

Les différents couverts comparés se distinguent bien sur l'année d'études 1997/98.

Selon les informations émises par les distributeurs agricoles, 80 % des surfaces de culture intermédiaire mises en place après céréales sont des moutardes. Les raisons de ce choix sont le développement rapide de l'espèce, qui étouffe les mauvaises herbes et garantit une absorption rapide de l'azote présent dans le sol, ainsi que la destruction de la végétation assurée dès l'atteinte de gelées d'environ -5°C .

Ces caractéristiques ont été confirmées dans notre essai.

Biomasse et absorption d'azote par les C.I.



A Efringen-Kirchen, de début décembre 1997 à début avril 1998, la matière sèche accumulée progresse d'environ 0,5 t MS/ha pour la navette et les repousses de céréales.

La progression de l'absorption d'azote chez la navette est la plus significative avec au printemps 50 kg N/ha d'immobilisés par la partie aérienne de la végétation.

Pour la variante moutarde, la disparition des plantes détruites par le gel fut partiellement compensée par le développement de repousses de céréales.

En comparaison, la navette d'hiver se développe lentement à l'automne, ne gèle pas et peut fixer de l'azote supplémentaire pendant l'hiver si les conditions sont douces. Les valeurs de reliquats restent constamment faibles durant tout l'hiver. Pour les parcelles couvertes de moutarde, on observe à la sortie de l'hiver une montée constante de l'azote minéral, qui s'explique par la minéralisation précoce de l'azote fixé par la moutarde (voir chapitre VI).

Au vu des résultats de cette année, on peut émettre les conseils suivants :

- Si une parcelle doit être labourée à la fin de l'automne ou au début de l'hiver, la moutarde présente alors les meilleurs avantages.
- Si le labour doit au contraire n'intervenir qu'au printemps, on choisira plutôt la navette d'hiver.

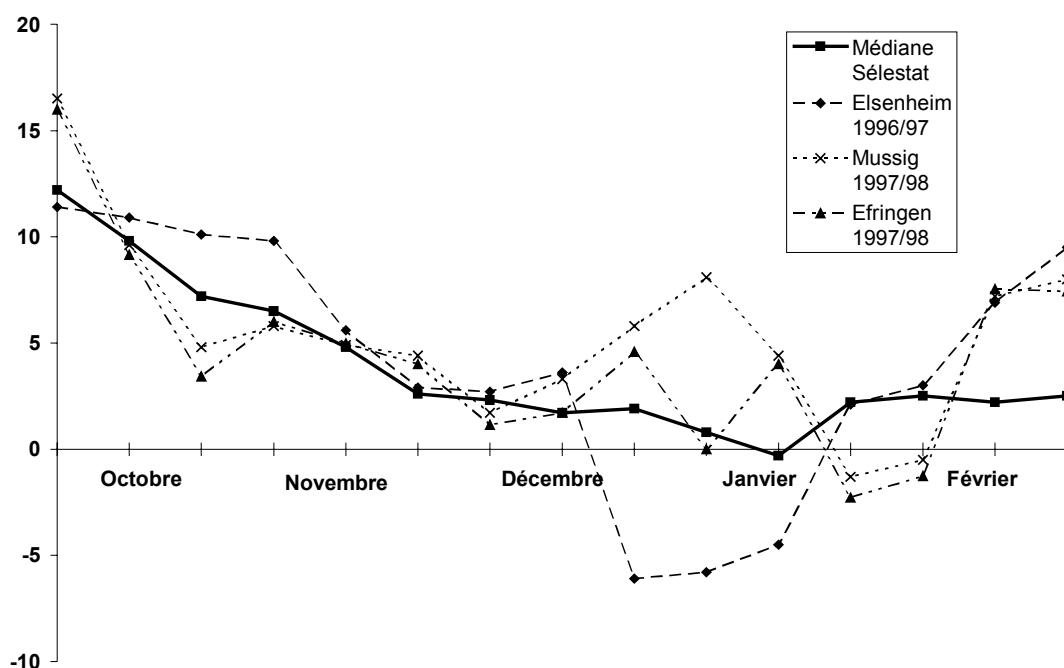
V. Cette technique n'induit-elle pas de nouveaux risques (minéralisation en hiver) ?

Les courbes de suivi de l'azote nitrique du sol montrent que la minéralisation des matières organiques peut se produire en hiver.

On l'a observé à Elsenheim en février, le reste de l'hiver ayant été très froid. A Mussig au contraire, l'hiver a été assez doux (voir graphique ci-dessous) et la minéralisation des matières organiques a pu se produire en décembre et janvier.

En Bade-Wurtemberg, les valeurs de l'azote nitrique du sol se montrent plus faibles dans le cas des parcelles couvertes de navette que dans le cas des parcelles couvertes de repousses de céréales, et celles des parcelles semées avec la moutarde sont en constante augmentation pendant tout l'hiver. Les températures enregistrées à Efringen-Kirchen sont très proches de celles de Mussig (voir graphique) et confirment la possibilité de minéralisation en hiver.

Température moyenne par décennie d'Octobre à Février



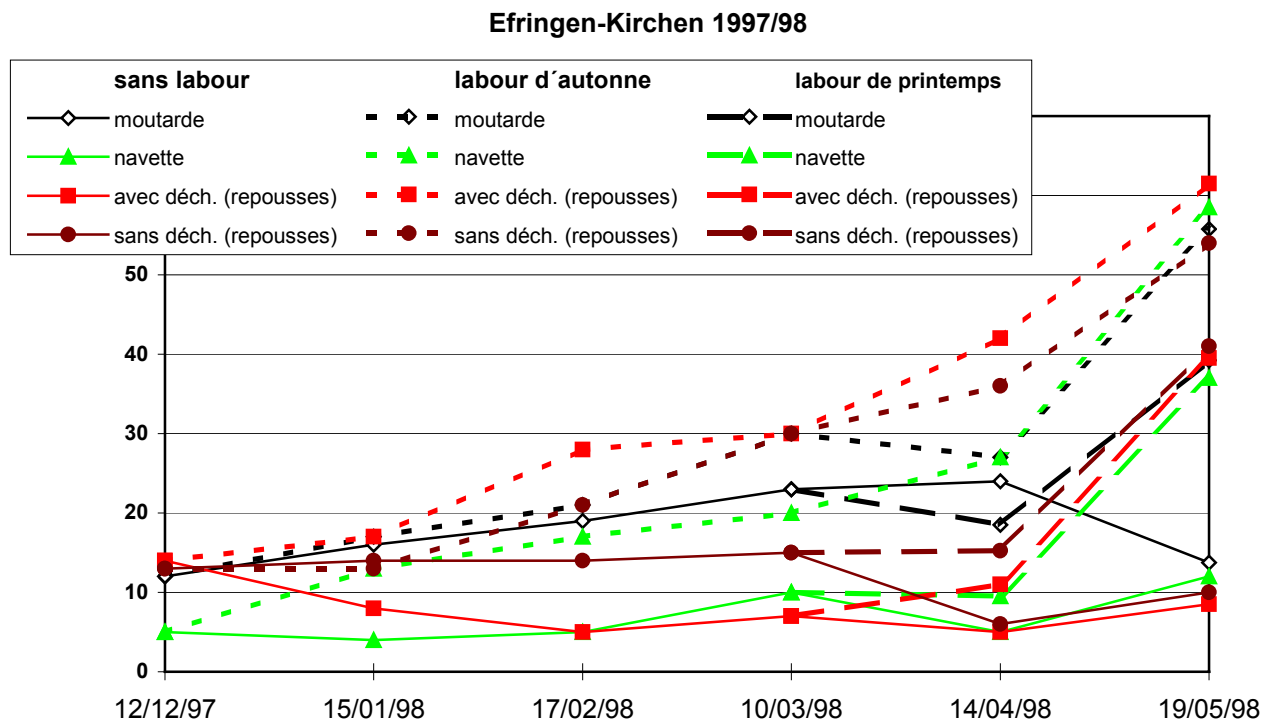
Les mesures réalisées sur le réseau alsacien 1998 confirment cette remontée des quantités d'azote minéral dans le sol dès la fin de l'hiver : valeurs variant de 37 à 139 U pour des mesures réalisées le 23/3/99.

L'azote immobilisé par les cultures intermédiaires peut donc se reminéraliser assez rapidement : dès février, voire tout l'hiver si celui-ci est suffisamment doux.

VI. Existe-t-il une parade pour ces nouveaux risques (labour après l'hiver) ?

Seuls les essais du Bade-Wurtemberg permettent de répondre à cette question grâce au traitement "labour de printemps".

Suivi de l'azote nitrique du sol



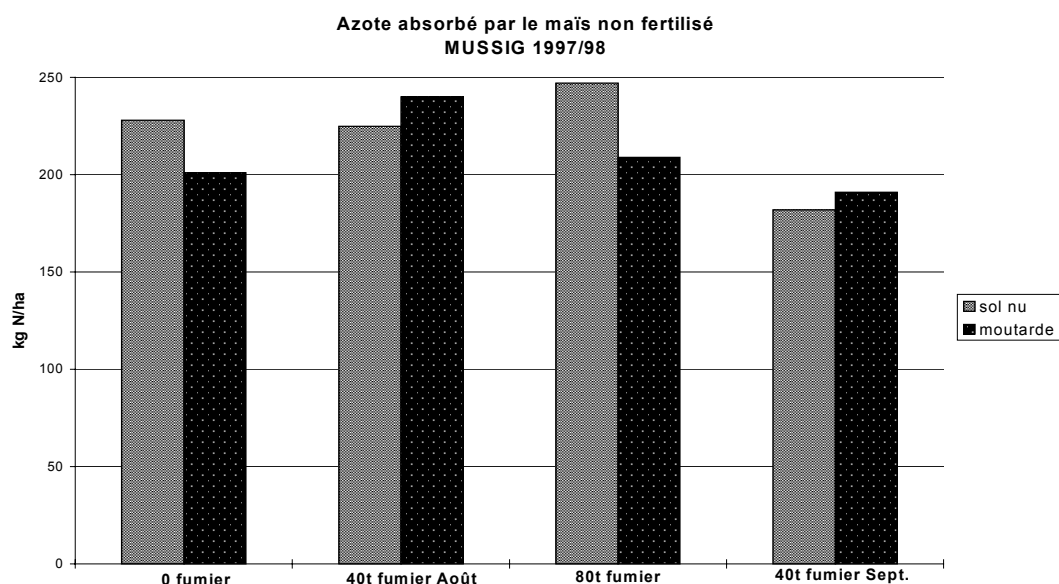
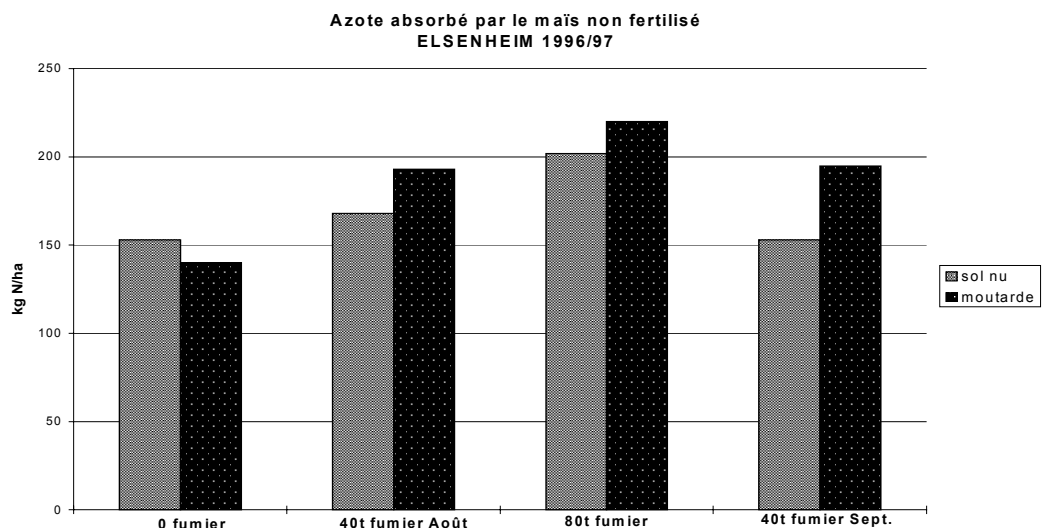
Le labour de printemps (fin mars) retarde la minéralisation et les valeurs de reliquat d'azote restent environ 20 kg N/ha au dessous des valeurs des parcelles labourées en décembre.

Le risque de lessivage de nitrates au printemps semble donc réduit par un labour tardif.

VII. Quelles conséquences cette culture intermédiaire a-t-elle sur la culture suivante ?

C'est le suivi de témoins non fertilisés dans la culture de maïs qui suit la culture intermédiaire qui permet de répondre à cette question.

Quantité d'azote absorbé par le maïs non fertilisé (kg N/ha)

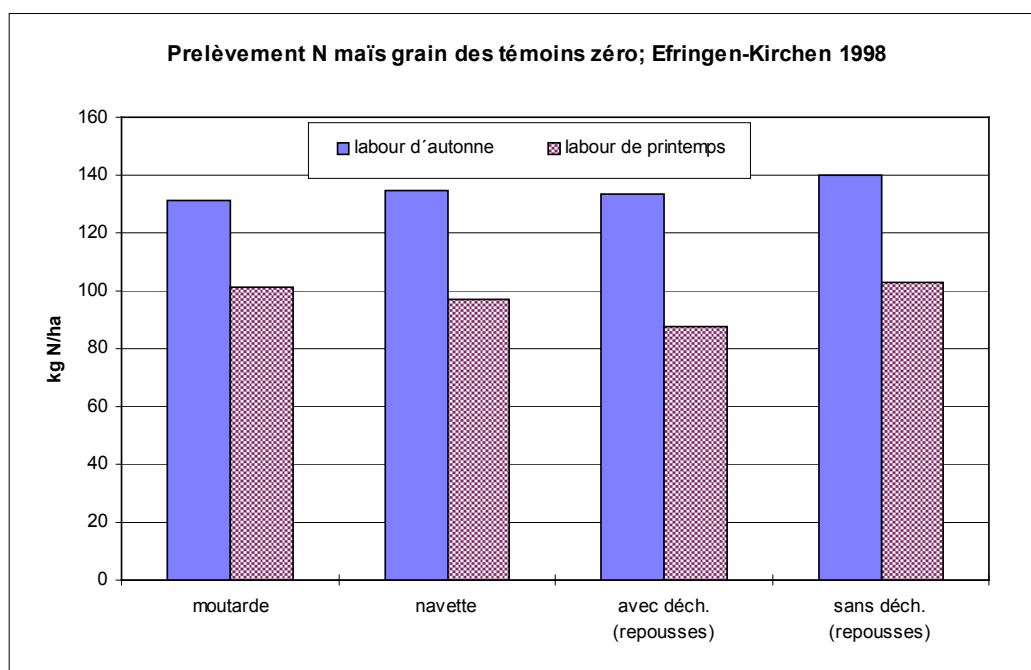


Sur 8 couples de résultats alsaciens, on constate que dans 5 cas, les fournitures d'azote du sol au maïs sont supérieures après moutarde, alors que dans 3 cas, c'est l'inverse. A Elsenheim, où les pertes de nitrates par lessivage en hiver ont été nettes, on observe majoritairement un effet positif de la moutarde, qui se chiffre à 20 à 30 unités d'azote, soit 20 à 25% de l'azote absorbé par les parties aériennes de la moutarde. A contrario, à Mussig où ces pertes ont sans doute été faibles, la tendance est plutôt inverse. Cela nous conduit à l'interprétation suivante : lorsqu'il y a effectivement des pertes de nitrates par lessivage, la culture intermédiaire, en empêchant ces pertes, est capable de restituer une partie de l'azote immobilisé à la culture suivante. Au contraire, s'il n'y a pas eu de lessivage, les nitrates utilisés par la culture intermédiaire "manquent" à la culture suivante, car la culture intermédiaire ne se reminéralise pas à 100% pour cette culture. Il faut alors s'interroger sur l'effet à long terme d'une pratique systématique des cultures intermédiaires : observerait-on une augmentation du niveau "de base" des fournitures du sol ?

A Efringen-Kirchen, les quatre variantes de couverture de sol avec labour hivernal ne se distinguent pas au niveau de la quantité d'azote absorbée par la culture suivante. Pour les variantes après labour de printemps, seul le couvert spontané après travail du sol décroche un peu.

Les cultures intermédiaires ne montrent ainsi, dans les conditions de l'essai (du site et de l'année climatique), pas d'avantages particuliers pour le maïs par rapport au couvert spontané à base de repousses de céréales.

Les raisons qui peuvent être avancées, sont que le couvert spontané grâce à l'importance des repousses a quand même réussi à capter 30 kg N/ha jusqu'en novembre dans les parties aériennes, et que le retour à une situation de saturation du sol et lessivage de l'azote n'est intervenu qu'à un moment où les différences entre les reliquats des quatre variantes étaient minimales (valeurs comprises entre 5 et 15 kg N/ha).



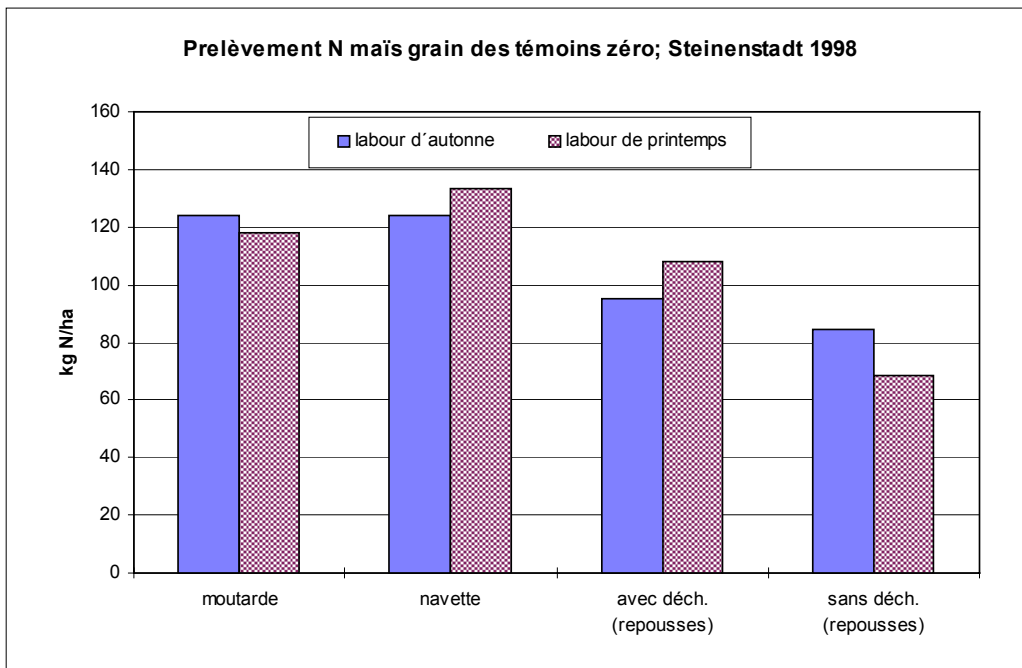
Pour toutes les variantes testées, les quantités d'azote absorbé par le maïs après labour d'automne (mi-décembre) sont supérieures de 25 à 40 kg N/ha à celles après labour de printemps. Dès mi-avril 1998, les valeurs de reliquats après labour d'automne sont plus élevées d'environ 20 kg N/ha que celles après labour de printemps.

Les expériences tirées du projet A 1.1 de l'ITADA montrent que la minéralisation après labour de printemps n'atteint un même niveau qu'après labour d'automne que deux années sur trois, notamment lorsqu'il y a suffisamment d'eau disponible.

A Steinenstadt, on a constaté une grande différence entre les quantités d'azote absorbées par le maïs.

Après labour d'hiver, la moutarde et la navette sont supérieures au couvert spontané et pour le labour de printemps, la valeur enregistrée derrière la navette est nettement supérieure à celles des autres variantes. La valeur enregistrée pour le couvert spontané sans travail du sol chute particulièrement.

Les raisons à cela pourraient être l'effet positif des cultures intermédiaires sur la structure du sol, puisqu'au niveau des valeurs de reliquat il n'y avait quasiment pas de différences entre les variantes et que les cultures intermédiaires se sont peu développées en raison du manque d'azote.



Si l'on compare les niveaux d'azote absorbé après moutarde et navette dans les deux essais, on constate qu'après labour d'hiver, les valeurs de Steinestad sont tout juste inférieures à celles d'Efringen-Kirchen. Après le labour de printemps des cultures intermédiaires, le maïs a fixé plus d'azote à Steinestad qu'à Efringen, malgré les valeurs d'azote minéral plus faibles retrouvées au printemps.

Une explication à cela serait la différence de pluviométrie reçue par chaque site entre mai et septembre : à Steinestad 365 mm et à Efringen-Kirchen 297 mm. Aucune des parcelles n'a été irriguée.

Après la récolte du maïs à la mi-octobre, les reliquats d'azote ont été mesurés sur toutes les parcelles. A Efringen-Kirchen, les valeurs sont restées en dessous de 30 kg N/ha jusqu'à début décembre. La parcelle a été ensuite labourée et l'essai arrêté.

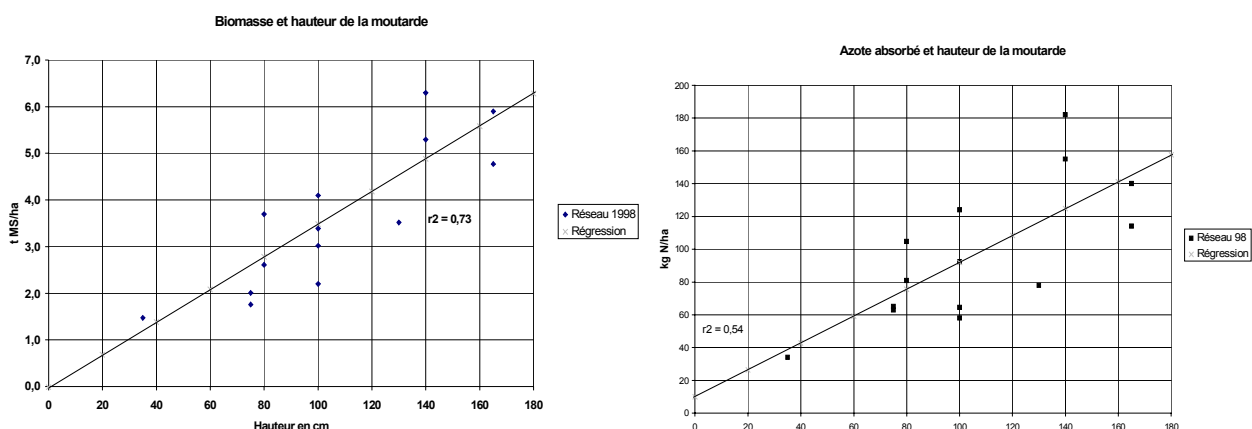
En conclusion, il apparaît que l'effet de la culture intermédiaire sur la culture suivante n'est pas univoque : il dépend au moins de l'intensité des pertes de nitrates que cette culture a permis d'éviter, des quantités d'azote qu'elle a absorbé et des conditions de labour et de préparation du sol (effet sur la structure du sol de la culture intermédiaire). Les différences de fournitures du sol peuvent varier de -20 à +20 kg N/ha.

VIII. Peut-on estimer l'absorption d'azote par une moutarde sans la mesurer ?

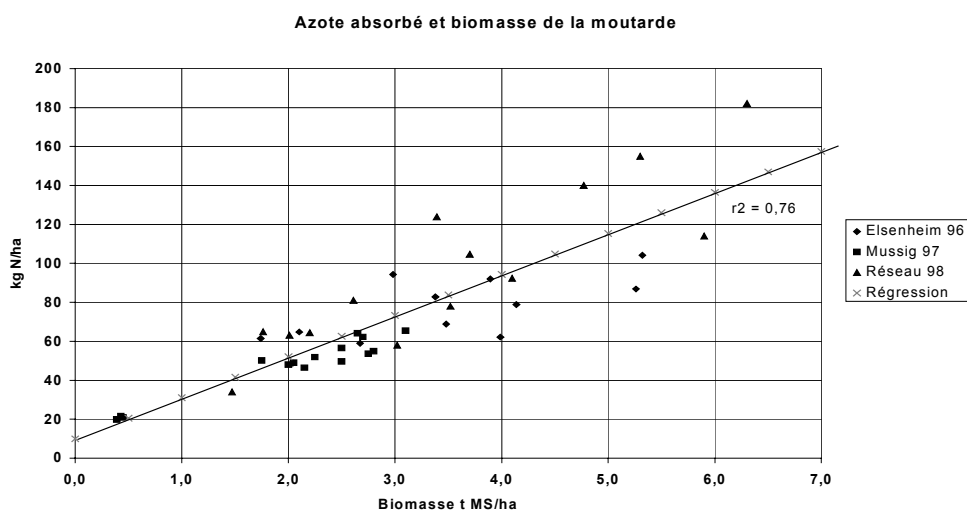
L'objectif de cette évaluation est de déterminer le moment où la moutarde a rempli sa mission de "pompe à nitrates" en évitant qu'elle ne se transforme en "pompe à eau".

A Mussig, les photographies prises montrent que, lorsque la moutarde a 10 cm de haut et couvre le sol, sa production de matière sèche est de 0,5 t/ha et son absorption d'azote d'environ 20 unités. Lorsque cette même moutarde atteint 80 cm à 1 m, sa production de matière sèche est de 2 à 2,5 t/ha et son absorption d'azote est d'une cinquantaine d'unités.

