

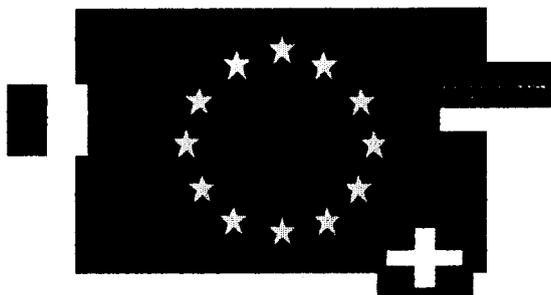


24338

Agence de l'eau
Rhin-Meuse

ITADA

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



INTERACTION AZOTE ET IRRIGATION OPTIMISATION ET MAITRISE DES RISQUES

RAPPORT FINAL DU PROJET A 1.3 (19964999)

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

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 1.3

**« INTERACTION AZOTE ET IRRIGATION :
OPTIMISATION ET MAITRISE DES RISQUES »**

a été réalisé par :

F. Juncker-Schwing (AGPM) : co -chef de projet	F
D. Lasserre (ITCF) : co -chef de projet	F
F. J. Kansy (IfuL) : partenaire	D
Organismes associés : ARAA, INRA, Lycée Agricole de Rouffach ALLB Freiburg	

Association Générale des Producteurs de Maïs, Colmar (AGPM)
Institut Technique des Céréales et des Fourrages, Colmar (ITCF)
Institut für umweltgerechte Landwirtschaft, Müllheim (IfuL)

SOMMAIRE

POSITION DU PROBLEME	p 5
OBJECTIF	p 5
METHODES	p 7
1. Caractéristiques du site de l'essai	p 7
1.1. Localisation géographique	p 7
1.2. Les caractéristiques pédologiques	p 7
1.2.1. Détermination de la réserve en eau du sol	p 8
1.2.2. Analyse de terre et profil pédologique	p 8
2. Matériel utilisé	p 9
2.1. Le matériel végétal	p 9
2.2. Le choix du tensionic	p 9
2.3. Le matériel d'irrigation	p 10
3. Analyse du dispositif	p 11
3.1. Les 4 régimes hydriques	p 11
3.2. Les 6 modalités de fertilisation	p 11
4. Règles de décision pour piloter l'irrigation	p 14
4.1. Régime hydrique I	p 14
4.2. Régime hydrique I2	p 14
4.3. Régime hydrique I3	p 14
5. Les mesures réalisées	p 14
5.1. Bilan d'azote	p 14
5.1.1. Reliquats azote du sol	p 14
5.1.2. Azote prélevé par les plantes	p 15
5.2. Bilan hydrique	p 15
5.2.1. Humidité du sol	p 15
5.2.2. Tension du sol	p 15
5.3. Qualité de l'eau	p 15
5.3.1. Pendant le cycle du maïs	p 15
5.3.2. Pendant l'interculture	p 16
6. Les caractéristiques de l'analyse statistique	p 16
6.1. Description du plan factoriel	p 16
6.2. L'analyse statistique	p 17

RESULTATS

Les résultats agronomiques azote x irrigation à Rouffach (1996-1998)	P 18
Remarque préalable	p 18
1. Caractérisation des années	p 19
1.1 Régimes hydriques	p 19
1.2 Représentativité de l'été 96, 97 et 98 par rapport au climat moyen	P 24
2. Suivi hydrique	P 26
2.1 Evolution de la Réserve Utile	P 26
2.2 Suivis tensiométriques	P 32
2.2.1 <i>Par année</i>	P 32
2.2.2 <i>Déficit hydrique et somme des tensions</i>	p 39
3. Les résultats agronomiques de l'année 1996	P 43
3.1 Rendement, biomasse, azote absorbé	P 43
3.1.1. <i>Rendement</i>	P 43
3.1.2. <i>Biomasse</i>	P 44
3.1.3. <i>Azote absorbé</i>	p.45
3.2 Les reliquats	P 46
3.2.1 <i>Les reliquats théoriques</i>	P 46
3.2.2 <i>Les reliquats réels à la récolte</i>	P 49
3.2.3 <i>Comparaison reliquats théoriques et réels à la récolte</i>	p 50
4. Les résultats agronomiques de l'année 1997	p 51
4.1 Rendement, biomasse, azote absorbé	p 51
4.1.1. <i>Rendement</i>	p 51
4.1.2. <i>Biomasse</i>	P 52
4.1.3. <i>Azote absorbé</i>	p 53
4.2 Les reliquats	P 54
4.2.1 <i>Les reliquats théoriques</i>	p 54
4.2.2 <i>Les reliquats réels à la récolte</i>	p 56
4.2.3 <i>Comparaison reliquats théoriques et réels à la récolte</i>	p 57
5. Les résultats agronomiques de l'année 1998	p 58
5.1 Rendement, biomasse, azote absorbé	P 58
5.1.1. <i>Rendement</i>	p 58
5.1.2. <i>Biomasse</i>	P 59
5.1.3. <i>Azote absorbé</i>	p 60
5.2 Les reliquats	P 61
5.2.1 <i>Les reliquats théoriques