Des observations équivalentes ont été réalisées sur le réseau 98. On observe un lien assez étroit entre la hauteur mesurée de la moutarde et sa production de matière sèche (coefficient r^2 égal à 0,73). Le lien est plus lâche entre hauteur et quantité d'azote absorbé par les parties aériennes ($r^2 = 0,54$).



Par ailleurs en reprenant l'ensemble des mesures réalisées sur la moutarde, on observe une bonne liaison entre biomasse et azote absorbé.



En conclusion, la hauteur de la moutarde peut être retenue comme indicateur grossier de l'absorption d'azote. Il reste néanmoins à déterminer le niveau potentiel d'azote à absorber : celui-ci peut être très élevé en particulier dans les cas de surfertilisation de la culture précédente ou d'apport de déjections animales.

CONCLUSION

Ces expérimentations, réalisées selon des protocoles complémentaires, ont permis de mener une réflexion d'ensemble sur la gestion de l'interculture céréales à paille - maïs dans le fossé rhénan, dans le but de réduire les pertes de nitrates par lessivage.

Nous avons en effet montré que, dans nos conditions pédoclimatiques, une culture intermédiaire semée en août après la récolte du blé peut se développer et absorber de l'azote, sous réserve d'une disponibilité suffisante en azote, que celui-ci provienne de la culture précédente ou de la minéralisation estivale et automnale de la matière organique. Pour la moutarde, la mesure de sa hauteur peut donner une estimation de la quantité d'azote absorbé ; il faudrait aussi pouvoir prévoir la quantité d'azote à absorber, selon la fertilisation de la culture précédente et le régime de restitutions organiques.

Le développement de ces cultures intermédiaires conduit à une forte réduction des reliquats d'azote minéral du sol à l'entrée de l'hiver, ce qui limite les pertes de nitrates par lessivage au cours de l'hiver. La moutarde, grâce à sa croissance rapide, a l'effet le plus fort sur cette réduction de reliquat, mais la navette, qui résiste au gel et continue à pousser en hiver, a un effet à plus long terme si elle n'est pas labourée avant l'hiver. Les repousses de céréales captent aussi de l'azote, mais leurs capacités d'absorption sont insuffisantes pour des quantités importantes d'azote (en cas d'apport de déjections animales par exemple).

Les cultures intermédiaires enfouies en fin d'automne peuvent se reminéraliser assez tôt en fin d'hiver si celui-ci est suffisamment doux. Un labour de printemps permet de retarder cette reprise de minéralisation. Cette technique n'est néanmoins pas envisageable pour tous les types de sol.

L'effet de la culture intermédiaire sur la culture de maïs suivante a été analysée au travers des fournitures d'azote du sol. Il se révèle variable et fortement dépendant du lessivage effectif au cours de l'hiver, du développement de la culture intermédiaire et des conditions de labour et d'implantation du maïs (effet de la culture intermédiaire sur la structure du sol).

L'implantation d'une culture intermédiaire entre une céréale à paille et un maïs peut être conseillée aux agriculteurs du fossé rhénan. Cette technique enrichit la panoplie des outils dont disposent les agriculteurs pour réduire les pertes de nitrates sous leurs parcelles.

SOUS-THEME 2 : optimisation de la gestion des cultures intermédiaires dans le cadre d'une monoculture de maïs

Rédaction : Françoise Junkers-Schwing (AGPM)

I SITUATION INITIALE ET POSITION DU PROBLEME

La plaine du Rhin supérieur est largement couverte par la culture du maïs grain, surtout dans la partie alsacienne où elle représente environ 50% de la surface agricole utile (soit environ 150 000 ha). Dans de nombreuses situations le maïs revient derrière lui-même et la monoculture de maïs laisse le sol nu pendant tout l'hiver en particulier dans cette région semi continentale où les labours se font dès la fin novembre.

L'automne est une période au cours de laquelle la conjonction de deux phénomènes contribue à faire apparaître un risque de lessivage :

- forte minéralisation dans les sols, avec enrichissement en nitrates.
- apparition d'un bilan climatique excédentaire, où les pluies sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle et entraînent un retour progressif à une situation de drainage des sols.

Le risque de lessivage peut alors se trouver aggravé par :

- l'absence de couvert végétal en automne : tous les nitrates présents dans le sol sont alors disponibles pour le lessivage.
- des reliquats élevés après récolte liés à un excédent de fertilisation (mauvais ajustement de la fumure azotée aux besoins de la culture). Ces reliquats sont susceptibles d'être entraînés par les pluies d'automne vers la nappe, en particulier sur les sols les plus filtrants et dans les secteurs où la nappe est proche de la surface du sol.

Les références acquises dans les divers essais conduits par l'ARAA de 1987 à 1994 en Alsace indiquent qu'en moyenne, lorsque la fertilisation azotée du maïs est ajustée, les reliquats post-récolte sont de 43 U. Ils s'élèvent à 75 U dans les situations où l'azote n'est pas limitant.

Dans la partie badoise, en revanche, la problématique « cultures intermédiaires » concerne plus particulièrement les exploitations d'élevage, dans lesquelles le maïs est cultivé comme fourrage, c'est-à-dire récolté à une date plus précoce que le maïs grain, laissant plus de sol nu et fertilisé à l'aide de déjections animales.

Nos expérimentations ne concernent pas le maïs semences, dont il existe quelques hectares de production en Bade-Wurtemberg mais qui constitue un cas particulier (destruction précoce des bandes mâles).

En Bade-Wurtemberg, l'implantation d'une culture intermédiaire en monoculture de maïs grain est obligatoire dans les périmètres de captage protégé selon le décret SchALVO (Schutzgebiets- und Ausgleichs- Verordnung). Le maïs semences fait l'objet de la même obligation. Il existe de plus le programme de mesures agro-environnementales MEKA qui encourage dans le Land notamment la mise en place de culture intermédiaire à l'automne derrière un maïs suivi d'une culture de printemps.

Les parties française et allemande se sont donc attachées à étudier une même problématique mais dans deux cas très différents.

Le rapport de synthèse se propose de répondre à quelques questions clés ciblées qui en constituent le plan.

Question 1 :

Quels sont les compléments d'information apportés sur l'implantation des semis de graminées sous couvert de maïs ?

Question 2 :

Quelles sont les performances du semis sous couvert dans les deux systèmes ?

Question 3 :

Quelles sont les alternatives possibles et que peut-on en penser ?

II OBJECTIFS

L'expérimentation mise en place en Alsace et en Bade-Wurtemberg de 1996 à 1998 a pour objet de tester la faisabilité de l'implantation d'une culture intermédiaire entre deux maïs grain ou entre deux maïs fourrage et d'estimer son aptitude à prélever les nitrates du sol après la récolte.

► Côté français on se situe en plaine, dans un système d'exploitation purement céréalier en monoculture de maïs grain. Un essai a été mis en place en 96 à Marckolsheim, puis en 97 et 98 sur l'exploitation du Lycée Agricole de Rouffach.

► Côté allemand on se situe en système d'élevage, avec monoculture de maïs fourrage et apport de déjections animales, donc un système de culture très différent. Les parcelles expérimentales de 96 à 98 se situent dans un secteur proche de la Forêt Noire, dans la petite région du Dreisamtal à l'Est de Freiburg, dans un contexte climatique également différent de celui de la plaine alsacienne. En outre, elles sont incluses dans un périmètre de captage d'eau protégé où la mise en place d'une culture intermédiaire entre deux maïs est obligatoire et où l'objectif premier est d'arriver à réduire les reliquats en nitrates en novembre en dessous de la valeur limite de 45 kg N/ha fixée par le décret SchALVO. Or ce n'est pas toujours évident à cause des fréquents apports de déjections animales.

III METHODES ADOPTEES

► Le protocole d'essai retenu en Alsace est le suivant :

Sur une parcelle à sol moyennement filtrant et implantée avec une variété précoce de maïs (indice 250-270), on met en place 8 traitements en bande. Chaque bande mesure 5 mètres de large sur 30 mètres de long.

Le maïs est récolté à 2 dates différentes : à la mi-septembre et à la mi-octobre. La modalité « récolte précoce » conditionne la gamme de précocité de la variété.

Sur la partie récoltée à la mi-septembre, on compare :

- un sol nu
- un mélange de graminées à raison de 25 kg/ha, implanté dans le maïs au dernier passage de tracteur (20/6)
- une moutarde (15kg/ha) ou un mélange moutarde (6kg/ha) + radis (6kg/ha) semé après la récolte du maïs
- un seigle (100kg/ha) semé après la récolte du maïs et détruit par un labour normal (1/12)
- un seigle (100kg/ha) semé après la récolte du maïs et détruit par un labour tardif (15/3)

Sur la partie récoltée à la mi-octobre, on compare :

- un sol nu
- un mélange de graminées à raison de 25 kg/ha, implanté dans le maïs au dernier passage de tracteur (20/6)
- un seigle (100kg/ha) semé après la récolte du maïs et détruit par un labour tardif (15/3)

Sur ces traitements, on réalise un suivi de l'azote du sol aux 15/9, 15/10, 1/12 et 15/3 qui représentent les 2 dates de récolte du maïs, la date de labour classique, et une date de labour tardive permettant au couvert de rester en place durant tout l'hiver.

On mesure la biomasse et l'azote prélevé par les cultures intermédiaires aux 15/10, 1/12 et 15/3.

Le tableau ci-dessous résume les différentes modalités et les interventions à réaliser.

Tableau récapitulatif des opérations à réaliser :

N° trait.	1	2	3	4	5	6	7	8
Récolte maïs	15/10	15/10	15/10	15/9	15/9	15/9	15/9	15/9
Couvert	seigle	sol nu	ray-grass	ray-grass	sol nu	moutarde + radis	seigle	seigle
Date semis	16/10	-	20/6	20/6	-	16/9	16/9	16/9
Date labour	mars	1/12	1/12	1/12	1/12	1/12	1/12	mars
Reliquats 15/09				X	X			
Reliquats 15/10		X	X	X	X	X	X	
Reliquats 1/12	X	X	X	X	X	X	X	
Reliquats 15/03	X	X	X	X	X	X	X	X
Biomasse et N prélevé. 15/10						X		
Biomasse et N prélevé. 1/12	X		X	X		X	X	
Biomasse et N prélevé. 15/03	X							X

NB : les dates sont théoriques. Dans la pratique, elles n'ont pas forcément pu être respectées.

En résumé, l'expérimentation conduite côté français cherche à tester la faisabilité et l'efficacité de 2 modalités de couverture du sol en monoculture de maïs grain :

- 1) - l'implantation de ray-grass ou d'une association de graminées sous couvert de maïs au printemps.
- 2) - l'implantation d'un couvert après la récolte du maïs à l'automne.

En 1996, cette expérimentation est menée à Marckolsheim chez Monsieur Peterschmitt par l'ITCF en collaboration avec l'AGPM et les SUAD des 2 départements.

En 1997 et 1998, cette expérimentation est conduite sur la ferme du Lycée Agricole de Rouffach par l'AGPM, en collaboration avec M. Birgaentzle, responsable de l'exploitation du Lycée et l'ITCF. Dans les deux cas, le système de culture est un maïs grain conduit en monoculture depuis plus de 10 ans et sans apport de déjections animales ou de matières organiques.

La description complète de ces essais, dates d'interventions et résultats de mesures est présentée en annexe 4.

► En Bade-Wurtemberg

Seule la technique de semis sous couvert de maïs a été étudiée : elle est considérée comme une possibilité de mise en place d'une culture intermédiaire économique quant au coût des semences et des interventions culturales.

L'implantation de ray-grass sous couvert de maïs a été plus particulièrement suivie dans plusieurs parcelles conduites en maïs fourrage (monoculture) sur des sols argilo-sableux acides, relativement peu profonds et riches en matière organique (>3%) par suite d'apports fréquents de déjections animales (système élevage).

Ces parcelles sont réparties sur 7 communes du « Dreisamtal » qui constitue une petite région à l'Est de Freiburg, classée en W.S.G. (périmètre de captage protégé), dans lequel la mise en place d'une culture intermédiaire est obligatoire. Dans ce secteur du Bade-Wurtemberg, qui borde la

Forêt-Noire, l'altitude varie de 320 à 450 m et la pluviométrie est relativement importante : 1000 à 1200 mm/an, soit pratiquement le double de la pluviométrie de Rouffach. 87% de ces précipitations tombent sur la période mars-novembre.

Les sites étudiés sont communs au projet A1.1 sur la gestion des déjections animales et font l'objet de comparaisons de différents systèmes de conduite qui font varier le travail du sol.

C'est pourquoi, sur un même site il existe plusieurs résultats, qui correspondent à différentes variantes d'interventions culturales : semis direct, semis avec fraissage sur le rang, semis après labour de printemps et semis après labour d'automne. Au total on comptabilise :

- . en 1996 : 15 lieux, 47 Parcelles,
- . en 1997 : 14 lieux, 55 parcelles,
- . en 1998 : 14 lieux, 55 parcelles dont 35 seulement avec sous-semis.

Des observations et des notations de hauteur de plante, de pourcentage de couverture et d'homogénéité du couvert ont été réalisées pour l'ensemble des parcelles (cf.annexe 6).

Hormis en 96, les mesures de biomasse, d'azote absorbé et de reliquats n'ont été effectuées à l'entrée de l'hiver que dans quelques unes des parcelles suivies.

Pendant l'hiver 96/97, dans certaines modalités, le ray-grass est resté en place jusqu'en avril, ce qui permet d'évaluer l'intérêt éventuel d'un piégeage hivernal.

IV RESULTATS

Question 1 :

Quels sont les compléments d'information apportés sur l'implantation des semis de graminées sous couvert de maïs ? Cet aspect a été traité de part et d'autre de Rhin dans les deux systèmes de culture.

Des expérimentations conduites sur ce thème ont été réalisées dans le cadre du premier programme ITADA (1994-96) aussi bien en Alsace qu'en Bade-Wurtemberg. Elles ont permis de sélectionner des combinaisons espèce/date de semis intéressantes pour piéger l'azote résiduel après une culture de maïs.

L'objet visé dans le deuxième programme consiste à vérifier ces effets et à en mesurer l'efficacité.

Choix de l'espèce

Compte tenu d'expérimentations menées par ailleurs sur ce thème, c'est une association de graminées qui a été retenue comme espèce à planter sous le couvert de maïs. En effet, ces espèces peuvent survivre sous le maïs alors que ce n'est pas le cas de la moutarde et de la phacélie. De plus, elles présentent une bonne aptitude à se développer et à couvrir le sol dès la mise en lumière permise par la récolte en automne.

Les mélanges de graminées testés sont de deux natures :

- Association de ray-grass anglais (70%) et de ray-grass italien (30%) (*Sedamix* des Ets. Nungesser, à raison de 25 kg/ha), utilisée dans l'expérimentation de 96 et 97 en Alsace ainsi que dans les sites du Dreisamtal.
- Mélange de seigle *JD* (marque déposée *Jouffray-Drillaud*) et ray-grass hybride utilisée uniquement dans l'expérimentation de 98 côté français sur les conseils de la société *Jouffray-Drillaud* qui a travaillé sur ce sujet.

Il s'agit du mélange « Chlorofiltre n°3 » qui contient 60% de seigle *JD* et 40% de RG hybride. Le seigle *JD* dispose d'un pouvoir de tallage important et le ray-grass hybride résiste mieux à l'ombrage. On espère ainsi donner à la culture intermédiaire plus de chances de s'implanter.

Date de semis

Deux écoles existent en la matière :

- Un semis précoce à une époque où le maïs laisse encore beaucoup de lumière entre les rangs (stade 6-8 feuilles). Dans ces conditions le ray-grass a les meilleures chances de s'implanter. Mais il ne le fera pas si l'itinéraire de désherbage n'a pas été adapté et réorienté vers des traitements de post-levée sélectifs ou réalisés sur le rang. En effet, un semis précoce du ray-grass peut être contrarié par la rémanence de produits herbicides antigraminées positionnés juste après le semis du maïs, c'est à dire moins de 2 mois avant. Au stade 6-8 feuilles du maïs, certains désherbages de rattrapage ne sont pas terminés : en traitant en plein, à l'aide d'une sulfonylurée, par exemple, on peut alors détruire le ray-grass. C'est pourquoi, dans ce contexte, il vaut mieux opter pour un désherbage combiné de post-levée, qui associe traitement chimique sur le rang et binage dans l'inter-rang.

En s'implantant tôt entre les rangs de maïs, le ray-grass peut aussi concurrencer la jeune culture et avoir une incidence sur son rendement.

- Un semis plus tardif, à un stade où le tracteur peut encore passer, mais avant que le feuillage du maïs ne couvre complètement le sol, auquel cas l'absence de lumière ne permettrait pas même un début d'implantation de la graminée. C'est le stade « genoux » du maïs qui a alors 10-11 feuilles. Ce stade est généralement atteint autour du 20 juin. A cette période, les herbicides appliqués en prélevée sont théoriquement en fin d'activité, mais pour donner sa chance au ray-grass, il vaut mieux adopter un désherbage de post-levée à base de produits foliaires peu rémanents. Celui-ci pourra être réalisé en plein, c'est à dire nécessitera moins d'adaptation au niveau du matériel de l'agriculteur, puisque dans cette stratégie, le semis de ray-grass intervient quelques jours après les derniers désherbages de post-levée.

En semant les graminées à ce stade, sur un maïs déjà bien installé, on minimise également les risques de concurrence.

C'est le stade « genoux » du maïs qui a été retenu dans les expérimentations transfrontalières pour le semis des graminées.

A Rouffach il a été réalisé à la main, à la volée, car il s'agissait de petites surfaces. En Bade-Wurtemberg, comme il s'agit de bandes plus importantes, il a été réalisé grâce à un épandeur à engrais pneumatique.

Dans la pratique si la technique devait être appliquée par l'agriculteur sur une grande surface, l'outil le mieux adapté, du parc classique de matériel, est l'épandeur à engrais pneumatique, type DP 12, équipé de pendillards.

Adaptation du désherbage

Il va de soi que si l'on veut donner une chance à la culture intermédiaire de s'implanter, sachant que c'est une graminée, il faut éviter d'employer des herbicides antigraminées peu sélectifs et qui seront encore actifs dans le sol au moment du semis.

► Côté français, ce point n'a pas été respecté en 96 à Marckolsheim, où l'agriculteur avait traité sa parcelle en plein avec une association d'Alachlore et d'Atrazine. Cette erreur, liée à une mise en place trop rapide de l'expérimentation, a pu jouer un rôle non négligeable dans l'échec de l'implantation du *Sédamix*.

Comme cela a déjà été mentionné ci-dessus, la réussite du semis de ray-grass est conditionnée par un désherbage de post-levée, réalisé en plein quelques jours avant avec des produits peu rémanents ou à un désherbage mixte.

Pour assurer la poursuite du projet il a donc été décidé de placer l'expérimentation dans une exploitation équipée de matériel capable de réaliser une pulvérisation sur le rang couplée à un binage de l'inter-rang. D'où le choix du site de la ferme du Lycée Agricole de Rouffach en 97 et 98 pour lequel les caractéristiques préalables étaient respectées (sol moyennement filtrant, irrigation). La stratégie de désherbage retenue est un traitement de post-levée, avec une association antigraminée + antidicotylédone « *Milagro* + *Mikado* » appliquée sur le rang combinée à un binage des inter-rangs. Ce type de désherbage, réalisé en gros 3 semaines avant le semis des

graminées, ne présente aucun risque de phytotoxicité et, grâce au binage des inter-rangs on offre des conditions plus favorables au semis qui va suivre.

► Côté allemand, la question de l'Atrazine et de l'Alachlore ne se pose plus puisque ces matières actives sont interdites d'utilisation et que la pratique se généralise vers des interventions de post-levée. Le désherbage a donc été effectué sur la base de traitements de post-levée avec une association antigraminée + antidicotylédone (*Cato* + *Duogranol*, noms commerciaux en France = *Titus* + *Instant*). En 1996, a été réalisé un désherbage combiné avec traitement chimique sur le rang et binage dans l'inter-rang, suivi par un deuxième binage. Pour des raisons économiques et de charge de travail, en 1997 et 1998, le désherbage a été effectué en plein, parfois complété par un anti-liseron quand c'était nécessaire et il n'a été fait qu'un seul binage. En effet, pendant la période de désherbage du maïs l'éleveur est occupé par la récolte de foin qui prévaut sur toutes les autres opérations culturales.

Ce désherbage a été réalisé comme en France, 3 semaines avant le semis de *Sédamix*, sur un maïs à 4 feuilles.

► Malgré ces précautions, sur le site de Rouffach, le *Sédamix* ne s'est pas implanté en 97 au point qu'il n'a pas été possible de mesurer une biomasse. En 98 l'implantation du *JD* était un peu mieux réussie mais avec un développement faible et irrégulier. La mauvaise qualité du désherbage en 98, liée à un binage trop tardif qui n'a pas bien nettoyé les inter-rangs a joué un rôle dans cette irrégularité. Dans ce contexte, on peut imaginer qu'un traitement « *Milagro* + *Mikado* » appliqué en plein aurait été plus efficace dans le désherbage des inter-rangs, sans pour autant pénaliser le ray-grass puisque l'application a eu lieu avec un délai suffisant par rapport au semis du couvert (3 semaines avant).

On met en évidence ici les limites du binage dont l'efficacité dépend du stade des mauvaises herbes et dont la réalisation est très dépendante de la portance du sol.

En tout état de cause, que ce soit avec *Sédamix* ou avec *JD*, la culture intermédiaire ne se développe pas tant que le maïs est en place, et ceci malgré l'irrigation ; au mieux on observe quelques brins étiolés en fin de cycle quand les feuilles du maïs deviennent sénescentes. C'est donc seulement après la récolte qui se traduit par une réelle mise en lumière, que l'on voit verdir les inter-rangs de façon significative.

► Dans le Dreisamtal, certains échecs dans le développement du ray-grass sont dus à une mauvaise maîtrise du désherbage : mauvais choix de produit, traitement trop tardif, conditions climatiques défavorables. Par exemple, dans le site de Kirchzarten en 1998, les parcelles de semis direct et fraisée sur le rang couvertes de mauvaises herbes ont constitué un obstacle important à l'installation du ray-grass. A l'inverse, sur les parcelles labourées, le désherbage étant mieux réussi, la culture intermédiaire s'est bien mieux développée.

Autres facteurs de réussite : la lumière et la pluviométrie.

Au cours des 3 années d'expérimentation, il est apparu clairement que l'ombrage (manque de lumière) provoqué par le feuillage du maïs était un obstacle à l'implantation de la culture intermédiaire puisque celle-ci ne pousse pas tant que le maïs est en place. Des observations faites en 1996 dans l'essai de Marckolsheim, où le ray-grass a poussé dans le passage d'irrigation semblent indiquer et confirmer le rôle important de la lumière. De même dans un site du Dreisamtal touché par la grêle en 98, le sous-semis de ray-grass s'est bien mieux développé que sous un maïs dont le feuillage était resté intact.

Mais une fois cette mise en lumière réalisée après la récolte, le facteur qui conditionne la croissance des graminées est le climat, en particulier la pluviométrie.

► Dans la plaine alsacienne, les conditions climatiques de septembre et octobre très contrastées entre 97 et 98 sont très révélatrices : en 97, malgré une mise en lumière précoce (23/09), le ray-grass ne s'est pas développé à cause d'une relative sécheresse, (pluviométrie entre le 10/09/97 et le 10/10/97 = 19.7 mm), et d'un temps quasi estival à cette période de l'année, propice au dessèchement du sol en surface. Ce ne fut pas le cas de 98, nettement plus arrosé à l'automne, (pluviométrie entre le 10/09/98 et le 10/10/98 = 86.3 mm), et où, pour une mise en lumière des inter-rangs à la même date, le mélange *JD* s'est mieux développé.

Nous n'avons pas la modalité *Sédamix* en comparaison en 98, ce qui nous aurait permis de voir si la composition en espèces de la culture intermédiaire avait une influence, mais, pour avoir vu du ray-grass bien développé en d'autres circonstances, il semble que la pluviométrie soit largement plus déterminante.

L'étude fréquentielle du cumul des pluies du 10/09 au 10/10 sur la station météo de Meyenheim, représentative de la zone climatique de Rouffach, indique qu'en année moyenne cette période de l'année reçoit environ 44 mm :

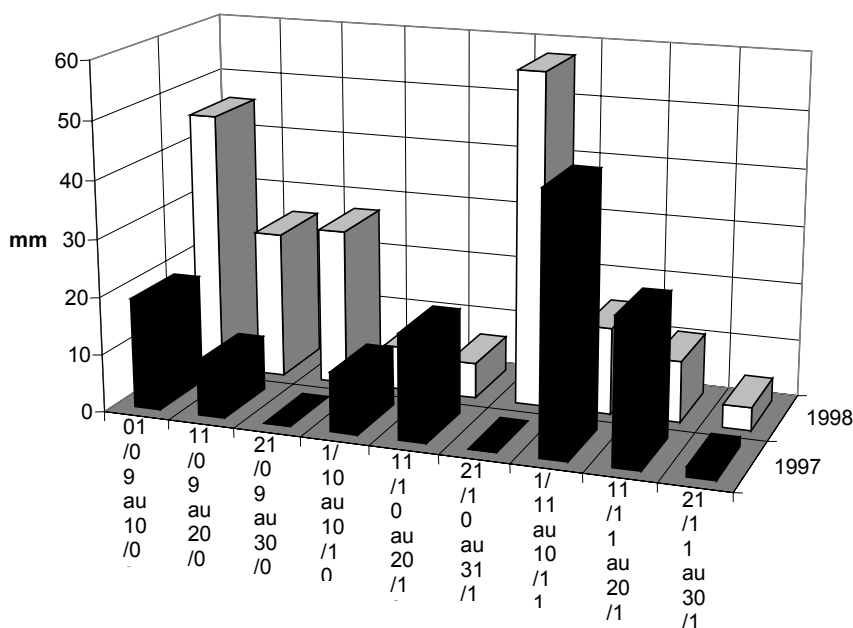
Tableau 1 : cumul des pluies (mm) du 10 septembre au 10 octobre

Station de Meyenheim sur 42 ans (de 1957 à 1998) –	
Mini	: 6.8
1er Quintile (année sèche)	: 25.4
Médiane	: 44.2
4ème Quintile (année humide)	: 72.3
Maxi	: 103.6

Les valeurs de pluviométrie mesurées sur cette période en 97 et 98 à Rouffach indiquent clairement que 97 est nettement plus sèche que la moyenne, alors que 98 est beaucoup plus humide.

Le graphique ci-dessous illustre clairement que les 2 années ont été très contrastées sur le plan de la pluviométrie automnale.

Figure 1 : Evolution de la pluviométrie d'automne à Rouffach



NB : Il faut toutefois souligner ici que lorsque l'implantation du couvert est réussie, elle n'est effective que sur une partie seulement de la surface laissée nue. En effet, dans le cas d'une récolte de maïs grain, il reste des cannes et des résidus de récolte relativement abondants qui couvrent une fraction non négligeable des inter-rangs et empêchent la croissance des graminées situées en dessous. Dans le cadre de cette expérimentation nous avons volontairement évité de broyer les résidus de récolte car cette opération fabrique un mulch qui recouvre entièrement le sol et ne laisse donc plus de place pour la culture intermédiaire.

De plus, dans le cadre des pratiques agricoles locales, c'est-à-dire d'un labour d'automne réalisé fin novembre - début décembre, la période de végétation disponible pour le couvert est courte. Si celui-ci ne s'implante pas tout de suite après la récolte du maïs, ses chances de se développer ultérieurement sont très faibles.

N'oublions pas que le climat est continental et que des conditions défavorables à la croissance des graminées (faibles températures) peuvent survenir précocément courant novembre.

► Dans les parcelles du Dreisamtal, la pluviométrie plus importante qu'en Alsace constitue moins un facteur limitant au développement de la culture intermédiaire.

En revanche, dans cette petite région, la relativement faible disponibilité en sommes de températures à l'automne et surtout la précocité des premières gelées constituent autant de facteurs limitants au développement du ray-grass (cf. Tab 2).

L'année 97 se distingue nettement des 2 autres (surtout dans le secteur de Buchenbach pour la pluviométrie) et révèle un automne plutôt sec et chaud ; cette année là les sommes de températures disponibles sont « confortables » mais c'est un gel très précoce qui a limité la croissance du ray-grass.

Sur l'ensemble des 3 années étudiées la période favorable à la croissance du couvert est limitée : entre 5 et 7 semaines après la récolte du maïs. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que la réussite de la culture intermédiaire soit aléatoire et dépendante des conditions climatiques qui surviennent juste après la récolte du maïs.

Tab.2 : Pluviométrie et somme de températures (base zéro) depuis la récolte du maïs jusqu'à mi-décembre 1996 – 1998

Station Météo de Buchenbach (D)

	Précipitations mm	Somme de Températures °C	Date de 1ère gelée
1996	346	446	22. Nov. (- 2°C)
1997	226	696	30. Oct. (- 4°C)
1998	326	399	06. Nov. (-1°C) *

* : à partir de 17. Nov. 10 jours de gel jusqu'à - 10°C

Station Météo de Ebnet (D)

	Précipitations mm	Somme de Températures °C	Date de 1ère gelée
1996	262	412	à partir de 23. Oct. (3x - 1°C) 21. Nov. (- 2°C)
1997	210	628	24. Oct. (- 4°C)
1998	291	416	05. Nov. (-1°C) **

** : à partir de 16. Nov. 14 jours de gel jusqu'à - 10°C

Conclusion - En pratique :

En monoculture de maïs, grain ou fourrage, la réussite de l'implantation d'une culture intermédiaire semée sous couvert est conditionnée par de nombreuses contraintes pas toujours surmontables en pratique :

- respecter le stade « genoux » du maïs pour le semis du couvert ; quel équipement présent sur les exploitations utiliser ?
- éventuellement adopter un désherbage mixte de post-levée : temps de travaux plus longs à cause du binage et réussite liée à la portance du sol et au stade des mauvaises herbes. Peu d'agriculteurs sont équipés à l'heure actuelle. Dans tous les cas, réaliser un désherbage de post-levée, plus pointu dans la lutte contre les graminées et parfois peu sélectif du maïs.
- choisir une variété précoce pouvant libérer la parcelle assez tôt en septembre. Cette contrainte est surtout forte dans dans le système « maïs grain » : ce choix s'accompagne généralement

d'une perte de productivité car les forts potentiels sont le plus souvent l'apanage des variétés tardives.

Cette contrainte peut également concerner la production de maïs fourrage dans des régions climatiquement moins favorables et dans lesquelles les chantiers d'ensilage se font en fin septembre-début octobre, comme c'est le cas dans le Dreisamtal.

- récolter précocement la parcelle, on se pénalise alors par des frais de séchage plus importants puisque l'humidité du grain est plus élevée (système « maïs grain »).

- bénéficier de conditions climatiques favorables à la croissance du couvert après la récolte du maïs : rien n'est moins sûr sous le climat continental de la plaine du Rhin supérieur !

Cette pratique se traduit également par des contraintes d'ordre économique : surcoût général lié à l'achat de la semence, au passage pour le semis, aux temps de désherbage plus longs, aux frais de séchage plus importants.

Par ailleurs, on peut s'interroger sur les bénéfices réels pour la qualité de l'eau de la nappe ?

Question 2 :

Quelles sont les performances du semis sous couvert dans les deux systèmes ?

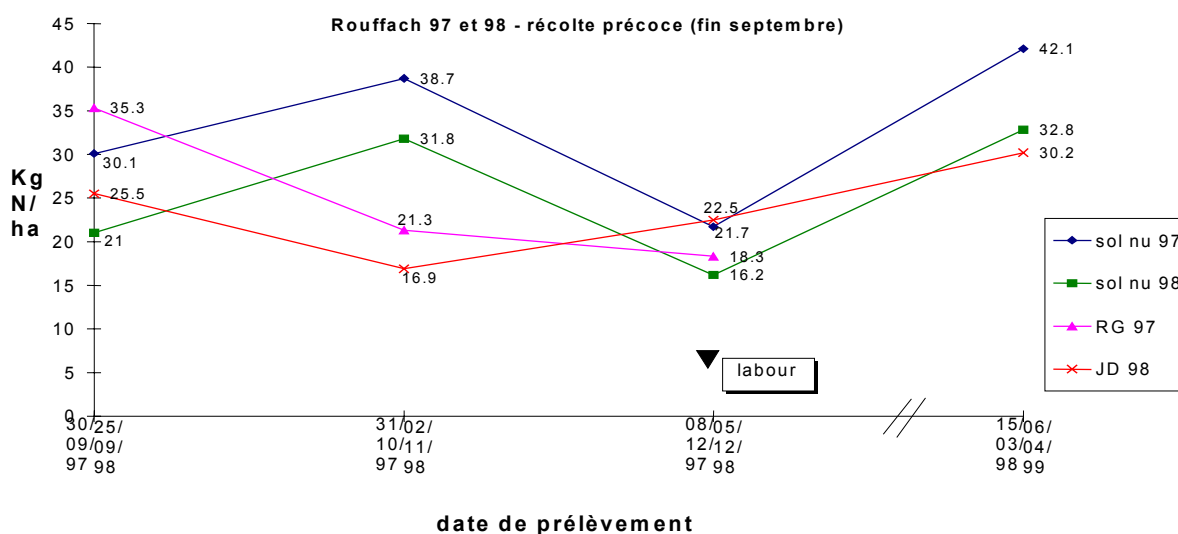
Le but recherché dans cette étude est la réussite du couvert dans l'objectif de prélever les nitrates laissés dans le sol après la récolte du maïs.

► **Côté français**, nous nous attacherons à regarder surtout les résultats de 97 et 98 (échec du dispositif en 96). 1998 est la seule année qui permet de mettre en relation une quantité de nitrates absorbés avec une production de biomasse.

Tab. 3 : Bilan des pluies en 1997 et 1998 entre chaque date de prélèvement

1997		1998	
du 30/09 au 31/10	28.4 mm	du 25/09 au 02/11	105.8 mm
du 01/11 au 08/12	87.2 mm	du 03/11 au 04/12	22.4 mm
du 09/12 au 15/03	139.6 mm	du 05/12 au 06/04	149 mm

Figure 2 : Evolution des reliquats azotés sur 0-60 cm entre le sol nu et le couvert



L'analyse de la figure 2 met en évidence :

Pour le sol nu

- Des courbes quasi-parallèles en 97 et 98, témoignant d'une évolution de l'azote du sol identique les deux années, à quelques unités près.
- Un niveau de reliquats azotés relativement faible à la récolte du maïs, témoignant d'un bon ajustement de la fertilisation azotée. En effet, d'après la méthode du bilan simplifié préconisé dans le cadre des opérations Ferti-Mieux, la juste dose d'azote à apporter était de 144 U/ha en 97 (rendement = 93 q/ha) et de 170 U/ha en 98 (rendement = 104 q/ha). Or, l'exploitant a apporté respectivement 139 U/ha et 151 U/ha.
Le niveau plus élevé en 97, d'une dizaine d'unités par rapport à 98, peut s'expliquer par une reprise de la minéralisation à la faveur de conditions climatiques douces.
- Un phénomène de minéralisation pendant le mois d'octobre.
- Une disparition d'une quinzaine d'unités dans le courant du mois de novembre. On peut alors envisager l'hypothèse du lessivage. La formule de Burns a été appliquée entre les 2 dates de prélèvement pour chaque année. En 97, le mois de novembre relativement pluvieux (71 mm) a permis un lessivage de 5 % des nitrates du sol, en considérant une réserve utile vide au début de la période puisque septembre et octobre étaient secs (28.5 et 28.4 mm sur une RU de 100 mm). En 98, en revanche, novembre a été beaucoup plus sec (29.6 mm) et, alors que l'on partait d'une réserve utile estimée pleine, le modèle indique qu'il n'y a pas eu de lessivage.
De même si l'on fait un bilan hydrique sur la période considérée (cf. annexe 3), les conditions de 97 se traduisent par un drainage nul, donc des pertes de nitrates nulles également. Quant à 98, il y a eu un drainage de 6 mm seulement en novembre, si l'on considère une RU à moitié pleine au 1er octobre (42 mm tombés en septembre). L'hypothèse de lessivage ne se vérifie donc pas vraiment.
On peut alors faire l'hypothèse que la diminution de 15 unités dans le stock du sol est liée à un phénomène de réorganisation dans le cadre de la minéralisation des résidus de récolte.
Il faut noter que la différence est quand même faible.
- Une reprise de la minéralisation à la sortie de l'hiver avec un bilan net (minéralisation-drainage) positif.

Pour le couvert :

- Une disparition de 20 Unités d'azote environ pendant le mois d'octobre par rapport au sol nu, en 97 mais de 10 seulement en 98. La graminée, pour se développer, absorbe de l'eau, chargée en nitrates, et limite ainsi temporairement le lessivage.
- Un arrêt de cette consommation pendant le mois de novembre. Ceci laisse supposer que la période favorable à sa croissance et à l'absorption des nitrates se limite en gros à un mois. En 98 on observe même une légère reprise de minéralisation sous le *JD*.
La période qui, sur sol nu était favorable à la minéralisation de l'azote organique, a été mise à profit par le couvert pour pousser et absorber des nitrates. L'azote, restant piégé dans la culture intermédiaire, ne sera pas soumis au lessivage par les pluies de novembre.
On a aussi retardé la reprise de drainage car le bilan net (minéralisation-drainage) est positif à une période où il y a encore un peu de minéralisation.
- Une reprise de minéralisation nette à la sortie de l'hiver, mais apparemment déjà amorcée plus tôt que dans le sol nu pour 1998/99.
- En final, juste avant le semis du maïs, un stock d'azote minéral dans le sol équivalent à celui du sol nu (1 seule année de référence : 98).
- Production de biomasse et azote absorbé : seule l'année 98 permet de nous renseigner sur ce point car les années précédentes le couvert n'était pas suffisamment développé pour effectuer des prélèvements en vue de ces mesures.

Dans le cadre d'une récolte de maïs précoce en septembre, on a les résultats suivants :

JD semé le 20/06/98	
Maïs récolté le 22/09/98	
Biomasse aérienne produite avant labour (08/12/98) 0.30 T MS/ha	Azote absorbé par le JD (partie aérienne) 7.63 U/ha, soit 25 U/T MS % N parties aériennes = 2.5%

Ces valeurs sont faibles et inférieures à ce qui a pu être mesuré dans d'autres références (cf. projet ITADA B4 : pour une récolte de maïs au 20 septembre, la production potentielle de ray-grass en conditions non limitantes et avec 100% de couverture du sol peut atteindre 1 T MS/ha). Dans ces conditions, la teneur en azote dans les parties aériennes d'un ray-grass est de l'ordre de 4% (CHAPOT, INRA Colmar 1990) contre 2.5% ici.

Les quantités de nitrates laissées par le maïs sont faibles en 98, de l'ordre de 20 U/ha, comme l'indique le graphique ci-dessus ; elles ont peut-être été limitantes pour le développement du JD.

La quantité d'azote piégée par le JD est conforme à ce qui a pu être mesuré dans le sol : 8.6 U/ha de moins dans le sol (25.5-16.9) alors que les graminées ont absorbé 7.6 U/ha. Sachant que la partie racinaire absorbe également une partie non négligeable d'azote (20 à 30% de ce qui est absorbé dans les parties aériennes), on boucle le bilan.

En 98, les mêmes mesures ont été effectuées pour une récolte à date « normale » du maïs, mi-octobre, c'est à dire un mois après la récolte précoce. Seule l'année 98 a permis d'effectuer ces mesures.

Les résultats sont repris dans le tableau suivant :

JD semé le 20/06/98	
Maïs récolté le 19/10/98	
Biomasse produite avant labour (08/12/98) 0.22 T MS/ha	Azote absorbé par le JD (partie aérienne) 5.84 U/ha, soit 26 U/T MS % N parties aériennes = 2.6%

Ces résultats sont cohérents avec les précédents. Il est normal que, ayant bénéficié « d'un mois de moins » pour se développer, le couvert ait produit moins de matière sèche et donc absorbé moins d'azote. La quantité d'azote absorbé par unité de production est toutefois la même.

Dans cet essai, l'écart de date de récolte du maïs a eu peu d'influence sur les performances du JD. Le faible écart est attribuable au fait que l'azote était probablement facteur limitant. En effet, on peut rappeler ici le chiffre de 43 U qui est en moyenne la valeur des reliquats post-récolte observée en situation de fertilisation ajustée du maïs (27 références en Alsace depuis 1987).

***NB** : Des observations indiquent des dégâts de gibier sur le seigle et le JD dès le mois de novembre à Rouffach. Ce phénomène a pu perturber la réalisation de notre objectif en minimisant la valeur de la biomasse aérienne mesurée.*

► **Dans le réseau de parcelles du Bade-Wurtemberg**, la modalité « sol nu » n'existe pas puisque les parcelles se situent en périmètre de captage protégé (W.S.G. = WasserSchutz Gebiet) et que, selon le décret SchALVO, l'implantation d'une culture intermédiaire est obligatoire dans le cadre d'une monoculture de maïs.

Le développement du ray-grass et sa production de biomasse ainsi que ses performances à piéger l'azote du sol sont très variables. Cette variabilité s'exprime aussi bien pour une même année climatique entre parcelles différentes, qu'entre années. De plus, dans certaines parcelles, aucune biomasse n'a pu être mesurée puisque le ray-grass ne s'est pas implanté correctement.

La production moyenne de biomasse aérienne se situe autour de 0.7 à 1 T MS/ha et le prélèvement en azote par la culture intermédiaire se situe en moyenne dans une fourchette comprise entre 10 et 20 kg N/ha (cf. figure 3).

Les conditions climatiques seules n'expliquent pas cette variabilité.

On peut signaler ici que dans les essais réalisés de 1992 à 94, la capacité du couvert à fixer l'azote était plus importante : de 20 à 35 kg N/ha. Dans les essais ITADA du premier programme (projet N°4 de 1994 et 95), sur 5 lieux, le prélèvement d'azote par la culture intermédiaire variait entre 7 et 32 kg N/ha.

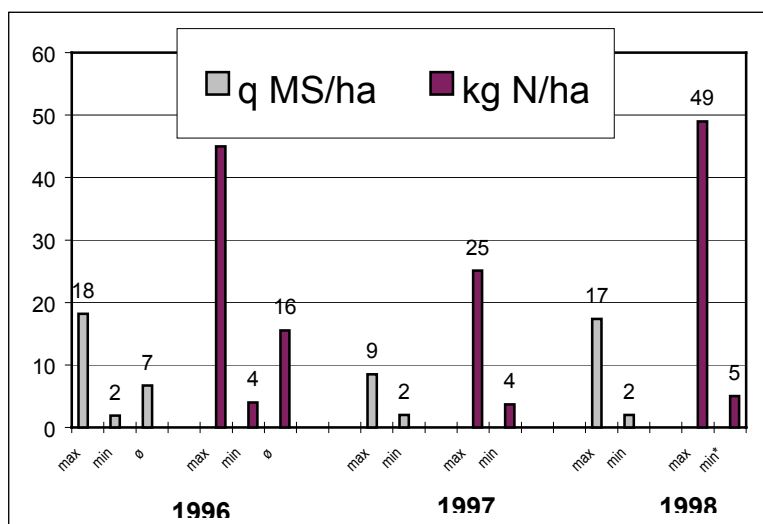
On n'observe pas dans cette série de données, de relation forte entre la production de biomasse et la quantité d'azote prélevée.

Malgré la diversité des résultats, l'objectif est atteint dans la mesure où les reliquats en nitrates à l'automne sont significativement inférieurs à la limite fixée par la SchALVO (45 kg N/ha). Dans de nombreuses situations, dès la récolte du maïs, ces reliquats étaient déjà inférieurs à 20 kg N/ha. Comme du côté français, il apparaît ici que la faible disponibilité en azote du sol, a été sur certaines parcelles un facteur limitant au développement du ray-grass en automne. A contrario, on a pu mesurer des productions de biomasse de 1.5 à 1.8 T MS/ha avec des prélèvements de 45 kg N/ha dans des parcelles où les reliquats post-récolte étaient inférieurs à 10 kg N/ha, ce qui correspondait certainement à des situations de forte minéralisation automnale.

Cependant, dans la majorité des cas, l'absorption d'azote dans les parties aériennes du ray-grass est inférieure à 25 kg N/ha.

Un autre facteur limitant au développement de la culture intermédiaire a été mis en évidence dans cette région d'élevage, où les agriculteurs, pour récolter le maïs utilisent des ensileuses à 1 rang. Avec ce type de matériel, on roule en effet sur pratiquement toute la surface en provoquant un tassement du sol et une dégradation de la structure pour peu que les conditions climatiques ne soient pas favorables au moment de la récolte (forte humidité du sol). Ce tassement n'est pas propice à un développement maximal et homogène du couvert par la suite.

Figure. 3 : production de biomasse aérienne (dt TMS/ha) et prélèvement d'azote (kg N/ha) en décembre par le ray-grass ; 1996 – 1998 – essais du Dreisamtal-D.



En 1996, des mesures sur un grand nombre de parcelles ont permis de calculer une moyenne (0.7 T MS/ha et 16 kg N/ha).

En 1997 et 98, seules les valeurs minimales et maximales mesurées ont été repertoriées car les analyses ont porté sur un nombre plus faible d'échantillons.

Pour expliquer la variabilité des résultats, on peut également rappeler l'importance des conditions climatiques au printemps, au moment où le ray-grass est semé entre les rangs de maïs. En effet, les graines sont déposées sur le sol sans incorporation et sans travail superficiel préalable, sinon un binage réalisé en gros 3 semaines avant dans le cadre du désherbage de la parcelle. Les graines de ray-grass, de petite taille sont donc sensibles à des conditions de sécheresse au moment de leur germination

L'intérêt de maintenir la culture intermédiaire pendant l'hiver a été mesuré en 96/97 sur l'ensemble des parcelles au travers de la production de biomasse et de la quantité d'azote absorbé par le couvert. La figure 4 présente les résultats des mesures faites début avril.

Les figures 5 et 6, ci-dessous, mettent en comparaison les données d'avril 97 par rapport à celles de décembre 96. Le positionnement des points par rapport à la bissectrice est assez éloquent.

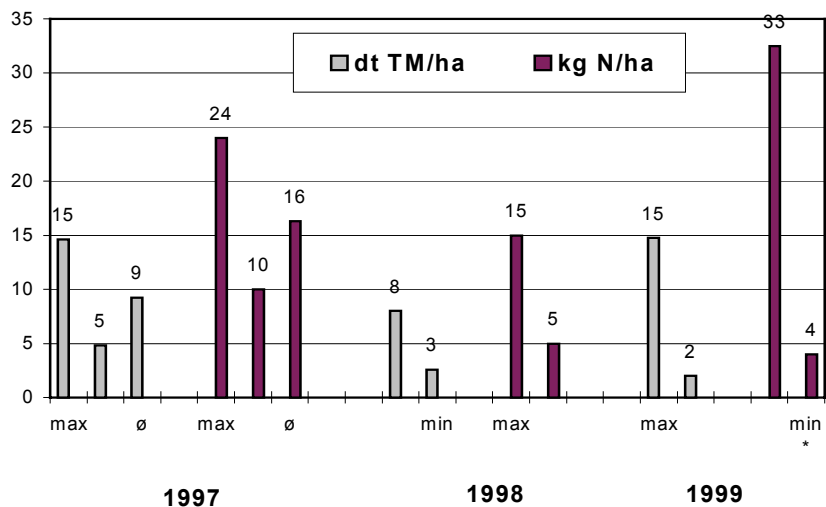
Durant l'hiver 96/97, le ray-grass s'est maintenu ou a continué à pousser dans la majorité des parcelles avec une production de biomasse qui varie de 0.4 à 1 T MS/ha et une absorption d'azote supplémentaire de 4 à 17 kg N/ha. Ceci est plutôt le cas des situations où la production en décembre était faible. A côté de cela on observe, dans les cas de plus forte production de biomasse à l'automne, une perte de matière sèche correspondant à une certaine « dégénérescence » du ray-grass dans le courant de l'hiver.

En revanche, si l'on observe les différences de biomasse et d'azote absorbé sur l'ensemble de la période au travers des figures 3 & 4, il apparaît qu'en moyenne, le ray-grass ne pousse quasiment pas pendant l'hiver et n'absorbe donc pas plus d'azote.

Sous l'angle de l'absorption d'azote, l'intérêt semble donc faible à laisser le couvert pendant les mois froids d'hiver, dans les conditions climatiques très continentales du Dreisamtal.

N.B. : Il est à remarquer que les résultats de l'action 001 conduite en Bade-Wurtemberg sur l'effet de la date de retournement d'un couvert végétal n'ont pas été retenus car les sites suivis étaient situés en zones de demi-altitude (600-800 m) non représentatives de celles de la plaine du Rhin.

Figure 4 : production de biomasse aérienne (dt TM/ha) et prélèvement d'azote (kg N/ha) en avril par le ray-grass ; 1997 – 1999 - essais du Dreisamtal-D.



dt TM = dezi-Tonne Trocken Masse = quintal de matière sèche (= 0.1T).

Figure 5 : biomasse (dt/ha =q/ha) du ray-grass en décembre 96 et avril 97 :

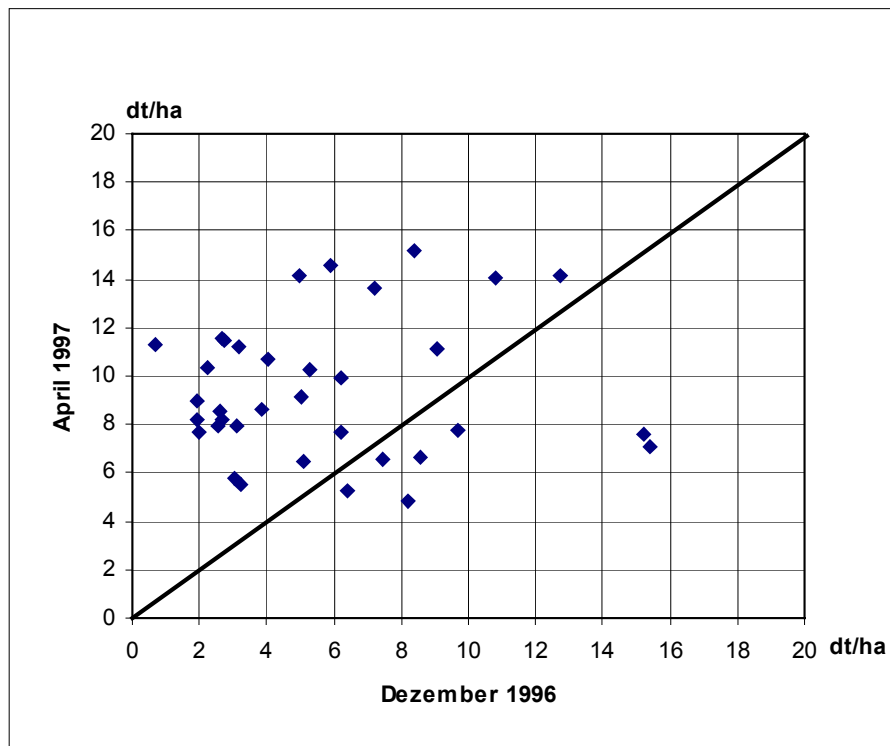
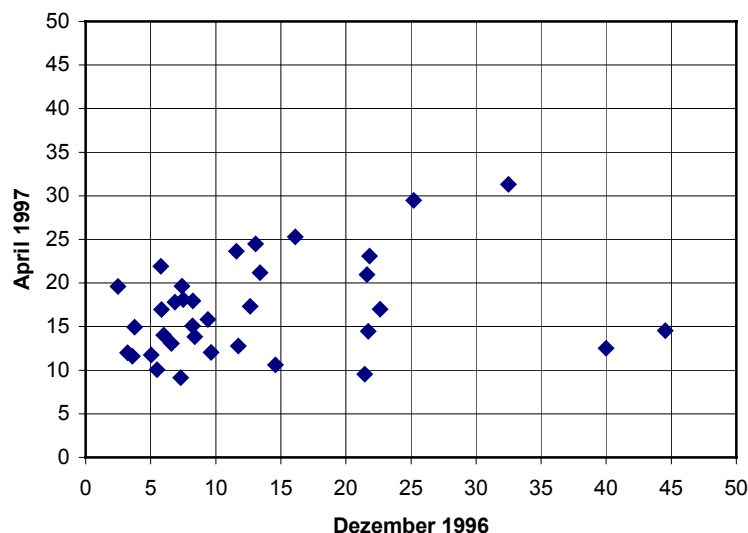


Figure 6 : prélèvement d'azote (kg N/ha) par le ray-grass en décembre 96 et avril 97 :



Conclusion

Ces essais confirment :

- une cohérence entre les résultats et les observations réalisées de part et d'autre du Rhin, dans des systèmes de culture (grain - fourrage) ainsi que des conditions climatiques différents.
 - le caractère aléatoire de la réussite de la culture intermédiaire entre 2 maïs sous un climat semi-continental comme celui de la plaine du Rhin supérieur. En particulier de grands écarts de résultats entre certaines parcelles du Dreisamtal, difficilement expliquables, alors que les systèmes de culture et les conditions pédo-climatiques sont identiques.
 - une capacité limitée de la culture intermédiaire à piéger l'azote du sol. Celle-ci se situe habituellement dans une fourchette de valeurs comprises entre 10 et 30 kg/ha, d'après les constatations faites dans d'autres essais (cf.rapport B4). Dans l'expérimentation française, on se trouve dans la partie basse de cette gamme et c'est probablement l'azote limitant qui en est la cause. Dans la partie allemande, malgré le plus grand nombre de références, on s'inscrit également plutôt dans le bas de la fourchette. Dans de nombreuses situations on peut aussi l'expliquer par une trop faible quantité d'azote présente dans le sol au moment où la culture intermédiaire doit se développer.
 - néanmoins, ces expérimentations représentent une certaine réussite dans la mesure où la biomasse produite, même si elle est peu développée, a quand même contribué à réduire momentanément le stock d'azote du sol et les pertes par lessivage. Seules les références françaises le montrent grâce à la comparaison avec le sol nu. Dans le Dreisamtal, l'objectif est atteint puisque les reliquats sont conformes à la limite fixée par la SchALVO.
 - quant à la quantité d'azote minéral présente dans le sol début avril, juste avant le semis du maïs, en Alsace, elle n'est pas différente en 99 entre le sol resté nu et celui qui portait le JD. Ce résultat n'est pas surprenant puisque le couvert était peu développé et que son enfouissement par le labour n'a pas représenté une quantité importante de matière organique susceptible de se minéraliser. Qu'en aurait-il été avec une forte production de biomasse ?
- Dans le réseau du Dreisamtal, il semble qu'il y ait encore une petite part d'azote prélevé pendant l'hiver (cf. reliquats des tableaux qui figurent en annexe 6).

Ces observations demandent à être confirmées.

Question 3 :

Quelles alternatives possibles et que peut-on en penser ?

Seules les expérimentations menées en Alsace permettent de répondre à cette question.

1) La technique d'implantation

Choix de l'espèce

Dans l'objectif de couvrir le sol entre 2 maïs grain, nous avons également testé le semis d'un couvert après la récolte du maïs.

Deux espèces ont été retenues : la moutarde et le seigle.

- La moutarde est réputée pour son aptitude à se développer et à puiser les nitrates rapidement. Toutefois cette espèce est gélive et elle ne résiste généralement pas à des températures inférieures à -5°C. Dans des essais précédents et notamment en 1997 où elle était associée au radis, la moutarde s'est imposée par rapport à une espèce plus lente d'installation. Dans le cadre des pratiques locales de labour d'automne, il est donc aussi judicieux de l'utiliser seule et dans ce contexte elle a tout à fait sa place.

- Le seigle, a la réputation d'être rustique, de couvrir rapidement le sol et est non gélif. Pour tester l'intérêt de cette aptitude à passer l'hiver, le protocole prévoyait une modalité dans laquelle le seigle restait en place et était détruit par un labour de printemps.

Date de semis

Le semis a été effectué juste après la récolte précoce du maïs grain, soit le 24 septembre en 97 et 98.

Comme pour le ray-grass ou le *JD*, ces espèces ont été semées à la main à la volée, après un passage de chisel pour préparer un peu le sol en surface .

Conditions climatiques et développement du couvert :

*** La moutarde :**

La réussite du couvert de moutarde en 98, alors que 97 a été un échec, est liée à la pluviométrie automnale, (cf. figure 1). Comme pour le mélange *JD*, c'est la réhumectation du sol en surface qui conditionne la levée et l'implantation du semis d'après récolte.

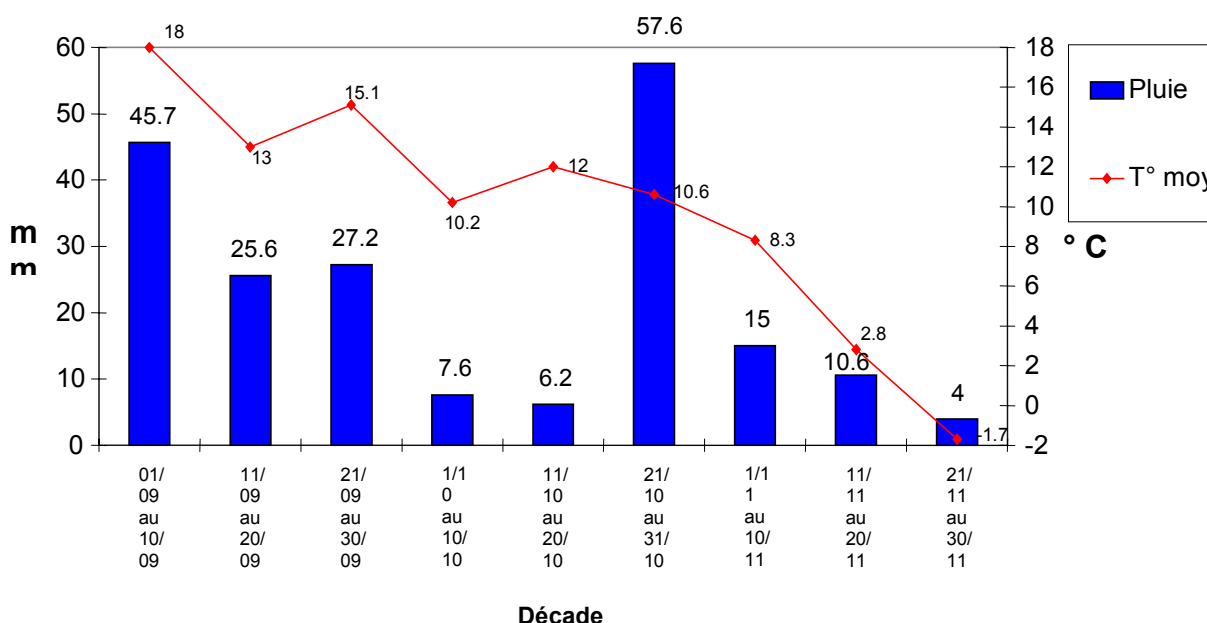
Comme on peut le voir sur la figure 7, des gelées relativement précoces en novembre (à partir du 19/11) ont stoppé la croissance de la moutarde. Ce scénario climatique n'est toutefois pas exceptionnel en plaine du Rhin supérieur : les risques de gelées précoces apparaissent une année sur deux entre le 21 et le 28 octobre dans la région Sud Alsace. Une analyse fréquentielle de la date du premier gel à -5°C permet de situer, en année médiane, que le risque de gelées destructrices survient le 17 novembre dans le Haut-Rhin (station météorologique de Meyenheim). Si on considère cette date comme seuil de l'arrêt de végétation d'une moutarde (croissance arrêtée même en l'absence de destruction totale), la somme de température efficace disponible pour la croissance ne s'élève à pas plus de 630°C pour un semis au 20 septembre et à seulement 470°C pour un semis au 1er octobre.

Or, à Rouffach en 98, entre le 24 septembre et le 19 novembre, date d'une gelée fatale à -4.5°C, il y a eu 562.5°C, ce qui n'est pas suffisant pour élaborer une quantité de biomasse significative, par ex. 1.5 TMS/ha pour 680°C.

Tableau 4 : date de première gelée à - 5°C du 1.09 au 20.04

Station de Colmar-Meyenheim sur 42 ans ans	
Date de première gelée à -5°C du 01-septembre au 20-avril	
Mini	05/11
1er Quintile	15/11
Médiane	26/11
4ème Quintile	14/12
Maxi	05/01

Figure 7 : Evolution des pluies et des températures en automne - Rouffach 98



* Le seigle

A l'instar de la moutarde, le seigle ne s'est pas développé en 97. L'assèchement des premiers cm de sol n'a pas permis une levée homogène et régulière : seuls quelques « brins » étaient présents au moment du labour. Le seigle qui est resté en place pendant l'hiver ne s'est pas plus développé et il n'a pas été possible de mesurer une biomasse.

En 1998, malgré la plus forte pluviométrie automnale, le seigle a eu un développement faible ; il a germé de façon satisfaisante mais ne s'est pas bien enraciné. Cette situation provient du fait que le semis d'une espèce comme le seigle, sans préparation préalable du sol et un léger enfouissement est très aléatoire.

En conclusion, pour le semis d'une culture intermédiaire après récolte, on peut dire que le mois d'octobre est déterminant.

Si la semence ne germe pas ou si la plantule ne s'implante pas correctement à ce moment là, elle ne pourra plus le faire plus tard, car les conditions climatiques deviennent très limitantes.

2) - Les performances

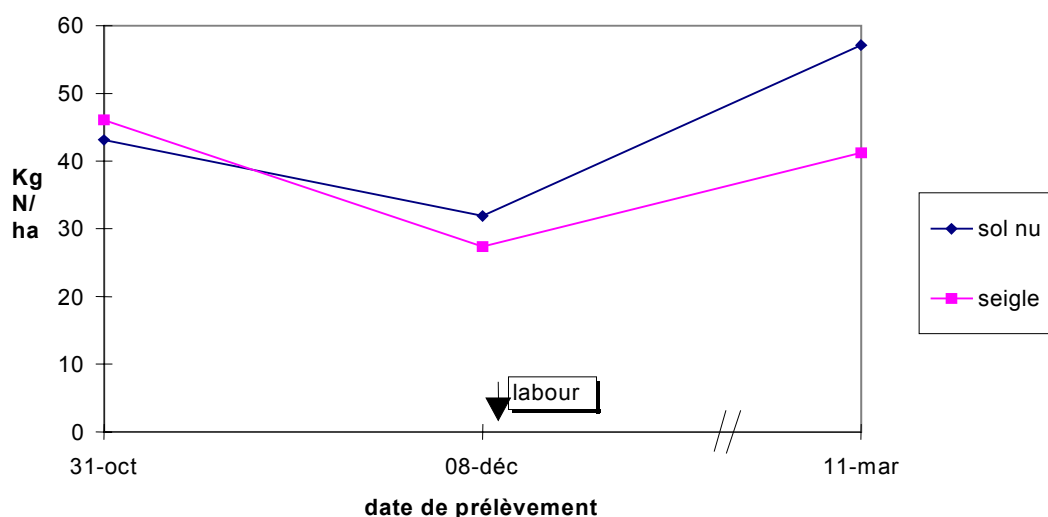
Seule l'année 98 a permis d'effectuer des mesures de biomasse et d'azote absorbé, et seulement sur la moutarde qui était suffisamment développée. Le seigle de 98, quant à lui, installé de façon hétérogène et peu développé, n'a pas pu faire l'objet de prélèvement avant le labour d'automne. Cette remarque vaut malheureusement aussi pour la bande labourée au printemps car le seigle ne s'est pas développé d'avantage pendant l'hiver.

Evolution des reliquats azotés

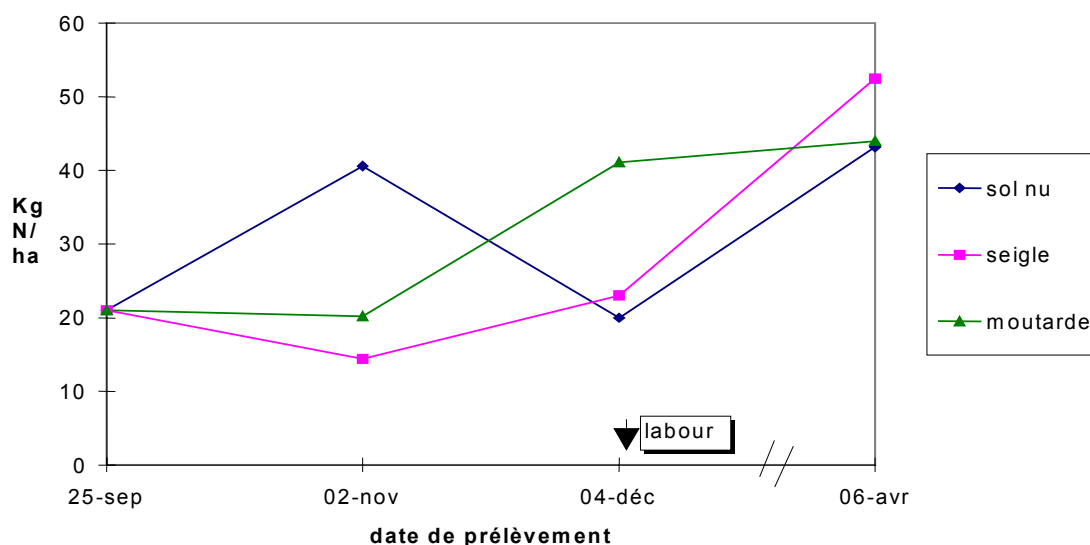
Cependant, des mesures de reliquats ont été réalisées les deux années. Seulement sur seigle et sol nu en 97, car le mélange radis + moutarde ne s'était pas développé.

Les graphiques ci-dessous expriment leur évolution pendant la période hivernale.

**Fig 8 : Evolution des reliquats entre le sol nu et le seigle
après une récolte précoce en septembre
Rouffach 1997/98**



**Fig 9 : Evolution des reliquats sous deux couverts
implantés après une récolte précoce en septembre
Rouffach 1998/99**



- En 1997 la bande couverte par le seigle se comporte comme un sol nu pendant les mois d'octobre et novembre ; ceci n'est pas étonnant compte tenu du faible développement de la graminée. A la sortie de l'hiver en revanche, le seigle semble avoir piégé 15 unités environ.
- En 1998, un meilleur développement des couverts, seigle et moutarde, se traduit dès le mois d'octobre par un prélèvement des nitrates du sol de l'ordre de 20 unités par rapport au sol nu. Ces performances sont similaires à celles du ray-grass ou du JD comme nous l'avons vu ci-dessus.

N.B. : Des observations indiquent des dégâts de gibier sur le seigle dès le mois de novembre. Ce phénomène n'est pas étranger à la non-réalisation de notre objectif, et pose par ailleurs le problème d'une façon plus générale dans un environnement de terres nues à l'entrée de l'hiver.

Remarque : à la suite de 2 années d'essais de semis sous-couvert dans le Dreisamtal, il a été décidé pour la dernière campagne en 98, de tester également l'implantation de couvert après la récolte de maïs, ceci dans 5 lieux seulement.

Après la récolte, le 9 octobre 98, plusieurs espèces ont été semées dans les inter-rangs : moutarde, colza de printemps, navette d'automne, radis et chanvre.

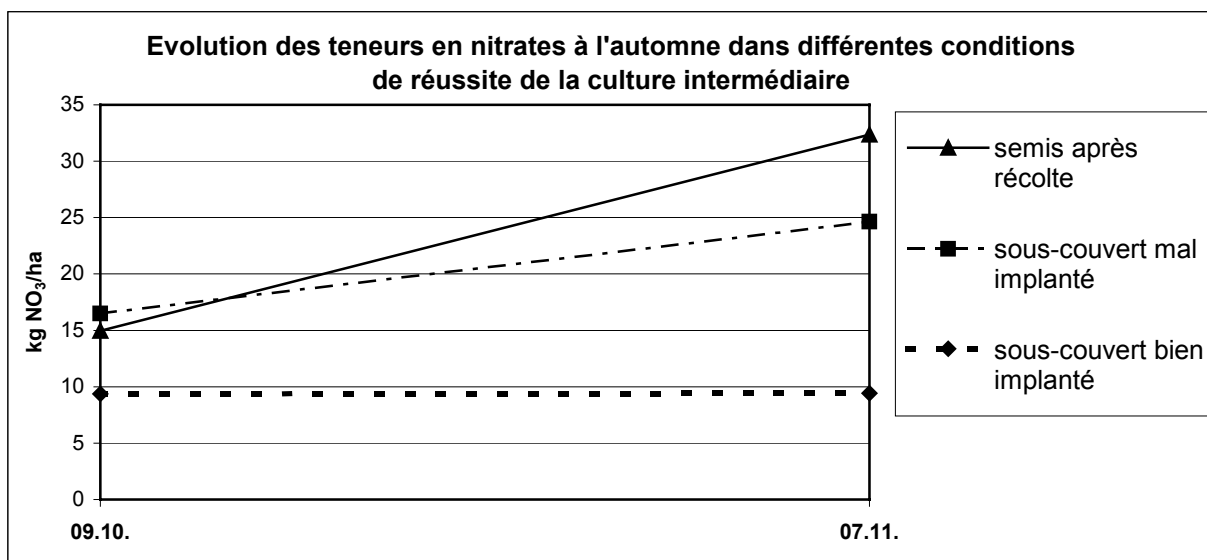
Cette tentative s'est traduite par un échec car les couverts ont atteint au maximum 2 feuilles avant l'hiver.

Les espèces gélives ont été détruites par les gelées de mi-novembre. Les autres comme la navette d'automne ne se sont plus développées après.

Toutefois, des mesures de reliquats ont été effectuées dans les différents traitements le 9 octobre et le 7 novembre. Le graphique ci-dessous met en comparaison les valeurs mesurées dans trois situations distinctes :

- sous un semis de ray-grass sous couvert bien implanté,
- sous un semis de ray-grass sous couvert mal implanté,
- et sous un semis post-récolte mal réussi.

Figure 10



Dans le cas du semis post-récolte mal réussi et assimilable à un sol nu, les teneurs en nitrates augmentent pendant le mois d'octobre de 17 U (15 à 32). Dans le même temps, sous un semis sous couvert mal implanté ces teneurs augmentent de 9 U (16 à 25), alors que sous un ray-grass bien implanté elles ne varient pas et se maintiennent à un niveau bas (10 U).

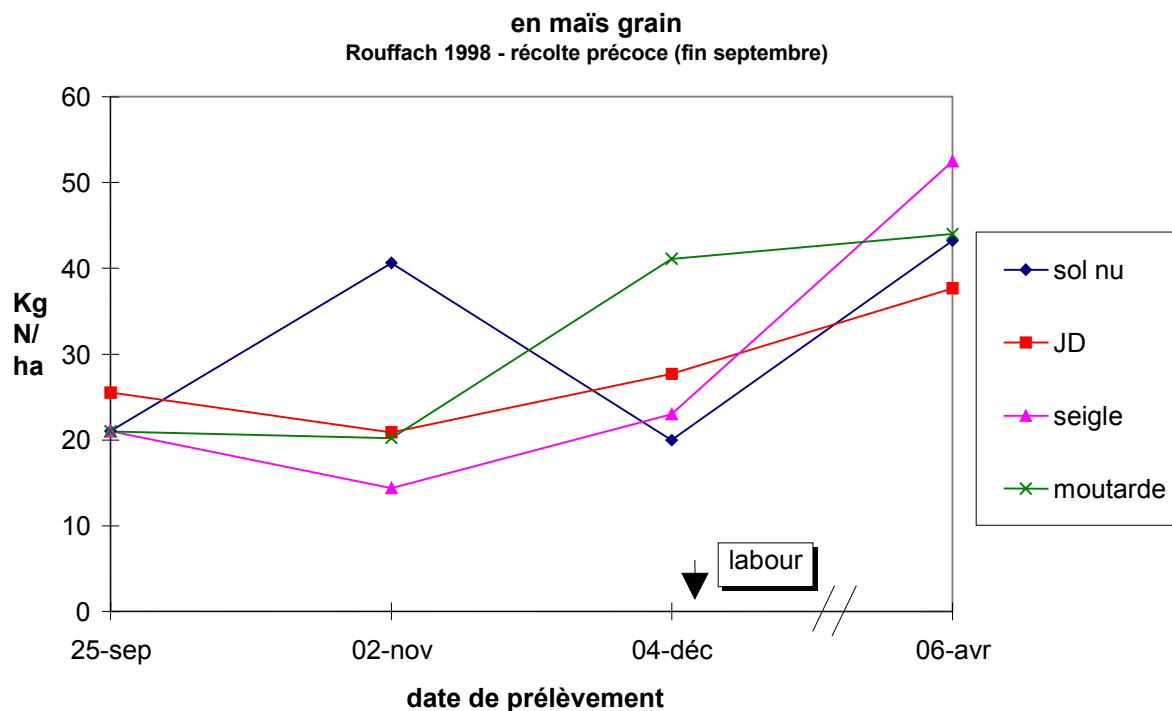
Même si en valeur absolue les teneurs en nitrates sont relativement faibles, ces résultats confirment bien ce qu'on observe en Alsace, c'est à dire un piégeage de l'ordre de 15 U par un couvert correctement implanté.

3) - Enseignements des différentes alternatives

Effet sur les reliquats par rapport au sol nu et par rapport au *JD*

Les reliquats ont été mesurés sous la moutarde et le seigle implantés fin septembre. Dans la figure 11, ils sont mis en comparaisons avec les mesures effectuées sur sol nu et sous *JD* dans les mêmes conditions.

Fig 11 : Evolution des reliquats azotés sous différentes modalités d'interculture



Comme pour le *JD*, le seigle et la moutarde prélèvent une partie des nitrates du sol : l'écart résultant est de l'ordre de 20 kg/ha début novembre. Alors qu'en sol nu il y a une reprise de minéralisation en octobre qui enrichit le sol en nitrates, ce phénomène n'apparaît pas sous les différents couverts qui absorbent les nitrates issus de cette minéralisation.

Sans doute à la faveur des pluies de novembre, 20 kg/ha environ disparaissent en sol nu. Cela n'a pas été le cas sous les couverts.

La brusque remontée des teneurs en nitrates sous la moutarde en novembre est inexplicée, sauf hypothèse d'une reminéralisation très rapide d'une moutarde très jeune détruite par le gel et dont les tissus sont facilement dégradables.

Un phénomène de minéralisation assez important a eu lieu en sortie d'hiver, en particulier dans le sol nu et sous le seigle qui n'avait pas poussé, respectivement, + 23.2 et + 29.5 kg N/ha par rapport à la date de labour. L'augmentation du niveau de reliquats n'est pas aussi marquée dans les modalités *JD* et moutarde, ayant produit plus de biomasse que le seigle : +10 et + 2.9 kg N/ha. On a réorganisé une partie de l'azote de la matière organique végétale dont la dégradation est lente.

En fin de compte, le stock d'azote du sol avant le semis de maïs n'est pas très différent entre les traitements, et, dans le cadre de ce qui a été obtenu en 98, ne justifie pas de revoir la fertilisation azotée du maïs de manière différenciée.

Le piégeage d'une vingtaine d'unités pendant le mois de novembre qui peut être arrosé et où il y a classiquement reprise du drainage dans les sols nus est à considérer comme un élément positif au regard de la qualité de l'eau de la nappe.

Biomasse produite et azote absorbé

Les prélèvements ont été réalisés là où la moutarde était bien développée, sachant que sur la surface globale de la bande comportant cette modalité, une partie n'était pas couverte à cause des résidus de récolte. La biomasse calculée est elle quand même rapportée à la totalité de la surface de la parcelle.

Moutarde semée le 24/09/98	
Maïs récolté le 22/09/98	
Biomasse produite avant labour (08/12/98) 0.18 T MS/ha	Azote absorbé par la moutarde (parties aériennes) 6.9 U/ha, soit 38 U/T MS

La biomasse produite et la quantité d'azote absorbé sont faibles mais cohérentes au regard de l'état végétatif de la moutarde toute jeune. Le prélèvement réalisé sur un végétal qui avait gelé (8/12) a toute fois peut-être influencé cette mesure.

On retrouve également la forte aptitude de la moutarde à concentrer les nitrates : 38 U/T MS contre

25 U/T MS pour un ray-grass, pour une biomasse comparable de l'ordre de 0.2 T MS/ha.

Conclusion

De même que pour une graminée semée sous couvert de maïs, la réussite d'une culture intermédiaire semée après une récolte précoce fin septembre est fortement tributaire de conditions favorables à la fois sur le plan climatique et agronomique. Une réussite relative sur le plan de l'implantation, comme cela a été le cas pour la moutarde en 98, se solde par un effet environnemental faible : 7 U/ha seulement piégées par la végétation du couvert et une incidence relativement faible sur les teneurs en nitrates du sol : diminution d'environ 20 Unités/ha pendant l'automne par rapport à un sol nu. Toutefois ce différentiel ne se retrouve plus au printemps. La culture intermédiaire a soustrait momentanément quelques kg/ha de nitrates du risque de lessivage en octobre et novembre. Elle n'a cependant pas contribué à enrichir le sol en nitrates au printemps alors qu'elle a été enfouie par un labour d'automne.

Aspect économique

L'implantation d'une culture intermédiaire entraîne un surcoût pour l'agriculteur à différents niveaux :

- l'achat de la semence (ray-grass, moutarde, seigle) qui s'élève au minimum à 200 F/ha (76 DM/ha),
- le passage pour effectuer le semis et éventuellement une petite préparation de sol préalable,
- l'équipement en pulvérisation sur le rang et binage combiné (éventuellement), ainsi que le temps à y consacrer,
- le manque à gagner à la récolte (choix d'une variété précoce, optimum de rendement non atteint et / ou frais de séchage supplémentaires).

Le bilan économique sur les années 97 et 98 pour l'essai de Rouffach indique un gain supplémentaire, respectivement, de 350 F/ha et 260 F/ha en faveur de la récolte normale (cf. rapports annuels).

Questions d'ordre agronomique

A l'aspect économique se rajoutent quelques inconvénients d'ordre agronomique et non chiffrables :

- quelle serait l'influence d'un ray-grass très développé dans sa phase juvénile sous couvert, sur la productivité du maïs ?
- le fait de ne pas broyer les cannes à la récolte (dans le système maïs grain) pour laisser un minimum de lumière peut avoir une incidence sur la qualité de l'enfouissement des résidus, mais surtout contribue à augmenter le risque d'infestation par la pyrale les années suivantes.
- dans tous les cas de figure, l'azote piégé par la culture intermédiaire va contribuer au cycle de l'azote du sol une fois celle-ci retournée : l'azote organique va subir une minéralisation et contribuer à enrichir le sol en nitrates. Cet enrichissement devra être pris en compte dans la fertilisation des cultures, surtout si l'implantation est pérenne.

V AUTRE PERSPECTIVE

Une autre approche existe sur ce thème en Alsace. C'est une alternative qui ne fait pas partie du programme ITADA et qui a un but purement cynégétique.

En effet, l'INRA de Colmar sous la responsabilité de Monsieur GIRARDIN et suite à une demande des chasseurs, teste depuis 1997 une autre méthode d'implantation d'un couvert végétal entre les rangs de maïs, dans un système de monoculture. Le principe est de resserrer les rangs deux à deux et de laisser des inter-rangs plus larges, (1.20 m au lieu de 0.8 m) de façon à avoir plus de lumière. On y plante une graminée (ray-grass ou paturin) associée à du trèfle blanc. Cette technique se fait sans changer la densité de population par rapport à un semis classique.

Pour éviter que les résidus de récolte ne couvrent le sol, les tiges de maïs sont fauchées très haut, 50-60cm. Ces restes de tige sont laissés au champ et constituent un abri à gibier, tandis que le couvert constitue un fourrage hivernal.

C'est une technique qui n'est pas fondamentalement différente de celle étudiée ; on peut l'envisager comme une « amélioration technologique » qui est plus performante pour le couvert maïs qui présente plus de contraintes pour l'agriculteur. En effet, les premiers résultats indiquent une très bonne installation de la culture intermédiaire, mais cela n'est possible que si le machinisme est adapté, en particulier si l'on associe un fraissage au semis de façon à se débarrasser du gros volume de résidus laissé par la coupe « haute » des tiges.

En outre, cette technique quand même très particulière, comporte des compensations financières et l'agriculteur n'y aura pas recours de façon spontanée. Les aspects de concurrence du couvert par rapport au maïs pour l'eau doivent être précisés.

Cette solution paraît donc séduisante à l'automne, mais elle peut avoir une influence négative sur l'implantation du maïs au printemps suivant, et également, par le fait de laisser les cannes non broyées pendant l'hiver, favoriser le développement de la Pyrale.

VI CONCLUSION GENERALE

Notre tentative d'implantation d'une culture intermédiaire entre 2 maïs grain selon 2 modalités (semis sous couvert et semis post-récolte) s'est révélée peu fructueuse à bien des égards.

Les 2 techniques présentent des aléas et de nombreuses limites dans les deux contextes étudiés :

- système maïs grain en monoculture, pas de déjections animales, labour d'automne, climat semi-continentale, d'une part.
- système maïs fourrage en monoculture, avec déjections animales, différentes modalités de travail du sol, climat semi-continentale avec influence de l'altitude, d'autre part.

Plusieurs facteurs conditionnent leur réussite : un désherbage adapté (dans le cas de semis sous-couvert), une récolte précoce et surtout des conditions climatiques favorables. De plus le choix de l'espèce à planter se limite aux espèces rustiques à installation et croissance rapide, telles que

céréales (ray-grass, seigle) ou crucifères (moutarde), puisque la période de végétation disponible est courte (fin septembre à début décembre). Pour des raisons économiques, il faut également que le coût des semences soit faible.

Quand l'implantation du couvert est assurée, les résultats de 98 indiquent que, pour une situation de fertilisation du maïs bien ajustée :

- le niveau de reliquats azotés dans le sol après la récolte du maïs est faible : 20 à 40 kg N/ha.
- le niveau de reliquats dans le sol entre la récolte du maïs et le labour est inférieur de 20 U/ha environ sous culture intermédiaire par rapport au sol nu. Il est équivalent entre les 2 techniques, sous-couvert ou post-récolte,
- la production de biomasse du couvert est faible (0.3 à 1 T MS/ha) ainsi que la quantité d'azote absorbée par les parties aériennes (6 à 20 kg/ha).

Quand la fertilisation azotée du maïs est bien ajustée, l'implantation d'une culture intermédiaire est peu justifiée. Mais la situation de faibles reliquats post-récolte du Lycée Agricole de Rouffach n'est pas forcément représentative de la situation plus globale au niveau de l'Alsace. Le risque de lessivage hivernal n'est pas non plus le même selon le type de sol.

Ces techniques peuvent toutefois contribuer à diminuer les risques dans certaines situations. Elles ne constituent absolument pas pour autant une « assurance tous risques » et ne sont surtout pas généralisables à vaste échelle.

Pour l'essentiel de la sole maïs grain récoltée en Alsace courant octobre, elles sont à considérer comme inadaptées. Le risque d'échec de l'installation du couvert entre les rangs de maïs est élevé et l'efficacité comme piège à nitrates en automne trop limitée.

Compte tenu des contraintes d'ordre économique et agronomique, il est peu probable que les agriculteurs français adoptent spontanément cette technique eu égard à ses modestes performances.

Néanmoins, il est encourageant de constater que quelques agriculteurs testent spontanément cette technique. Pour évaluer la réussite de leur culture intermédiaire, il faudrait poursuivre par un suivi de parcelles sur ces exploitations.

Pour ce qui est de la problématique élevage et maïs fourrage dans le Dreisamtal, il apparaît également que lorsque les apports de déjections animales et la fertilisation minérale qui s'y rajoute sont raisonnés et bien ajustés, l'efficacité d'un semis sous couvert est modérée. Là aussi, les exploitations qui ont servi à la mise en place des essais ne sont sûrement pas représentatives de toutes les zones d'élevage du Land de Bade-Wurtemberg.

Mais, contrairement à la France, il existe des mesures incitatives avec subventions pour développer cette pratique : grâce au programme de mesures agro-environnementales MEKA (Marktenlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich) développé en Bade-Wurtemberg, les agriculteurs allemands étaient indemnisés pour assurer une couverture du sol en hiver (hors périmètre de captage) à hauteur de 140 DM/ha (470 FF/ha) et à partir de 2000 à hauteur de 180 DM/ha (600 FF) dans le nouveau programme MEKA II.

Malgré cela, les surfaces en maïs (grain ou fourrage), qui ont fait l'objet d'une implantation de culture intermédiaire dans le cadre de MEKA, ont singulièrement chuté entre 1997 et 1999, en passant de 2509 ha à 494 ha. Ces surfaces concernent la région du Rhin supérieur qui s'étend sur les Cantons d'Ortenau, Emmendingen, Breisgau-Forêt Noire, Freiburg-ville et Lörrach.

Comme en témoignent les suivis de parcelles dans le Dreisamtal, la réussite de la technique reste cependant aléatoire chez les agriculteurs qui la pratiquent. Mais il n'y a pas réellement obligation de résultats, c'est-à-dire de bonnes performances de la culture intermédiaire.

L'objectif principal reste, en périmètre de captage protégé, de ne pas laisser plus de 45 kg N/ha d'azote minéral dans le sol en novembre. Le semis d'un ray-grass sous couvert n'est qu'un des moyens de sécuriser l'obtention de ce résultat.

CONCLUSION GENERALE AU PROJET A 1.2

L'ensemble des expérimentations et des synthèses réalisées dans le cadre du projet A 1.2 confirme que, dans les conditions pédoclimatiques de la vallée du Rhin supérieur, il est beaucoup plus simple de gérer l'interculture après une récolte d'été qu'après une récolte d'automne.

Après récolte d'été, la panoplie des solutions est vaste depuis l'enfouissement des pailles (non étudié ici) jusqu'au semis d'une culture intermédiaire à croissance plus ou moins rapide et à durée de vie plus ou moins longue. Cette palette de choix techniques permet une grande souplesse d'adaptation, ce qui doit faciliter son adoption par des agriculteurs très différents.

Il en va tout autrement pour l'interculture après récolte d'automne, puisque les techniques proposées restent difficiles à mettre en oeuvre et les résultats aléatoires. Ces difficultés empêchent une adhésion massive et spontanée des agriculteurs et conduisent à n'envisager cette pratique qu'après un maïs fourrage qui libère tôt les sols et laisse peu de résidus.

Bien que d'une efficacité limitée après maïs grain, la mise en place d'une culture intermédiaire pourrait aussi être discutée dans quelques cas particuliers bien ciblés, tels que les périmètres de protection des captages d'eau potable, par exemple.

Sur le plan de la coopération transfrontalière, ce projet a été très riche, car à partir d'approches différentes, de réelles complémentarités sont apparues pour répondre aux questions posées : utilisation de l'azote des déjections animales et modalités de gestion du couvert différentes pour l'interculture blé-maïs, système céréalier et système éleveur pour l'interculture entre 2 maïs sont 2 des exemples que l'on peut citer. Le travail de synthèse réalisé à l'issue du programme a de plus été l'occasion de faire le point complet sur la question de part et d'autre du Rhin.

Sur les 2 thèmes, une des perspectives à développer serait sans doute la prévision a priori des situations nécessitant la mise en place d'une gestion particulière de l'interculture, puisque nous avons montré qu'un des facteurs limitants le développement d'une culture intermédiaire pouvait être le manque d'azote et que dans ce cas-là, la meilleure technique est ... de ne rien faire ! Du côté français, des travaux ont déjà été engagés dans ce sens, en particulier par le COMIFER.

En ce qui concerne plus spécifiquement l'interculture après récolte d'été, les efforts doivent sans doute porter plus sur la conviction des agriculteurs sur les avantages agronomiques et environnementaux que sur les références techniques. Celles-ci sont globalement suffisantes, sauf sur la prise en compte de la culture intermédiaire dans le raisonnement de la fertilisation azotée de la culture suivante.

Pour l'interculture entre deux maïs, les efforts devraient porter sur l'identification des situations où la mise en oeuvre d'une culture intermédiaire serait vraiment indispensable et les moyens à prévoir pour convaincre les agriculteurs. Sur le plan technique, des améliorations restent sans doute envisageables mais elles restent marginales.

PROJET A 1.2 : RESUME DU RAPPORT DE SYNTHESE 1996/1998

THEME : Optimisation de la gestion des cultures intermédiaires

CHEF DE PROJET : Rémi KOLLER
Réalisation : M.L. BURTIN
F. JUNCKER

ARAA - Schiltigheim (F)
ARAA - Schiltigheim (F)
AGPM - Colmar (F)

PARTENAIRES : H. NUSSBAUMER
IFUL - Mullheim (D)

ORGANISMES ASSOCIES : Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin, ITCF, L. A.Rouffach

DUREE DU PROJET : 1996-1998

POSITION DU PROBLEME

Pour la gestion des pertes de nitrates agricoles, l'ajustement de la fertilisation des cultures ne suffit pas ; il faut aussi se préoccuper du devenir de l'azote pendant l'interculture. Dans la plaine du Rhin, 2 types d'interculture sont problématiques car susceptibles de générer des pertes de nitrates importantes. Il s'agit :

- des intercultures longues entre la récolte d'une culture d'hiver ou d'une culture de printemps primeur et le semis d'une culture de printemps ; même après une culture à la fertilisation azotée ajustée, le stock d'azote minéral se trouve augmenté par la minéralisation estivale et automnale et en l'absence de cultures, les risques de pertes par lessivage peuvent être élevés ; on retrouve là les successions de cultures blé - maïs, dont on peut estimer les surfaces à 40.000 ha en Alsace et 115.000 ha dans le Bade-Wurtemberg,
- des intercultures entre 2 cultures de printemps à récolte tardive ; l'azote minéralisé au cours de l'automne n'a pas pu être utilisé par la culture en place et après reconstitution de la réserve hydrique du sol, l'eau excédentaire risque d'entraîner les nitrates hors de portée des racines ; on retrouve principalement dans cette situation la monoculture de maïs. La culture de maïs couvre 150.000 ha en Alsace et 126.000 ha en Bade-Wurtemberg, une part non négligeable de ces surfaces étant en maïs sur maïs.

Pour les intercultures de type blé-maïs (sous-thème 1), les différentes modalités de gestion (déchaumage, enfouissement des pailles, semis de cultures intermédiaires, ...) et leurs efficacités respectives quant au piégeage des nitrates sont bien connues que ce soit en France (travaux de l'ITCF en particulier) ou dans le Bade-Wurtemberg (notamment l'Aktion 001 sur les dates de retournement les plus appropriées). Il reste néanmoins à vérifier l'efficacité des cultures pièges à nitrates lors de l'apport de déjections animales en été sur chaumes et à mettre au point des indicateurs visuels permettant aux agriculteurs de définir les dates de retournement.

En ce qui concerne l'interculture entre 2 maïs (sous-thème 2), les techniques ne sont pas encore suffisamment au point pour être diffusables de façon généralisée, et de nombreuses interrogations subsistent quant à leur capacité à piéger des nitrates en quantité notable.

Les expérimentations mises en place dans le cadre de ce projet A 1.2 visent à répondre à ces questions. Leurs résultats en sont présentés en 2 chapitres, un par sous-thème.

SOUS-THEME 1 : Gestion de l'interculture blé-maïs

INTRODUCTION

L'interculture entre une céréale à paille et une culture d'été telle que le maïs est longue et peut présenter des risques de pertes de nitrates. En Alsace comme dans le Bade-Wurtemberg, il est recommandé d'implanter des cultures intermédiaires pièges à nitrates pour réduire ce risque. Dans certaines situations, la recommandation devient une obligation : c'est le cas dans les zones vulnérables en Alsace lors d'apports de déjections animales sur chaumes en juillet et août (directive nitrates) ; c'est aussi le cas dans les périmètres de captage dans le Bade-Wurtemberg. On pourra se reporter au projet B4 de l'ITADA pour plus de précisions à ce sujet.

Sur le plan agronomique, les choix d'espèces de cultures intermédiaires après blé, leurs modes d'implantation et leur efficacité en terme de piège à nitrates sont bien connus.

Il reste à :

- mesurer l'efficacité de ces cultures pour utiliser l'azote apporté par des déjections animales en été,
- préciser l'effet de différentes modalités de gestion (dates de retournement),
- identifier des critères extérieurs facilement repérables par l'agriculteur pour déterminer la date optimale de retournement de cette culture.

Des réponses à chacune de ces questions ont été apportées annuellement et transcrites dans les rapports annuels. Pour la synthèse, nous nous sommes attachés à utiliser l'ensemble des données disponibles pour répondre à 7 questions plus générales.

I. Les données disponibles

En Alsace, des essais ont été conduits en comparant des semis de moutarde et des sols nus, après apport de différentes doses de fumier à 2 dates. Les données disponibles sont :

- un essai conduit à Elsenheim (Bas-Rhin, ouest de Marckolsheim) en 1996/97,
- un essai mené à Mussig (Bas-Rhin, est de Sélestat) en 1997/98,
- un réseau de parcelles suivies dans la vallée de la Zorn et dans la moitié sud du Bas-Rhin en 1998/99.

Dans le Bade-Wurtemberg, les données disponibles proviennent de 2 essais conduits en 1997/98, l'un à Efringen-Kirchen (le long du Rhin au nord de Bâle), l'autre à Steinenstadt, près de Müllheim. On y a comparé des semis de moutarde ou de navette d'hiver à des repousses de céréales, avec ou sans travail du sol ; ces traitements ont été croisés avec 2 dates de retournement.

II. Une culture intermédiaire entre céréales à paille et maïs peut-elle utiliser l'azote laissé par la culture précédente ou apporté avec des déjections animales épandues en été ?

La réponse à cette question est apportée par l'observation de la croissance de la culture intermédiaire (biomasse produite) et de la quantité d'azote absorbé par les parties aériennes. On constate une croissance de la culture intermédiaire, avec des productions de biomasse atteignant de 1 à 6 tonnes de matière sèche à l'hectare, et des absorptions d'azote variant de 20 à 180 kg d'azote, les valeurs médianes se situant entre 60 et 100.

Les résultats obtenus confirment que des cultures intermédiaires peuvent se développer et absorber de l'azote en fin d'été et début d'automne, et en particulier l'azote provenant d'apport de déjections animales en été. L'exemple de Steinenstadt montre aussi qu'il existe

des parcelles trop peu riches en azote pour permettre le développement d'une culture intermédiaire. Il faudrait pouvoir identifier de telles parcelles a priori.

III. La pratique des cultures intermédiaires réduit-elle le risque de lessivage des nitrates pendant l'hiver ?

Pour répondre à cette question, nous avons analysé l'évolution de l'azote nitrique du sol depuis le semis de la culture intermédiaire jusqu'à la sortie de l'hiver suivant.

A l'entrée de l'hiver (fin novembre), les quantités de nitrates présents dans le sol sous cultures intermédiaires sont très faibles, de 10 à 30 unités par hectare, et sont inférieures à celles sous sol nu. Les pertes de nitrates par lessivage sont ainsi réduites.

IV. Les différents couverts étudiés sont-ils équivalents ?

Seuls les essais du Bade-Wurtemberg permettent de répondre à cette question.

On constate que la navette se développe moins rapidement que la moutarde en automne, mais que, n'étant pas gélive, elle continue à croître et à consommer de l'azote en hiver.

On préférera donc la moutarde pour une parcelle devant être labourée à la fin de l'automne ou au début de l'hiver. Par contre, si le labour doit au contraire n'intervenir qu'au printemps, on choisira plutôt la navette d'hiver.

V. Cette technique n'induit-elle pas de nouveaux risques (minéralisation en hiver) ?

Les courbes de suivi de l'azote nitrique du sol montrent des remontées significatives des quantités d'azote minéral du sol, dès la fin février. Cette augmentation ne peut s'expliquer que par une minéralisation des matières organiques, commençant dès que les températures remontent (cas de février 97, plutôt doux).

L'azote immobilisé par les cultures intermédiaires peut donc se reminéraliser assez rapidement.

VI. Existe-t-il une parade pour ces nouveaux risques (labour après l'hiver) ?

Seuls les essais du Bade-Wurtemberg permettent de répondre à cette question grâce au traitement "labour de printemps". On y constate des remontées des quantités d'azote minéral du sol plus tardives. Le risque de lessivage de nitrates au printemps semble donc réduit par un labour tardif.

VII. Quelles conséquences cette culture intermédiaire a-t-elle sur la culture suivante ?

C'est le suivi de témoins non fertilisés dans la culture de maïs qui suit la culture intermédiaire qui permet de répondre à cette question.

On a observé des résultats très contrastés, à savoir des effets positifs (plus de fournitures après culture intermédiaire qu'après sol nu) et des effets négatifs selon les cas. Cela peut provenir de pertes effectives par lessivage très différentes. Si l'hiver a été pluvieux et que des nitrates ont été lessivés, la culture intermédiaire en les retenant peut les céder à la culture suivante et donc fournir globalement plus d'azote qu'un sol nu qui, lui, a perdu ses nitrates. Par contre, si l'hiver n'a pas été pluvieux, les nitrates utilisés par la culture intermédiaire ne sont pas immédiatement disponibles pour la culture suivante (ils doivent être reminéralisés) ; tandis que ceux qui sont restés sous sol nu sont disponibles dès le semis pour la culture. Ces hypothèses restent à confirmer.

En conclusion, il apparaît que l'effet de la culture intermédiaire sur la culture suivante n'est pas univoque : il dépend au moins de l'intensité des pertes de nitrates que cette culture a

permis d'éviter, des quantités d'azote qu'elle a absorbé et des conditions de labour et de préparation du sol (effet sur la structure du sol de la culture intermédiaire). Les différences de fournitures du sol peuvent varier de -20 à +20 kg N/ha.

VIII. Peut-on estimer l'absorption d'azote par une moutarde sans la mesurer ?

L'objectif de cette évaluation est de déterminer le moment où la moutarde a rempli sa mission de "pompe à nitrates" en évitant qu'elle ne se transforme qu'en "pompe à eau".

On observe un lien assez étroit entre hauteur de la moutarde et la biomasse produite, et un lien plus lâche entre hauteur et quantité d'azote absorbé.

La hauteur de la moutarde peut donc être retenue comme indicateur grossier de l'absorption d'azote. Il reste néanmoins à déterminer le niveau potentiel d'azote à absorber : celui-ci peut être très élevé en particulier dans les cas de surfertilisation de la culture précédente ou d'apport de déjections animales.

IX. Conclusion

Ces expérimentations, réalisées selon des protocoles complémentaires, ont permis de mener une réflexion d'ensemble sur la gestion de l'interculture céréales à paille - maïs dans le fossé rhénan, dans le but de réduire les pertes de nitrates par lessivage.

Nous avons en effet montré que, dans nos conditions pédoclimatiques, une culture intermédiaire semée en août après la récolte du blé peut se développer et absorber de l'azote, sous réserve d'une disponibilité suffisante en azote, que celui-ci provienne de la culture précédente ou de la minéralisation estivale et automnale de la matière organique. Pour la moutarde, la mesure de sa hauteur peut donner une estimation de la quantité d'azote absorbé ; il faudrait aussi pouvoir prévoir la quantité d'azote à absorber, selon la fertilisation de la culture précédente et le régime de restitutions organiques.

Le développement de ces cultures intermédiaires conduit à une forte réduction des reliquats d'azote minéral du sol à l'entrée de l'hiver, ce qui limite les pertes de nitrates par lessivage au cours de l'hiver. La moutarde, grâce à sa croissance rapide, a l'effet le plus fort sur cette réduction de reliquat, mais la navette, qui résiste au gel et continue à pousser en hiver, a un effet à plus long terme si elle n'est pas labourée avant l'hiver. Les repousses de céréales captent aussi de l'azote, mais leurs capacités d'absorption sont insuffisantes pour des quantités importantes d'azote (en cas d'apport de déjections animales par exemple).

Les cultures intermédiaires enfouies en fin d'automne peuvent se reminéraliser assez tôt en fin d'hiver si celui-ci est suffisamment doux. Un labour de printemps permet de retarder cette reprise de minéralisation. Cette technique n'est néanmoins pas envisageable pour tous les types de sol.

L'effet de la culture intermédiaire sur la culture de maïs suivante a été analysée au travers des fournitures d'azote du sol. Il se révèle variable et fortement dépendant du lessivage effectif au cours de l'hiver, du développement de la culture intermédiaire et des conditions de labour et d'implantation du maïs (effet de la culture intermédiaire sur la structure du sol).

L'implantation d'une culture intermédiaire entre une céréale à paille et un maïs peut être conseillée aux agriculteurs du fossé rhénan. Cette technique enrichit la panoplie des outils dont disposent les agriculteurs pour réduire les pertes de nitrates sous leurs parcelles.

SOUS-THEME 2 : optimisation de la gestion des cultures intermédiaires dans le cadre d'une monoculture de maïs

INTRODUCTION

Dans la problématique “ nitrates ” par rapport à la qualité de l'eau de la nappe phréatique du fossé rhénan, des essais ‘cultures intermédiaires après maïs’ ont été mis en place dans le cadre de l'ITADA entre 96 et 98 en Alsace et en Bade-Wurtemberg.

La culture intermédiaire est pratiquée dans l'objectif de diminuer la quantité de nitrate disponible au lessivage par les eaux de drainage. Elle absorbe ou immobilise de l'azote dans la sphère racinaire et consomme de l'eau.

Après maïs, la mise en place d'une culture intermédiaire peut se justifier dans les zones particulièrement sensibles (périmètre de captage, nappe phréatique superficielle, sol filtrant...), et lorsque les apports d'azote sont excédentaires par rapport aux besoins et aux performances de la culture. C'est le cas en particulier dans les zones d'élevage à forts apports de déjections animales.

Les expérimentations côté français concernent le maïs grain conduit en monoculture et sans déjections animales. Il y a un essai par an. Celles réalisées en Bade-Wurtemberg, l'ont été dans une petite région d'élevage bovin proche de Freiburg, en limite de Forêt-Noire et dans un périmètre de captage (Dreisamtal). Elles concernent donc le maïs fourrage qui reçoit régulièrement des apports de fumier ou lisier. Les essais sont menés dans le cadre d'un réseau de parcelles.

D'où 2 systèmes de culture différents, dans des contextes climatiques également différents.

En maïs il existe 2 façons d'implanter une culture intermédiaire. Soit, par un semis précoce (juin) entre les rangs, qui se développera après la récolte (semis sous couvert), soit par un semis après la récolte.

Des expérimentations sur ce thème avaient déjà été conduites dans le cadre du premier programme ITADA.

Cette partie du projet se proposait alors de répondre à 3 questions :

- Quels sont les compléments d'information apportés sur l'implantation des semis de graminées sous couvert de maïs ?
- Quelles sont les performances du semis sous couvert dans les deux systèmes ?
- Quelles sont les alternatives possibles et que peut-on en penser ?

Question 1 :

Quels sont les compléments d'information apportés sur l'implantation des semis de graminées sous couvert de maïs ?

- Espèce et date de semis : le couvert le mieux adapté à un semis sous couvert est une association de graminées à base de ray-grass, ray-grass anglais + ray-grass italien ou mélange de seigle *JD* (Jouffray-Drillaud) et de ray-grass hybride.

C'est le stade “ genoux ” du maïs qui a été retenu dans les expérimentations transfrontalières pour le semis des graminées. C'est le moment considéré le plus approprié pour éviter à la fois la concurrence de la culture intermédiaire vis-à-vis du maïs et les problèmes de désherbage.

- Adaptation du désherbage : pour obtenir une maîtrise suffisante des mauvaises herbes sans handicaper la culture intermédiaire le désherbage passe par les traitements de post-levée à l'aide d'une association antigraminée + antidiot. C'est la solution du traitement chimique sur le rang, combiné au binage de l'inter-rang, qui a été pratiquée, de façon à travailler le sol entre les rangs en surface et donner plus de chance à l'implantation du couvert.

- La lumière et la pluviométrie : la réussite du couvert et sa persistance sous le maïs en attendant la récolte s'est révélée aléatoire du fait notamment du fort développement végétatif du maïs et de l'ombrage important qu'il provoque dans les inter-rangs.

Quant au redémarrage et au développement du couvert après la mise en lumière consécutive à la récolte, il est fortement dépendant de la pluviométrie à l'automne.

Finalement, que ce soit en maïs grain ou en maïs fourrage, la réussite de l'implantation d'une culture intermédiaire sous couvert est aléatoire et conditionnée à certains facteurs, à la fois d'ordre agronomique et climatiques.

Question 2 :

Quelles sont les performances du semis sous couvert dans les deux systèmes ?

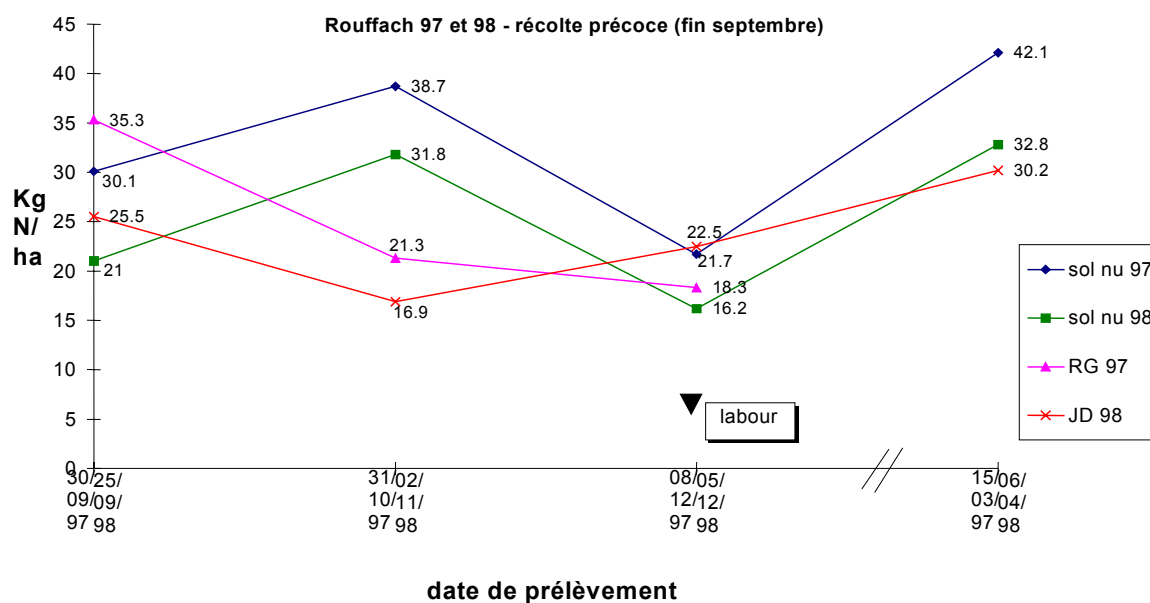
La performance de la culture intermédiaire se mesure par son aptitude à piéger les nitrates restant dans le sol après la récolte. Les résultats de part et d'autre du Rhin sont variables ; en effet, la quantité de nitrate prélevée par le couvert dépend de son développement et de sa production de biomasse, elle-même tributaire d'une bonne alimentation en eau et en azote. En outre plus la mise en lumière intervient tôt, plus la culture aura le temps de se développer. Ceci implique des récoltes précoces en septembre. Ce n'est généralement pas un problème dans le cadre d'une culture de maïs fourrage, mais pour une récolte en grain, cela signifie un choix de variété précoce.

Les conditions climatiques seules n'expliquent pas cette variabilité.

- Côté français, la production de biomasse est très faible, 0.2 à 0.3 TMS/ha, qui absorbe 6 à 7 kg d'azote par hectare.

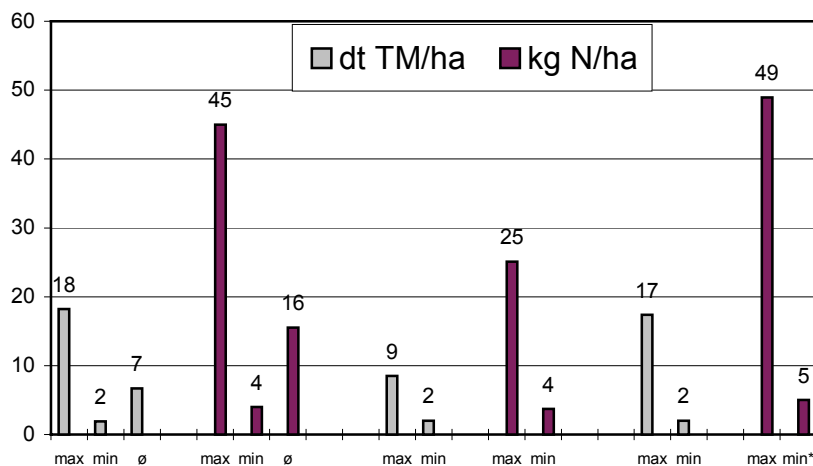
Ce faible développement peut s'expliquer par les faibles quantités de nitrates mesurées dans le sol après la récolte, ce qui fait de l'azote un facteur limitant. Néanmoins, par rapport à un sol nu, la culture intermédiaire a momentanément soustrait du lessivage automnal entre 10 et 20 kg N/ha (cf. figure 1)

Figure 1 : Evolution des reliquats azotés sur 0-60 cm entre le sol nu et le couvert



- Dans le Dreisamtal, la production moyenne de biomasse aérienne oscille autour de 0.7 à 1 TMS/ha et le prélèvement en azote par la culture intermédiaire se situe en moyenne dans une fourchette comprise entre 10 et 20 kg N/ha (cf. figure 3). Ces valeurs sont plus importantes que dans les références alsaciennes mais restent néanmoins faibles et variables. Il n'y a pas de relation entre la production de biomasse et la quantité d'azote prélevé.

Figure. 2 : production de biomasse aérienne (dt TM/ha) et prélèvement d'azote (kg N/ha) en décembre par le ray-grass ; 1996 – 1998 – essais du Dreisamtal-D.



dt TM = dezi-Tonne Trocken Masse = quintal de matière sèche (= 0.1 T).

Dans ces essais, la culture intermédiaire est restée en place pendant l'hiver et la production de biomasse et l'azote absorbé ont été remesurés en avril. L'intérêt de maintenir le couvert pendant l'hiver est très faible.

Question 3 :

Quelles sont les alternatives possibles et que peut-on en penser ?

Les essais faits en Alsace ont étudié la possibilité d'implanter un couvert après la récolte du maïs.

Deux espèces ont été retenues : la moutarde et le seigle.

- La moutarde, est réputée pour son aptitude à se développer et à puiser les nitrates rapidement. Toutefois cette espèce est gélive et elle ne résiste pas à des températures inférieures à -5°C.

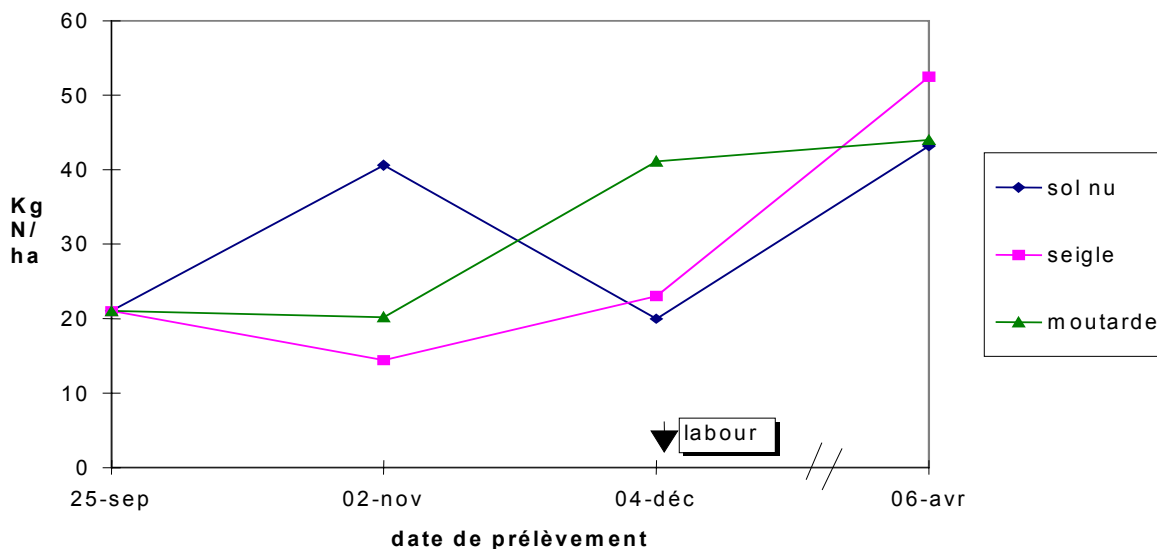
- Le seigle, a la réputation d'être rustique, de couvrir rapidement le sol et est non gélif.

Comme pour le semis sous couvert, les conditions climatiques après le semis sont déterminantes dans la réussite de l'implantation. De plus une légère préparation superficielle paraît indispensable afin de favoriser la levée des petites graines.

Quand le semis est réussi et que la culture produit une certaine biomasse (moutarde et seigle en 98), les performances en terme de prélèvement de nitrate sont comparables à celles du ray-grass sous couvert.

Une vingtaine d'unités ont été piégées et soustraites au lessivage de novembre comme le montre la figure 3 :

**Fig 3 : Evolution des reliquats sous deux couverts
implantés après une récolte précoce en septembre
Rouffach 1998/99**



Enseignement des différentes alternatives

Après une récolte précoce du maïs fin septembre, il apparaît que sur sol nu il y a une reprise de minéralisation de l'azote qui produit des nitrates susceptibles d'être lessivés. Cette augmentation des teneurs en nitrates pendant le mois d'octobre ne s'observe pas quand un couvert est correctement implanté. Le niveau des reliquats au départ est néanmoins faible, 20 à 30 unités et les différences entre sol nu et culture intermédiaire sont faibles, de l'ordre de 15 à 20 unités.

Sous un climat continental qui connaît des gelées précoces, l'intérêt d'une moutarde ou de quelque autre espèce gélive est très limité. La date de labour précoce, fin novembre-début décembre, constitue également une limite au développement du couvert, même non gélif.

D'un point de vue économique il ne faut pas non plus oublier que l'installation d'une culture intermédiaire a un coût : semences, préparation superficielle, adaptation du désherbage, récolte plus précoce...

De plus il peut y avoir des conséquences agronomiques non connues et non mesurées pour l'instant par le non-broyage des cannes, l'enfouissement de la culture intermédiaire...

CONCLUSION

Notre tentative d'implantation d'une culture intermédiaire entre 2 maïs grain selon 2 modalités (semis sous couvert et semis post-récolte) s'est révélée peu fructueuse à bien des égards.

Les 2 techniques présentent des aléas et de nombreuses limites dans les deux contextes étudiés :

- système maïs grain en monoculture, pas de déjections animales, labour d'automne, climat semi-continentale, d'une part.
- système maïs fourrage en monoculture, avec déjections animales, différentes modalités de travail du sol, climat semi-continentale avec influence de l'altitude, d'autre part.

Plusieurs facteurs conditionnent leur réussite : un désherbage adapté (dans le cas de semis sous-couvert), une récolte précoce et surtout des conditions climatiques favorables. De plus le choix de l'espèce à planter se limite aux espèces rustiques à installation et croissance rapide, telles que céréales (ray-grass, seigle) ou crucifères (moutarde), puisque la période de végétation disponible est courte (fin septembre à début décembre). Pour des raisons économiques il faut également que le coût des semences soit faible.

Quand la fertilisation azotée du maïs est bien raisonnée, l'implantation d'une culture intermédiaire est peu justifiée. Mais la situation de faibles reliquats post-récolte du site expérimental (Lycée Agricole de Rouffach) n'est pas forcément représentative de la situation générale de l'Alsace. Le risque de lessivage hivernal n'est pas non plus le même selon le type de sol.

Ces techniques peuvent toutefois contribuer à diminuer ces risques dans certaines situations, mais elles ne constituent absolument pas une " assurance tous risques " et ne sont surtout pas généralisables.

Pour l'essentiel de la sole maïs grain récoltée en Alsace courant octobre, elles sont à considérer comme inadaptées. Le risque d'échec de l'installation du couvert entre les rangs de maïs est élevé et l'efficacité comme piège à nitrates en automne trop limitée.

Compte tenu des contraintes d'ordre économique et agronomique, il est peu probable que les agriculteurs français adoptent spontanément cette technique eu égard à ses modestes performances.

Une telle technique ne devrait s'envisager en pratique, en plaine d'Alsace, qu'après un maïs fourrage qui libère tôt les sols ou bien dans quelques cas particuliers bien ciblés, tels que les périmètres de protection des captages d'eau potable, par exemple.

Pour ce qui est de la problématique élevage et maïs fourrage dans le Dreisamtal, il apparaît également que quand les apports de déjections animales et la fertilisation minérale qui s'y rajoute sont bien raisonnés, l'efficacité d'un semis sous couvert est modérée. Cependant, là aussi, les exploitations qui ont servi à la mise en place des essais ne sont sûrement pas représentatives de toutes les zones d'élevage du Land de Bade-Wurtemberg.

Mais, contrairement à la France, il existe des mesures incitatives avec subventions pour développer cette pratique : grâce au programme MEKA (Marktenlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich), les agriculteurs allemands sont indemnisés pour assurer une couverture du sol en hiver (hors périmètre de captage).

Comme en témoignent les suivis de parcelles dans le Dreisamtal, la réussite de la technique est également aléatoire chez les agriculteurs qui la pratiquent . Mais dans tous les cas, il n'y a pas réellement obligation de résultats, c'est à dire de bonnes performances de la culture intermédiaire.

ANNEXES DU SOUS THEME 1 :

Annexe 1 - Protocole des essais culture intermédiaire entre blé et maïs en Alsace

Dans une parcelle à sol moyennement filtrant, cultivée en céréales à paille et destinée à porter du maïs l'année suivante, on implante 4 traitements en **bandes** après la récolte des céréales et l'enlèvement des pailles.

- pas d'apport de fumier
- apport début août d'une dose moyenne de fumier (40 t/ha)
- apport début août d'une dose forte de fumier (80 t/ha)
- apport début septembre d'une dose moyenne de fumier (40 t/ha)

Le fumier apporté début août est enfoui superficiellement par le déchaumage réalisé peu après l'apport. Celui-ci est également réalisé sur la partie sans fumier.

Perpendiculairement à l'apport de fumier, on met en place 2 bandes différentes.

- sol nu : la parcelle est maintenue propre, éventuellement par un 2ème déchaumage réalisé en fin d'été
- moutarde : un semis de moutarde est réalisé vers le 20 août et maintenu en place jusqu'au 1er décembre.

MESURES ET OBSERVATIONS A REALISER

- Analyse du fumier

Détermination de la teneur en N total et en N minéral, et du rapport C/N

- **Pesée des épandeurs à fumier** au moment des apports

- Suivi de l'azote du sol

- * après la récolte de la céréale et avant l'apport de fumier (1 prélèvement)
- * après la levée de la moutarde et avant l'apport de fumier en septembre (début à mi-septembre) sur les 6 traitements présents à ce moment (6 prélèvements)
- * à la fin de la moutarde (mi-novembre) sur tous les traitements (8 prélèvements)
- * à la fin février sur tous les traitements (8 prélèvements)

Chaque prélèvement comprend 8 carottages de sol, prélevés par horizon de 30 cm et mélangés. Un échantillon représentatif du mélange est constitué, congelé et analysé. Un prélèvement conduit à 1 résultat d'analyse.

- Suivi de la biomasse produite et de l'azote prélevé

Celui-ci doit être réalisé de façon à pouvoir réaliser une courbe de croissance et d'absorption d'azote; les mesures seront effectuées à 4 dates, correspondant approximativement aux productions 1 t MS/ha, 2 à 2,5 t/ha, 4 t/ha et au moment de la destruction de la culture. Cela devrait correspondre à une première mesure au cours de la 2ème décennie de septembre, les autres se succédant à 15 jours d'intervalle. Les mesures sur le sol et la végétation doivent être réalisées à la même date à la levée et à la destruction de la moutarde, soit à la mi-septembre et à la mi-novembre.

- Observations complémentaires au moment des déterminations de biomasse

- * photographie au moment des prises d'échantillons : mettre à côté de la culture un repère visuel (mètre où l'on voit bien les graduations par exemple).
- * notation du stade de développement de la culture : floraison, formation des siliques ...

L'année suivante, un témoin zéro azote sur maïs est implanté dans chacun des traitements pour mesurer l'impact des apports de fumier et de la culture de la moutarde sur la fertilisation azotée du maïs.

Cette expérimentation est conduite par le SUAD du Bas-Rhin.

Annexe 2 - Caractéristiques des essais alsaciens

Site	Elsenheim 1996/97	Mussig 1997/98
Type de sol	Ried brun caillouteux	Ried noir caillouteux
Analyse de terre		
Teneur en argile	30 %	30 %
Teneur en limon	32 %	28 %
Teneur en sables	31 %	35 %
Teneur en M.O.		6,1 %
Teneur en cailloux	20 %	10 à 30 %
Analyse du fumier apporté		
teneur en matière sèche	38,1 %	20,6 %
teneur en N total en kg/t de produit frais	5,64	5,46
teneur en N ammoniacal en kg /t de fumier	0,17	0,11
Date d'apport du fumier d'août	08/08/96	19/08/97
Date de semis de la moutarde	14/08/96	25/08/97
Date d'apport du fumier de septembre	11/09/96	25/09/97
Date de labour	15/11/96	15/11/97
Dates de mesure de la biomasse	25/09/96 09/10/96 22/10/96 14/11/96	19/09/97 09/10/97 29/10/97 13/11/97
Dates de mesure de reliquat	11/07/96 10/08/96 12/09/96 14/11/96 27/02/97	22/08/97 17/09/97 20/11/97 16/02/98

Annexe 3 - Protocole du réseau 1998 en Alsace

Afin de généraliser les observations de 1996 et 1997, le protocole a été modifié en 98.

Les 2 premières années d'expérimentation nous ont montré que les parcelles où l'on a implanté des cultures intermédiaires contiennent très peu d'azote minéral au moment de l'enfouissement de la culture. Nous avons cherché à vérifier cela en mesurant les reliquats d'azote minéral du sol avant reprise du drainage, sur un réseau de parcelles ayant reçu des déjections animales en Juillet ou Août et ayant été implantées avec une culture intermédiaire.

Il s'agit :

- de trouver des éleveurs ayant apporté du fumier ou du lisier, sur des chaumes de céréales à paille, en Juillet ou Août **et** ayant semé une culture intermédiaire,
- de réaliser, vers la mi-novembre, un profil de teneur en azote minéral du sol dans la parcelle fumée et semée en culture intermédiaire,
- éventuellement, de réaliser chez le même éleveur, le même type de profil dans une autre parcelle comparable (même type de sol, même culture 97/98, même régime d'apports organiques), dans laquelle il y a eu apport de fumier ou lisier **après** le 1^{er} Septembre, **sans implantation** de culture intermédiaire,
- de faire une mesure de la biomasse de culture intermédiaire produite, de sa teneur en matière sèche et en azote pour déterminer la quantité d'azote prélevé,
- de refaire les profils d'azote minéral du sol dans les 2 parcelles vers la fin février.

Tableau récapitulatif du protocole

Traitement	Parcelle avec culture intermédiaire	Parcelle sans culture intermédiaire
Choix des parcelles	comparables pour le type de sol et le système de culture (précédent, régime d'apport des déjections)	
Date apport des déjections animales	avant le 1 ^{er} Septembre	après le 1 ^{er} Septembre
Culture intermédiaire	OUI	NON
Identification du type de sol	OUI (avec ARAA)	OUI (avec ARAA)
Profil d'azote mi- novembre	OUI	OUI
Profil d'azote fin février	OUI	OUI
Détermination des prélèvements d'azote par la culture intermédiaire	facultatif	-

Annexe 4 - Protocole des essais du Bade-Wurtemberg

Dans le but d'acquérir des informations complémentaires sur les effets de différentes dates de destruction de la culture intermédiaire, des essais ont été engagés avec le protocole suivant :

1. espèce pour le couvert végétal
 - moutarde (espèce gélive)
 - navette d'hiver (résistante au gel)
 - repousses spontanées avec travail du sol
 - repousses spontanées sans travail du sol

1. date de retournement
 - retournement d'hiver après le 15.11.1997
 - retournement de printemps en mars 1998
 - pas de retournement (semis direct du maïs)

Les cultures intermédiaires ont été mises en place après un blé d'hiver et avant un maïs grain. Les essais ont été installés à Efringen-Kirchen et à Steinenstadt et comportaient 4 répétitions. Les mesures ont concerné les valeurs de reliquats d'azote minéral du sol, les rendements en matière sèche et l'azote absorbé dans la végétation aérienne des couverts.

Description des sites et données culturales

	Efringen-Kirchen	Steinenstadt
Type de sol	sL	uL
argile %	19,0	25,8
Limon %	47,4	51,6
sable %	33,6	22,6
pH	6,3* (C)	5,9 (A)
P2O5	25 (C)	16 (B)
K2O	30 (C)	33 (C)
Mg	7 (B)	10 (B)
Humus	2,5	2,5
Total N	0,13	
C/N	11,2	
Précédent blé d'hiver		
Fertilisation N	ca. 140 kg N/ha	ca. 90 kg N/ha
rendement	70 q/ha	65 q/ha
Date de récolte	28.07.	01.08.
Enlèvement des pailles	31.07.	05.08.
Culture intermédiaire		
chaulage	13.08.*	
Travail du sol	15.08.	09.08.
profondeur	9 - 11 cm	10 - 13 cm
		Trop profond et trop humide
semis	18.08.	11.08.
levée	À partir du 25.08.	15.08
Labour d'automne	17.12.	Fin novembre.

* Chaulage avec „ kohlensaurem Mg-Kalk“ 28 dt/ha (80% CaO, 10% Mg)

Annexe 5 - Données relatives à l'essai d'Eisenheim (F - 1996/97)

5.1. - Mesures réalisées sur la moutarde à Eisenheim en 1996

Traitement	Date	Teneur en MS	Biomasse produite t/ha	Teneur en N	N prélevé dans les parties aériennes kg/ha
Moutarde	25/09	16,48 %	2,04	2,39 %	49
	09/10	20,99 %	2,67	2,21 %	59
	22/10	21,86 %	4,14	1,91 %	79
	14/11	24,84 %	3,99	1,56 %	62
Moutarde + 40t fumier	25/09	15,97 %	2,10	3,09 %	65
	09/10	16,67 %	3,38	2,45 %	83
	22/10	17,92 %	3,48	1,98 %	69
	14/11	22,68 %	5,26	1,65 %	87
Moutarde + 80t fumier	25/09	13,75 %	1,74	3,53 %	61
	09/10	13,41 %	2,98	3,17 %	94
	22/10	16,10 %	3,90	2,36 %	92
	14/11	16,84 %	5,32	1,96 %	104

5.2. - Mesures réalisées sur le sol à Eisenheim en 1996/97

Traitement	Date	N-NO3 du sol kg/ha	N-NH4 du sol kg/ha	N minéral du sol kg/ha	N-NO3 du sol Hor. 0-30cm	N-NO3 du sol Hor. 30-60cm
Tous	11/07	6			3	3
	10/08	114			68	46
Moutarde	12/09	45	12	57	22	23
	14/11	10	8	18	4	6
	27/02	43	11	54	20	23
Moutarde + 40t fumier	12/09	57	12	69	39	18
	14/11	10	9	19	6	4
	27/02	119	55	174	94	25
Moutarde + 80t fumier	12/09	128	21	149	97	31
	14/11	7	10	17	4	3
	27/02	80	22	102	35	45
Sol nu	14/11	115	7	122	56	59
	27/02	36	8	44	19	17
Solnu+40t	14/11	128	17	145	47	82
	27/02	52	9	61	24	28
Sol nu+80t	14/11	93	12	105	49	44
	27/02	64	14	78	31	34
Sol nu+40tSept	14/11	197	15	212	93	104
	27/02	40	12	52	17	23
Mout.+40tSept.	14/11	7	10	17	3	4
	27/02	73	15	88	26	47

Annexe 6 - Données relatives à l'essai de Mussig (F - 1997/98)

6.1. - Mesures réalisées sur la moutarde - MUSSIG 1997

Traitement	Date	Teneur en MS	Biomasse produite t/ha	Teneur en N	N prélevé dans les parties aériennes kg/ha
Moutarde	19/09/97	8,10	0,39	5,08	20
	09/10/97	16,15	2,50	2,25	56
	29/10/97	17,75	3,10	2,09	65
	13/11/97	16,15	2,75	1,94	54
Moutarde + 40t fumier	19/09/97	9,00	0,43	5,00	21
	09/10/97	14,70	2,05	2,39	49
	29/10/97	16,95	2,80	2,00	55
	13/11/97	15,90	2,25	2,31	52
Moutarde + 80t fumier	19/09/97	9,85	0,45	4,64	21
	09/10/97	14,90	2,00	2,43	48
	29/10/97	17,15	2,50	2,00	50
	13/11/97	16,20	2,15	2,17	46
Moutarde + 40t fumier en Septembre	19/09/97	8,10	0,39	5,08	20
	09/10/97	13,30	1,75	2,86	50
	29/10/97	15,70	2,70	2,29	62
	13/11/97	14,40	2,65	2,42	64

6.2. - Mesures réalisées sur le sol - MUSSIG 1997/98

Traitement	Date	N-NO3 du sol kg/ha	N-NH4 du sol kg/ha	N minéral du sol kg/ha	N-NO3 du sol Hor. 0-30cm	N-NO3 du sol Hor. 30-60cm
Tous	22/08/97	50	13	63	36	14
Moutarde	17/09/97	69	11	80	40	29
	20/11/97	14	13	27	9	5
	16/02/98	88	8	96	51	37
Moutarde + 40t fumier	17/09/97	47	11	58	38	9
	20/11/97	11	21	32	9	2
	16/02/98	107	10	117	76	31
Moutarde + 80t fumier	17/09/97	31	10	41	23	8
	20/11/97	10	20	31	7	3
	16/02/98	106	17	123	52	54
Moutarde + 40t Sept.	17/09/97	69	11	80	40	29
	20/11/97	28	16	44	10	18
	16/02/98	120	11	131	52	68
Sol nu	17/09/97	118	11	129	82	36
	20/11/97	80	13	93	48	32
	16/02/98	148	9	157	65	83
Sol nu+40t	17/09/97	73	12	85	48	25
	20/11/97	122	12	134	88	34
	16/02/98	121	9	130	58	63
Sol nu+80t	17/09/97	69	10	79	51	18
	20/11/97	85	18	102	42	43
	16/02/98	143	9	152	66	77
Sol nu +40tSept	17/09/97	118	11	129	82	36
	20/11/97	55	15	70	53	2
	16/02/98	128	8	136	56	72

Annexe 7 - Données relatives au réseau de parcelles 1998 (F - 1998/99)

N°essai	Nom	Commune	Parcelle			Apport DA en 1998				Nature	Date semis	Dose semence
			Type de sol	Nature	Rendt	Dose N	DA98 O/N	date	Nature			
98-01	Gangloff	Bietlenheim	Limon profond	BH	85	120 O	FUM	fin août	80 O	moutarde	fin août	10
98-02	Weibel	Hochstett	Limon profond	BH	85	130 N					fin août	7
98-02 Av	Weibel	Hochstett	Limon profond	BH	85	130 O	FUM	août	60 O	moutarde	fin août	7
98-02Ss	Weibel	Hochstett	Limon profond	BH	85	130 O	FUM	Automne	70 N			
98-03	Schwartz	Hochstett	Limon profond	BH	90	90 O	FUM	août	80 O	moutarde	fin août	10
98-04 Av	Schwartz	Hochstett	Limon profond	BH	90	90 O	FUM	août	80 O	moutarde	fin août	10
98-04Ss	Schwartz	Hochstett	Limon profond	BH	90	90 O	FUM	août	80 N			
98-05Av	Gerber	Sundhouse	argilo-limoneux	BH	80	130 O	FUM	25/08/98	50 O	moutarde	25/08/98	10
98-05Ss	Gerber	Sundhouse	argilo-limoneux	BH	80	130 O	FUM	août	50 N			
98-06	Gerber	Sundhouse	argilo-limoneux	BH	80	130 O	FUM	Sept	50 N			
98-07a	Kientz	Ebersheim	Ried gris	BH		O	FUM		40 O	moutarde	28/08/98	5
98-07b	Kientz	Ebersheim	Ried gris	BH		O	FUM		40 O	moutarde	28/08/98	10
98-08a	Herrmann	Witternheim	Ried gris	BH		O	FUM	02/08/98	50 O	Phacélie		5
98-08b	Herrmann	Witternheim	Ried gris	BH		O	FUM	02/08/98	50 O	moutarde		5
98-08c	Herrmann	Witternheim	Ried gris	BH		O	FUM	02/08/98	50 O	moutarde		10
98-08d	Herrmann	Witternheim	Ried gris	BH		O	FUM	02/08/98	50 O	Repousses blé		
98-09Av	Kempf	Ebersheim	LSA	BH		O	FUM		40 O	moutarde		8
98-09Ss	Kempf	Ebersheim	LSA	BH		O	FUM		40 N			
98-10	Schwoob	Geispolsheim	Loess	BH	70	52 O	FUM	10/08/98	60 O	moutarde	28/08/98	12
98-11	Schwoob	Geispolsheim	Lehm	BH	70	118 O				moutarde	25/08/98	12
98-12	Ludwig	Bindernheim	Argile	BH		O	FUM	25/07/98	40 O	moutarde	27/07/98	8
98-13	GAEC Paturage	Ebersheim	LSA	BH		O	FUM		40 O	moutarde	05/08/98	

Annexe 7 - Données relatives au réseau de parcelles 1998 (F - 1998/99)

N°essai	Date récolte	Hauteur	Teneur MS	t/ha		Teneur N	kg N/ha	Mesures N sol entrée et sortie hiver (kg N/ha)											
				Biomasse	N absorbé			Date EH	0-30	30-60	60-90	REH	Date SH	0-30	30-60	60-90	RSH		
98-01	23-nov	100	14,7	2,2	2,89	64	8	5	3	16	04/05/99	61	44	47	152				
98-02	17-nov	100	16,4	4,1	2,26	92	6	2	2	10	04/05/99	47	27	23	97				
98-02 Av	23-nov	80	17,4	3,7	2,81	105	11	2	1	14	04/05/99	113	46	43	202				
98-02Ss							40	29	29	98	04/05/99	43	38	35	116				
98-03	17-nov	140	14,3	6,3	2,90	182	9	17	32	58	04/05/99	62	58	62	182				
98-04 Av	17-nov	140	12,6	5,3	2,90	155	14	6	4	24	04/05/99	62	58	62	182				
98-04Ss							59	37	40	136	04/05/99	66	88	68	222				
98-05Av	16-nov	80	10,4	2,6	3,10	81	16	4	2	22	23/03/99	21	61	57	139				
98-05Ss							21	59	37	117	23/03/99	20	40	51	111				
98-06							15	31	23	69	23/03/99	22	35	28	85				
98-07a	06-nov	75	8,8	1,8	3,72	65	26	10		36	23/03/99	22	20		42				
98-07b	06-nov	75	10,2	2,0	3,14	63	15	8		23	23/03/99	16	21		37				
98-08a	06-nov	40	7,9	2,0	2,72	54	11	2	2	15	23/03/99	23	48	25	96				
98-08b	06-nov	130	15,1	3,5	2,21	78	10	3	1	14	23/03/99	22	28	17	67				
98-08c	06-nov	100	17,6	3,0	1,93	58	12	2	0	14	23/03/99	19	68	35	122				
98-08d	06-nov	30	18,0	1,9	2,39	45	17	2	1	20					0				
98-09Av		85					20/11/98	24	13	50	23/03/99	18	21	37	76				
98-09Ss							20/11/98	33	42	104	23/03/99	17	14	31	62				
98-10	13-nov	100	11,1	3,4	3,65	124	15	4	4	23	23/03/99	14	17	16	47				
98-11	13-nov	35	16,6	1,5	2,29	34	5	3	2	10									
98-12	16-nov	165	17,5	5,9	1,93	114	14	6	3	23	23/03/99	18	29	12	59				
98-13	13-nov	165	13,0	4,8	2,94	140	13	5	2	20	23/03/99	20	52	35	107				

Annexe 8 - Données relatives à l'essai d'Efringen-Kirchen (D - 1997/98)

Rendements en matière sèche et absorption de l'azote par les cultures intermédiaires
Site d'Efringen-Kirchen
Valeur moyenne sur 4 répétitions

	MB (qx/ha)	% MS (%)	MS (qx/ha)	Teneur N (%)	N absorbé (kg N/ha)
Octobre 97					
Moutarde	234,50	13,79	32,40		
Navette	229,00	10,68	24,29		
Travail du sol uniquement	37,50	16,52	6,02		
Sans travail du sol	87,25	14,79	12,89		
Novembre 97					
Moutarde	119,50	28,54	33,65	1,70	58,22
Navette	165,25	15,88	25,78	1,35	35,24
Travail du sol uniquement	36,50	29,31	10,73	2,80	29,70
Sans travail du sol	45,75	36,00	16,41	1,95	31,62
Décembre 97					
Moutarde	37,25	40,55	15,40	1,16	16,16
Navette	119,50	13,22	15,75	1,87	28,89
Travail du sol uniquement	19,00	29,90	5,26	3,06	16,02
Sans travail du sol	20,25	33,36	6,84	1,70	10,77
Avril 98					
Moutarde	27,87	42,85	11,91	1,54	18,46
Navette	186,13	11,09	20,46	2,51	50,99
Travail du sol uniquement	45,89	24,64	11,28	2,07	23,54
Sans travail du sol	40,57	27,95	11,32	2,57	29,39

Valeurs N_{\min} sur le site d'Efringen-Kirchen du semis de la culture intermédiaire jusqu'au semis de maïs
 Valeur moyenne sur 4 répétitions

Variante	Moutarde				Navette				Travail du sol uniquement				Sans travail du sol				
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	
20.08.97	25	2	2	29	25	2	2	29	25	2	2	29	25	2	2	29	
16.09.97	H																
	F																
	D	11	17	6	33	9	18	6	33	31	25	8	64	13	18	6	36
15.10.97	H																
	F																
	D	1	0	1	2	1	0	2	3	7	16	7	29	6	9	8	23
17.11.97	H																
	F																
	D	4	3	2	9	1	1	2	4	5	10	8	23	6	11	7	24
12.12.97	H																
	F																
	D	5	5	3	12	2	1	2	5	3	5	6	14	3	5	6	13
15.01.98	H	7	6	4	17	6	4	3	13	7	5	5	17	5	4	4	13
	F																
	D	5	7	4	16	2	2	1	4	2	4	3	8	3	5	6	14
17.02.98	H	10	7	4	21	10	4	3	17	14	8	7	28	11	5	5	21
	F																
	D	8	6	6	19	2	1	2	5	2	1	2	5	6	4	4	14
10.03.98	H	13	11	7	30	10	7	3	20	15	9	5	30	14	10	6	30
	F																
	D	8	9	7	23	3	4	3	10	2	3	3	7	4	5	6	15
15.04.98	H	11	15	9	35	9	12	7	27	15	18	10	42	11	16	10	36
	F	7	7	5	19	5	3	2	10	6	3	3	11	6	5	5	15
	D	4	10	11	24	2	2	1	5	2	2	2	5	2	2	2	6
20.05.98	H	30	17	10	56	36	16	7	59	35	18	10	62	29	17	9	54
	F	24	9	6	39	24	9	4	37	28	7	4	40	26	10	6	41
	D	7	3	4	14	8	2	2	12	5	2	2	9	6	2	2	10

H = retournement d'automne
 F = retournement de printemps
 D = semis direct de maïs (sans retournement)

Valeurs N_{min} sur le site d'Efringen-Kirchen après récolte du maïs-grain
 Valeur moyenne sur 2 répétitions

Variante	Moutarde				Navette				Travail du sol uniquement				Sans travail du sol				
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	
Sans fertilisation azotée																	
16.10.98	H	5	4	2	11	8	6	4	17	5	4	3	11	4	4	2	9
	F	5	4	3	11	8	6	3	16	5	3	1	9	2	2	2	6
	D	7	12	8	27	10	11	5	26	8	11	6	24	4	5	3	11
20.11.98	H	2	5	3	10	7	11	5	23	3	7	5	14	3	7	3	12
	F	5	5	4	14	8	10	5	22	4	6	4	14	4	6	4	13
	D	2	4	3	9	5	6	3	13	2	4	4	10	2	4	3	8
02.12.98	H	7	7	5	18	9	11	7	26	8	10	8	25	7	10	6	23
	F	5	5	3	12	7	8	5	20	5	7	5	16	5	7	4	16
	D	3	3	3	8	6	8	6	19	3	7	7	17	3	5	5	13
Avec fertilisation azotée																	
16.10.98	H	34	29	10	72	34	36	11	80	43	42	16	101	14	18	10	42
	F	22	30	12	63	30	42	17	88	22	23	9	54	21	20	8	48
	D	42	73	36	150	47	77	28	152	58	79	34	170	68	88	29	185
20.11.98	H	11	21	12	44	14	35	13	61	5	19	12	36	5	16	8	29
	F	10	20	12	41	12	23	16	50	9	13	10	32	9	13	9	30
	D	15	35	41	91	32	50	26	108	13	33	38	84	18	43	36	96
02.12.98	H	19	42	25	85	35	70	24	128	22	49	21	92	15	29	21	65
	F	10	21	23	53	14	31	24	69	13	21	13	47	12	28	23	63
	D	11	26	28	64	18	44	46	107	14	53	49	116	17	51	49	116

H = retournement d'automne
 F = retournement de printemps
 D = semis direct de maïs (sans retournement)

Rendement en matière sèche et absorption de l'azote sur le témoin zéro en maïs grain
 Site d'Efringen-Kirchen
 Valeur moyenne sur 2 répétitions

Variante	Reste de la plante			Grain			Plante entière	
	MS (qx/ha)	Teneur N (%)	N absorbé (kg N/ha)	MS (qx/ha)	Teneur N (%)	N absorbé (kg N/ha)	N absorbé (kg N/ha)	+10% pour la racine
Moutarde								
H	73,81	0,65	47,51	67,23	1,07	71,53	119,04	130,94
F	47,61	0,81	34,32	52,65	1,11	57,92	92,23	101,46
D	10,43	1,19	12,40	10,48	1,34	13,92	26,32	28,96
Navette								
H	70,25	0,77	54,14	59,22	1,15	68,15	122,28	134,51
F	48,74	0,82	38,67	45,04	1,11	49,80	88,47	97,32
D	26,50	1,02	27,83	37,68	1,25	48,30	76,13	83,74
Travail du sol uniquement								
H	67,78	0,85	57,25	55,54	1,16	64,37	121,62	133,78
F	45,82	0,76	34,38	41,04	1,11	45,29	79,67	87,64
D	14,53	1,08	15,56	18,98	1,26	24,11	39,67	43,63
Sans travail du sol								
H	71,58	0,83	59,27	61,57	1,11	67,93	127,20	139,92
F	51,75	0,77	39,44	47,10	1,15	54,34	93,78	103,16
D	11,83	0,93	10,72	15,41	1,31	20,00	30,73	33,80

H = retournement d'automne
 F = retournement de printemps
 D = semis direct de maïs (sans retournement)

Annexe 9 - Données relatives à l'essai de Steinenstadt (D - 1997/98)

Rendements en matière sèche et absorption de l'azote par les cultures intermédiaires
 Site de Steinenstadt
 Valeur moyenne sur 4 répétitions

	MB (qx/ha)	% MS (%)	MS (qx/ha)	Teneur N (%)	N absorbé (kg N/ha)
Octobre 97					
Moutarde	65,25	23,88	15,74		
Navette	60,50	20,12	12,16		
Travail du sol uniquement	25,00	33,15	7,84		
Sans travail du sol	45,75	30,65	14,01		
Novembre 97					
Moutarde	64,25	32,56	18,59	1,28	24,52
Navette	60,25	18,99	11,40	1,43	16,06
Travail du sol uniquement	23,00	38,63	8,76	1,50	12,48
Sans travail du sol	22,75	46,50	10,35	1,18	11,98
Avril 98					
Moutarde	13,13	59,75	7,49	1,69	12,75
Navette	123,21	12,91	15,52	2,37	36,73
Travail du sol uniquement	24,37	34,55	8,55	2,66	23,39
Sans travail du sol	20,53	41,70	8,53	2,54	21,93

Valeurs N_{\min} sur le site de Steinenstadt du semis de la culture intermédiaire jusqu'au semis de maïs

Valeur moyenne sur 4 répétitions

Variante	Moutarde				Navette				Travail du sol uniquement				Sans travail du sol				
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	
08.08.97	5	2	1	8	5	2	1	8	5	2	1	8	5	2	1	8	
17.09.97	H																
	F																
	D	1	2	2	4	2	2	2	6	11	10	4	25	4	6	3	13
16.10.97	H																
	F																
	D	2	1	1	4	2	1	1	4	5	7	7	18	2	4	3	8
19.11.97	H																
	F																
	D	4	3	2	8	3	2	1	5	6	8	7	20	3	5	4	12
15.12.97	H	5	7	6	17	6	7	7	20	6	6	7	19	5	5	5	16
	F																
	D	2	2	2	6	2	1	1	4	4	6	6	16	3	4	3	10
15.01.98	H	5	6	7	18	4	5	6	15	6	6	7	18	6	6	6	19
	F																
	D	8	9	8	25	7	8	8	23	8	7	10	25	9	10	8	26
18.02.98	H	7	4	3	14	7	4	2	13	8	5	4	17	7	5	4	16
	F																
	D	5	4	3	12	1	1	0	2	4	2	2	8	2	1	1	4
11.03.98	H	5	5	5	15	3	5	3	11	5	6	6	16	5	5	5	15
	F																
	D	3	4	3	9	2	2	1	5	2	2	2	6	2	2	2	6
09.04.98	H	5	7	5	16	3	5	5	13	4	7	6	17	4	6	6	15
	F																
	D	3	4	4	10	2	2	2	5	2	2	2	6	2	2	1	5
20.05.98	H	5	6	5	16	5	7	5	17	5	7	6	18	4	5	5	14
	F	8	3	2	13	9	3	2	14	10	3	2	15	9	3	2	14
	D	4	2	2	7	6	3	2	10	3	3	1	7	3	1	1	6

H = retournement d'automne

F = retournement de printemps

D = semis direct de maïs (sans retournement)

Valeurs N_{\min} sur le site de Steinestadt après récolte du maïs-grain
 Valeur moyenne sur 2 répétitions

Variante	Moutarde				Navette				Travail du sol uniquement				Sans travail du sol				
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm	
Sans fertilisation azotée																	
16.10.98	H	1	1	1	2	1	1	1	3	1	2	1	3	1	2	1	4
	F	2	1	1	4	2	2	1	4	2	2	1	4	2	1	1	3
	D	7	7	4	17	12	19	11	42	5	7	6	18	6	8	7	20
Avec Fertilisation azotée																	
16.10.98	H	2	3	2	6	4	4	2	10	3	4	3	9	2	3	2	7
	F	14	15	5	34	20	23	7	50	7	6	3	16	11	11	4	26
	D	13	22	11	46	20	33	14	66	12	18	9	39	13	21	10	43

H = retournement d'automne
 F = retournement de printemps
 D = semis direct de maïs (sans retournement)

Rendements en matière sèche et absorption de l'azote sur témoin O en maïs-grain
 Site de Steinestadt
 Valeur moyenne sur 2 répétitions

Variante	Reste de la plante			Grain			Plante entière	
	MS (qx/ha)	Teneur N (%)	N absorbé (kg N/ha)	MS (qx/ha)	Teneur N (%)	N absorbé (kg N/ha)	N absorbé (kg N/ha)	+10% pour la racine
Moutarde								
H	60,47	0,68	41,31	60,68	1,18	71,20	112,51	123,76
F	47,36	0,74	34,94	61,95	1,17	72,22	107,17	117,88
D	2,15	1,26	2,75	2,32	1,54	3,46	6,21	6,83
Navette								
H	60,40	0,71	43,00	61,69	1,12	69,51	112,51	123,77
F	56,82	0,82	47,05	62,03	1,20	74,21	121,25	133,38
D	7,49	1,04	7,48	9,83	1,43	13,96	21,44	23,58
Travail du sol uniquement								
H	48,74	0,67	32,80	50,31	1,07	53,57	86,37	95,00
F	59,60	0,76	45,06	47,39	1,12	52,98	98,05	107,85
D	4,49	1,17	5,31	3,22	1,56	4,96	10,27	11,30
Sans travail du sol								
H	34,10	0,73	25,44	45,39	1,13	51,39	76,82	84,50
F	33,46	0,73	24,35	33,11	1,14	37,79	62,14	68,35
D	1,97	1,31	2,47	0,82	1,91	1,56	4,03	4,43

H = retournement d'automne
 F = retournement de printemps
 D = semis direct de maïs (sans retournement)

ANNEXES AU SOUS THEME 2 :

Annexe 1 : Pluviométrie à Rouffach entre le 01/09 et le 30/11 en 97 et 98 (par décades)

Décade	Pluie en mm en 1997	Pluie en mm en 1998
01/09 au 10/09	19.1	45.7
11/09 au 20/09	9.5	25.6
21/09 au 30/09	0	27.2
1/10 au 10/10	10.2	7.6
11/10 au 20/10	18.2	6.2
21/10 au 31/10	0	57.6
1/11 au 10/11	44.3	15
11/11 au 20/11	25	10.6
21/11 au 30/11	1.7	4

Annexe 2 : Température moyenne à Rouffach entre le 01/09 et le 30/11 en 98 (par décades)

Décade	T° moyenne
01/09 au 10/09	18
11/09 au 20/09	13
21/09 au 30/09	15.1
1/10 au 10/10	10.2
11/10 au 20/10	12
21/10 au 31/10	10.6
1/11 au 10/11	8.3
11/11 au 20/11	2.8
21/11 au 30/11	-1.7

Annexe 3 : Bilan hydrique à Rouffach 1997/98

Les données P et ETP proviennent du poste de Rouffach.

La RU est considérée vide au 01/10/97.

La RU est estimée à moitié pleine au 01/10/98

RU = 100 mm

Mois	Décade	P en mm	ETP en mm	P-ETP en mm	Niveau RU mm	Drainage mm
Septembre 97	D1	19	26	-7		
	D2	9.5	23	-13.5		
	D3	0	19.6	-19.6		
	Mois	28.5	68.6	-40.1		
Octobre 97	D1	10.2	19.2	-9	-9	0
	D2	18.2	9.6	-8.6	-18	0
	D3	0	5.5	-5.5	-23	0
	Mois	28.4	34.3	-23.1		
Novembre 97	D1	44.3	4.2	+40.1	+17	0
	D2	25	3.2	+21.8	+39	0
	D3	1.7	2.5	-0.8	+38	0
	Mois	71	9.9	+61.1		
Septembre 98	D1	45.7	22.1	+23.6		
	D2	25.6	18.2	+7.4		
	D3	27.2	16.0	+11.2		
	Mois	98.5	56.3	+42.2		
Octobre 98	D1	7.6	8.9	-1.3	+49	0
	D2	6.2	10.4	-4.2	+45	0
	D3	57.6	14.3	+43.3	+88	0
	Mois	71.4	33.6	37.8		
Novembre 98	D1	15	5.7	+9.3	+97	0
	D2	10.6	4	+6.6	+104	+4
	D3	4	1.7	+2.3	+106	+6
	Mois	29.6	11.4	+18.2		

En 97 a RU ne se remplit pas et le drainage est nul. Les pertes de nitrates peuvent également être considérées comme nulles.

En 98, si l'on considère que la RU est à moitié pleine au 1er octobre, il y a un drainage de de 6 mm en novembre, d'où des pertes de nitrates négligeables.

Annexe 5 : Valeurs de reliquats mesurés à différentes dates et sous différents couverts à Rouffach de 1997 à 1999

Date de prélèvement en 97/98	Reliquats azotés en kg N/ha (sur 0-90 cm)		
	sol nu	seigle	ray-grass
30-sep	33.4	33.4	38.6
31-oct	43.1	46.1	25.2
08-déc	31.9	27.4	22.7
11-mar	57.1	41.2	

Date de prélèvement en 98/99	Reliquats azotés en kg N/ha (sur 0-90 cm)			
	sol nu	JD	seigle	moutarde
25-sep	21	25.5	21	21
02-nov	40.6	20.9	14.4	20.2
04-déc	20	27.7	23	41.1
06-avr	43.2	37.7	52.5	44

Date de prélèvement	Reliquats azotés en kg N/ha (sur 0-60 cm)			
	sol nu 97	sol nu 98	RG 97	JD 98
30/09/97	30.1		35.3	
25/09/98		21		25.5
31/10/97	38.7		21.3	
02/11/98		31.8		16.9
08/12/97	21.7		18.3	
05/12/98		16.2		22.5
15/03/97	42.1		-	
06/04/98		32.8		30.2

ANNEXE 6 : tableaux récapitulatifs des résultats des essais allemands - Dreisamtal

Opérations culturales réalisées dans les essais 1996 - 1998 en Dreisamtal

	1996	1997	1998
Semis maïs	27.04. - 06.05.	05.05 + 14.05.	06.05 + 07.05.
Binage	31.05.	24.05. pour SD + FR	09.05. pour SD + FR
Epandage de lisier de bovins et binage	10.06.	18.06.	17.06. + 18.06.
Apport d'azote (ammonitrate)	17.07.	18.06.	18. + 19.06.
Traitement herbicide	31.05. - 03.07.	11.06.	25.05. + 02.06.
Semis sous couvert de la culture intermédiaire	12.07.	08.07.	30.06.
Récolte du maïs	30.09. - 14.10.	18. - 23.09.	28. + 29.09.
Semis de post-récolte de la culture intermédiaire	---	---	09.10.
Prélèvements / notations	16.12. + 10.04.97	15.12. + 06.04.98	16.12. + 06.04.99

SD = semis direct

FR = fraissage sur le rang

Résultats des essais en 1996/97, 1997/98 et 1998/99

- biomasses et azote prélevé en décembre et avril
- notations d'installations des semis sous couvert en décembre

cf. série de tableaux des pages suivantes

Notations et prélèvements de décembre 1996 et avril 1997; Sites 1 - 7

Probeschnitt am		10.04. 97			16.12. 96			Difference Avril - Decembre		
Site	Parc	MS q/ha	N - teneur %	N-abs. kg N/ha	MS q/ha	N - teneur %	N-abs. kg N/ha	MS q/ha	N - teneur %	N-abs. kg N/ha
1 Ebnet	DS	7,06	1,77	13	15,39	2,60	40	-8,32	-0,83	-28
	RF	7,76	2,19	17	9,67	2,34	23	-1,91	-0,15	-6
	PF	7,57	1,92	15	15,20	2,93	45	-7,63	-1,01	-30
	ø	7,47	1,96	15	13,42	2,62	36	-5,95	-0,66	-21
2 Zarten	DS	8,99	1,66	15	1,90	1,98	4	7,09	-0,32	11
	RF	11,48	1,55	18	2,76	2,49	7	8,72	-0,94	11
	PF	10,34	1,64	17	2,22	2,62	6	8,11	-0,98	11
	ø	10,27	1,62	17	2,29	2,36	5	7,98	-0,75	11
3 Stegen	DS	10,69	1,68	18	4,04	2,04	8	6,64	-0,36	10
	RF	5,81	1,73	10	3,03	1,81	5	2,78	-0,08	5
	PF	9,14	1,73	16	5,00	1,88	9	4,14	-0,15	6
	ø	8,54	1,71	15	4,02	1,91	8	4,52	-0,20	7
4 Buchenbach	DS	14,59	1,62	24	5,88	1,97	12	8,72	-0,35	12
	RF	13,66	1,55	21	7,20	1,86	13	6,46	-0,31	8
	PF	6,66	1,92	13	8,56	1,37	12	-1,90	0,55	1
	ø	11,64	1,70	19	7,21	1,73	12	4,42	-0,04	7
5 Burg	DS	11,17	1,62	18	3,14	2,39	8	8,03	-0,77	11
	RF	9,95	1,74	17	6,20	2,04	13	3,75	-0,30	5
	PF	14,07	1,49	21	10,81	2,00	22	3,26	-0,51	-1
	ø	11,73	1,62	19	6,72	2,14	14	5,02	-0,53	5
6 Kirchzarten	DS	6,58	2,20	14	7,46	2,91	22	-0,88	-0,71	-7
	RF	4,79	1,99	10	8,21	2,61	21	-3,42	-0,62	-12
	PF	5,27	2,01	11	6,37	2,29	15	-1,10	-0,28	-4
	ø	5,55	2,07	12	7,35	2,60	19	-1,80	-0,54	-8
7 Kirchzarten	DS	10,29	2,38	24	5,29	2,47	13	5,00	-0,09	11
	RF	8,57	2,29	20	2,62	2,83	7	5,96	-0,54	12
	PF	8,16	1,85	15	2,66	3,09	8	5,50	-1,24	7
	ø	9,01	2,17	20	3,52	2,80	10	5,48	-0,62	10
ø Direktsaat		9,91	1,85	18	6,16	2,34	15	3,75	-0,49	3
ø Reihenfrässaar		8,86	1,86	16	5,67	2,28	13	3,19	-0,42	3
ø Saar n. Pflug Frühj.		8,74	1,79	15	7,26	2,31	17	1,48	-0,52	-1

DS = semis direct; RF = fraissage sur le rang ; PF = semis après labour de printemps

Notations et prélèvements de décembre 1996 et avril 1997; Sites 11 - 17

Probeschnitt am		10.04.97			16.12.96			Difference Avril - Decembre		
Site	Parz.	MS q/ha	Teneur N %	N-Abs. kg N/ha	MS q/ha	Teneur N %	N-Abs. kg N/ha	MS q/ha	Teneur N %	N-Abs. kg N/ha
11										
Ebnet	PF	5,49	2,38	13	3,20	2,06	7	2,29	0,32	6
12										
Zarten	DS	15,19	1,94	29	8,41	3,00	25	6,78	-1,06	4
	RF	14,13	1,79	25	4,97	3,24	16	9,16	-1,45	9
	PF	11,28	1,74	20	0,68	3,67	2	10,60	-1,93	17
	∅	13,53	1,82	25	4,69	3,30	15	8,84	-1,48	10
13										
Zarten	PF	7,68	1,53	12	2,00	2,52	5	5,68	-0,99	7
14										
Buchenbach	DS	8,23	1,46	12	1,90	1,69	3	6,33	-0,23	9
	RF	7,94	1,46	12	2,53	1,42	4	5,41	0,04	8
	PF	6,44	1,42	9	5,10	1,43	7	1,34	-0,01	2
	∅	7,54	1,45	11	3,18	1,51	5	4,36	-0,07	6
16										
Oberried	DS	11,54	1,90	22	2,70	2,14	6	8,84	-0,24	16
	RF	7,96	1,76	14	3,10	1,94	6	4,86	-0,18	8
	PF	8,60	1,61	14	3,85	2,18	8	4,75	-0,57	5
	∅	9,37	1,76	17	3,22	2,09	7	6,15	-0,33	10
17										
Oberried	DS	14,17	2,21	31	12,74	2,55	32	1,43	-0,34	-1
	RF	11,11	2,08	23	9,09	2,40	22	2,01	-0,32	1
	PF	7,67	1,57	12	6,22	1,55	10	1,45	0,02	2
	∅	10,98	1,95	22	9,35	2,17	21	1,63	-0,21	1
∅ Direktsaat		12,28	1,88	24	6,44	2,35	17	5,84	-0,47	7
∅ Reihenfrässaat		10,28	1,77	18	4,92	2,25	12	5,36	-0,48	7
∅ Saat n. Pflug Frühj.		8,50	1,59	14	3,96	2,21	7	4,53	-0,62	7

DS = semis direct ; RF = fraissage sur le rang ; PF = semis après labour de printemps

Notations et prélèvements du 15.12.1997 sur les sites 1 - 7

Standort	Parz.	Hauteur de végétation (cm)		Couverture du sol %	Homogénéité	N _{min} -valeur (kg N/ha)		Fertilisation N kg N/ha
		min.	max.			31.10.97	12.12.97	
1 Ebnet	DS	6	12	85	7	2	3	150
	RF	6	10	80	7	2	3	150
	PF	4	8	75	7	0	3	150
	PH	5	11	80	7	3	3	150
	∅	5	10	80	7	2	3	
2 Zarten	DS	4	6	65	5	13	8	150
	RF	6	9	80	7	14	10	150
	PF	3	6	75	7	6	16	150
	PH	4	7	85	7	16	16	150
	∅	4	7	76	7	12	13	150
3 Steaen	DS	6	10	50	5	26	31	156
	RF	5	9	50	5	19	19	156
	PF	4	9	50	5	17	20	151
	PH	5	9	40	5	17	34	115
	∅	5	9	48	5	20	26	145
4 Buchenbach	DS	4	8	40	5	8	29	150
	RF	4	6	40	5	25	26	150
	PF	3	6	40	5	19	15	150
	PH	3	6	40	5	4	29	110
	∅	4	7	40	5	14	25	140
5 Bura	DS	6	9	30	1	43	48	150
	RF	0	0	0	1	38	47	150
	PF	3	5	10	1	61	47	150
	PH	3	6	5	1	41	36	124
	∅	3	5	11	1	46	45	144
6 Kirchzarten	DS	7	12	50	3	10	24	151
	RF	6	11	60	5	8	27	151
	PF	5	9	70	7	8	24	151
	PH	4	10	55	5	6	24	151
	∅	6	11	59	5	8	25	151
7 Kirchzarten	DS	6	9	65	3	29	37	151
	RF	7	13	70	5	42	40	151
	PF	6	9	55	3	36	41	151
	PH	5	10	55	3	24	39	137
	∅	6	10	61	4	33	39	148
∅ semis direct DS		6	9	55	4	19	26	151
∅ semis avec fraissage RF		5	8	54	5	21	25	151
∅ Semis après labour print. PF		4	7	54	5	21	24	150
∅ semis après labour hiver PH		4	8	51	5	16	26	139

Homogénéité de végétation : : 1 = très irrégulière, 9 = très homogène

Notations et prélèvements du 15.12.1997 des sites 11 - 17 et 21

	Parz.	hauteur (cm)		Couverture %	homogénéité t	Valeur N _{min} (kg N/ha)		Fertilisation N kg N/ha
		min.	max.			31.10.97	12.12.97	
11 Ebnet	DS	8	12	80	7	12	21	150
	RF	6	13	75	7	42	26	150
	PF	5	11	70	6	10	28	150
	PH	4	8	65	5	9	13	124
	∅	6	11	73	6	18	22	144
12 Zarten	DS	5	9	60	5	21	23	150
	RF	7	11	70	7	32	16	150
	PF	4	7	75	7	10	31	150
	PH	5	8	80	7	19	34	150
	∅	5	9	71	7	21	26	150
13 Zarten	DS	4	10	50	1	25	28	150
	RF	6	11	65	5	30	37	150
	PF	5	8	70	5	12	27	150
	PH	6	13	75	5	8	13	137
	∅	5	11	65	4	19	26	147
14 Buchenbach	DS	4	8	50	5	15	16	150
	RF	4	9	60	5	19	32	150
	PF	4	8	30	5	33	36	150
	PH	3	6	40	5	15	20	110
	∅	4	8	45	5	21	26	140
16 Oberried	DS	12	17	90	8	16	23	150
	RF	12	16	90	7	12	27	150
	PF	6	11	80	7	11	29	150
	PH	7	11	80	7	13	33	150
	∅	9	14	85	7	13	28	150
17 Oberried	DS	10	16	80	5	13	25	150
	RF	6	11	75	5	8	26	150
	PF	5	8	65	5	6	29	150
	PH	4	7	50	3	17	31	150
	∅	6	11	68	5	11	28	150
∅ semis direct		7	12	68	5	17	23	150
∅ semis avec fraissage		7	12	73	6	24	27	150
∅ Semis après labour print.		5	9	65	6	14	30	150
∅ semis après labour hiver		5	9	65	5	14	24	137
Fertilisation N varie								
21	0-N	7	12	75	7	4	26	0
	SchALVO	8	12	75	7	7	26	151
	OGL	8	14	75	7	8	15	151
	∅	8	12	75	7	6	26	101

DS = semis direct ; RF = semis après fraissage ; PF = semis après labour de printemps ; PH = semis après labour d'hiver

Homogénéité de végétation : : 1 = très irrégulière, 9 = très homogène

Notations du 06.04.1998 pour les sites 1-7

Site	Parcelle.	Hauteur veg (cm)		couverture %	Homogénéité 1=mauvais 9 = très bon	MS q/ha	Valeurs Nmin (kg N/ha)			Fertilisation N kg N/ha	
		min.	max.				19/09/97	12/12/97	27/03/98		
1 Ebnet	DS	10	20	95	8	5,17	4	3	5	150	
	RF	10	17	90	7	5,46	4	3	5	150	
	PF	10	14	80	7	2,71	4	3	5	150	
	PH	-	-	-	-	-	-	5	3	25	150
	ø	10	17	88	7	4,45	4	3	10	150	
2 Zarten	DS	9	16	85	7		8	8	6	150	
	RF	15	20	90	8		13	10	5	150	
	PF	12	18	85	7		10	16	5	150	
	PH	-	-	-	-		5	16	37	150	
	ø	12	18	87	7		9	13	13	150	
3 Stegen	DS	10	19	85	7	6,73	24	31	6	156	
	RF	10	18	80	6	6,69	13	19	6	156	
	PF	13	18	80	6	6,34	16	20	4	151	
	PH	-	-	-	-	-	16	34	28	115	
	ø	11	18	82	6	6,59	17	26	11	145	
4 Buchenbach	DS	12	22	80	6	7,97	22	29	7	150	
	RF	11	17	80	6	6,29	11	26	4	150	
	PF	9	15	75	5	2,57	14	15	5	150	
	PH	-	-	-	-	-	13	29	39	110	
	ø	11	18	78	6	5,61	15	25	14	140	
5 Burg	DS	13	22	65	4		26	48	16	150	
	RF	0	0	0	1		19	47	35	150	
	PF	13	20	35	1		22	47	29	150	
	PH	-	-	-	-		21	36	38	124	
	ø	9	14	33	2		22	45	30	144	
6 * Kirchzarten	DS	-	-	-	-		17	24	6	151	
	RF	-	-	-	-		3	27	3	151	
	PF	-	-	-	-		5	24	3	151	
	PH	-	-	-	-		4	24	24	151	
	ø	-	-	-	-		7	25	9	151	
7 Kirchzarten	DS	14	18	80	6		52	37	4	151	
	RF	12	17	85	7		35	40	4	151	
	PF	11	14	85	7		36	41	6	151	
	PH	-	-	-	-		56	39	38	137	
	ø	12	16	83	7		45	39	13	148	
ø Semis direct DS		11	20	82	6,3	6,62	22	26	7	151	
ø Fraisage sur le rang RF		10	15	71	5,8	6,15	14	25	9	151	
ø Labour de print. PF.		11	17	73	5,5	3,87	15	24	8	150	
ø labour d'hiver PH		-	-	-	-	-	16	26	33	139	

Notations du 06.04.1998 pour les sites 11-17

Site	Parc.	Hauteur veg. (cm)		couverture %	Homogeneité 1=mauvais 9=bon	MS q/ha	Valeurs Nmin (kg N/ha)			fertilisationN kg N/ha
		min.	max.				19/09/97	12/12/97	27/03/98	
11 Ebnet	DS	11	18	95	8	6,57	18	21	6	150
	RF	7	15	90	7	5,84	12	26	6	150
	PF	7	14	85	7	4,53	5	28	6	150
	PH	-	-	-	-	-	4	13	31	124
	∅	8	16	90	7	5,65	10	22	12	144
12 Zarten	DS	14	20	85	6	6,08	17	23	13	150
	RF	13	20	85	7	6,17	21	16	6	150
	PF	12	18	80	7	4,88	12	31	8	150
	PH	-	-	-	-	-	53	34	50	150
	∅	13	19	83	7	5,71	26	26	19	150
13 Zarten	DS	13	22	75	5		9	28	6	150
	RF	15	22	90	7		9	37	6	150
	PF	12	20	90	7		8	27	4	150
	PH	-	-	-	-		24	13	36	137
	∅	13	21	85	6		13	26	13	147
14 Buchenbach	DS	14	20	75	6		43	16	6	150
	RF	16	22	75	6		46	32	7	150
	PF	13	18	60	4		50	36	10	150
	PH	-	-	-	-		19	20	33	110
	∅	14	20	70	5		40	26	14	140
16 Oberried	DS	12	17	90	8	8,02	16	23	8	150
	RF	12	16	90	7	6,58	29	27	4	150
	PF	6	11	80	7	6,50	29	29	3	150
	PH	-	-	-	-	-	23	33	29	150
	∅	10	15	87	7	7,03	24	28	11	150
17 Oberried	DS	14	26	95	8		9	25	6	150
	RF	14	22	95	8		7	26	3	150
	PF	12	20	90	7		7	29	3	150
	PH	-	-	-	-		5	31	23	150
	∅	13	23	93	8		7	28	9	150
∅ Semis direct DS		13	21	86	6,8	6,89	19	23	8	150
∅ Fraisage sur le rang FR		13	20	88	7,0	6,20	21	27	5	150
∅ Labour de print PF.		10	17	81	6,5	5,30	19	30	6	150
∅ Labour d'hiver PH		-	-	-	-	-	14	24	34	137
Variation fumure N										
21 Oberried	0-N	10	16	90	8	5,88	10	26	12	0
	SchALVO	17	22	95	8	-	12	26	22	151
	OGL	17	22	95	8	-	9	15	22	151
	∅	15	20	93	8	-	10	22	19	101

IV. Notations au 16.12.1998 sur les sites 1-7

Site	Parcelle	Hauteur veg (cm)		Couverture %	Homogénéité	Valeurs (kg N/ha)			Fertilisation N kg N/ha
		min.	max.			09.10.98	07.11.98	18.12.98	
1 Ebnet	DS	10	16	70	6	18	8	7	150
	RF	12	16	80	7	9	6	8	150
	PF	10	14	75	6	10	4	6	150
	PH	8	12	75	7	6	4	6	150
	∅	10	15	75	7	11	6	7	150
2 Zarten Interculture Moutarde	DS	-	-	0	-	17	32	-	150
	RF	-	-	0	-	20	31	-	150
	PF	-	-	0	-	12	25	-	150
	PH	-	-	0	-	9	23	-	150
	∅	-	-	0	-	15	28	-	150
3 Stegen	DS	14	17	80	7	10	20	13	150
	RF	7	14	65	5	10	19	17	150
	PF	8	13	70	6	6	5	7	150
	PH	10	15	50	5	13	25	24	114
	∅	10	15	66	6	10	17	15	141
4* Buchenbach Interculture Navette hiver	DS	5	10	25	2	22	36	28	150
	RF	4	9	25	2	17	27	20	150
	PF	4	9	25	2	14	20	3	150
	PH	4	10	25	2	22	30	5	100
	∅	4	10	25	2	19	28	14	138
5 Burg Interculture Colza print	DS	-	-	0	-	16	16	-	150
	RF	-	-	0	-	5	11	-	150
	PF	-	-	0	-	5	18	-	150
	PH	-	-	0	-	16	16	-	124
	∅	-	-	0	-	11	15	-	144
6 Kirchzarten Interculture Radis oléa.	DS	-	-	0	-	17	56	-	150
	RF	-	-	0	-	12	27	-	150
	PF	-	-	0	-	14	31	-	150
	PH	-	-	0	-	13	24	-	150
	∅	-	-	0	-	14	35	-	150
7 Kirchzarten	DS	-	-	5	1	13	28	23	150
	RF	-	-	5	1	19	36	17	150
	PF	14	25	80	5	7	12	7	150
	PH	15	22	85	6	8	18	11	140
	∅	15	24	44	3	12	24	15	148
∅ Semis direct DS		12	17	52	4,7	16	28	18	150
∅ Fraissage sur le rang RF		10	15	50	4,3	13	22	16	150
∅ Labour de print. PF		11	17	75	5,7	10	16	6	150
∅ Labour d'hiver PH		11	16	70	6,0	12	20	12	133

Notations au 16.12.1998 sur les sites 11-17

	Parcelle	Hauteur veg (cm)		Couverture %	Homogénéité	Valeurs Nmin (kg N/ha)			Fertilisation N kg N/ha
		min.	max.			09.10.98	07.11.98	18.12.98	
11 Ebnet	DS	10	18	80	6	17	11	-	150
	RF	9	13	70	5	10	8	-	150
	PF	10	14	50	4	12	20	-	150
	PH	10	15	80	4	9	5	-	118
	∅	10	15	70	5	12	11	-	142
12 Zarten	DS	10	13	75	7	9	4	7	150
	RF	7	10	70	6	12	12	5	150
	PF	8	10	65	5	4	3	6	140
	PH	8	12	75	6	10	27	20	144
	∅	8	11	71	6	9	12	10	146
13 Zarten Interculture Chanvre	DS	-	-	-	-	28	40	-	150
	RF	-	-	-	-	14	44	-	150
	PF	-	-	-	-	22	18	-	150
	PH	-	-	-	-	5	40	-	135
	∅	-	-	-	-	17	36	-	146
14 Buchenbac h	DS	10	15	80	7	15	12	14	150
	RF	8	12	65	4	22	10	14	150
	PF	6	12	75	6	9	5	6	150
	PH	6	12	70	5	6	3	6	100
	∅	8	13	73	6	13	8	10	138
16 Oberried Interculture Navette hiver	DS	-	-	-	-	18	68	-	150
	RF	-	-	-	-	20	59	-	150
	PF	-	-	-	-	23	39	-	150
	PH	-	-	-	-	13	29	-	150
	∅	-	-	-	-	19	49	-	150
17 Oberried	DS	12	25	95	8	6	10	12	150
	RF	14	21	95	8	7	7	10	150
	PF	10	23	90	8	2	7	5	150
	PH	12	22	80	7	3	6	6	150
	∅	12	23	90	8	5	8	8	150
∅ Semis direct DS		11	18	83	7,0	16	24	11	150
∅ Fraisage sur le rang RF		10	14	75	5,8	14	23	10	150
∅ Labour de print. PF		9	15	70	5,8	12	15	6	148
∅ Labour d'hiver PH		9	15	76	5,5	8	18	11	137
Variation fertilisation N									
21 Oberried	0-N	10	15	75	6	8	3	8	0
	SchALV O	7	15	50	4	71	31	23	150
	OGL	8	12	30	3	71	31	35	150
	∅	8	14	52	4	50	22	22	100

Notations au 06.04.1999

Site	Parcelle	Hauteur veg (cm)		Couverture %	Homogénéité	Valeurs Nmin (kg N/ha)			Fertilisation N kg N/ha
		min.	max.			09.10.98	18.12.98	29.03.99	
1 Ebnet	DS	12	20	75	6	18	7	1	150
	RF	14	25	80	7	9	8	1	150
	PF	-	-	-	-	10	6	4	150
	PH	-	-	-	-	6	6	18	150
	∅	13	23	78	7	11	7	6	150
4* Buchenbach Interculture Navette hiver	DS	8	15	25	2	22	28	13	150
	RF	8	15	25	2	17	20	7	150
	PF	-	-	-	-	14	3	15	150
	PH	-	-	-	-	22	5	21	100
	∅	8	15	25	2	19	14	14	138
7 Kirchzarten	DS	12	25	5	1	13	23	23	150
	RF	12	25	5	1	19	17	24	150
	PF	-	-	-	-	7	7	22	150
	PH	-	-	-	-	8	11	25	140
	∅	12	25	5	1	12	15	24	148
12 Zarten	DS	15	28	85	7	9	7	3	150
	RF	13	25	80	7	12	5	3	150
	PF	-	-	-	-	4	6	13	140
	PH	-	-	-	-	10	20	29	144
	∅	14	27	83	7	9	10	12	146
14 Buchenbach	DS	10	17	75	6	15	14	16	150
	RF	10	20	70	5	22	14	6	150
	PF	-	-	-	-	9	6	23	150
	PH	-	-	-	-	6	6	25	100
	∅	10	19	73	6	13	10	18	138
∅ Semis direct DS		11	21	53	4,4	15	16	11	150
∅ Fraissage sur le rang RF		11	22	52	4,4	16	13	8	150
∅ Labour de printemps PF		-	-	-	-	9	6	15	148
∅ Labour d'hiver PH		-	-	-	-	10	10	24	127

Secrétariat ITADA :
Bâtiment Europe, 2 allée de Herrlisheim,
F – 68000 COLMAR
Tél : 0(0.33)3.89.22.95.50 Fax : 0(0.33)3.89.22.95.59
E-Mail : itada@wanadoo.fr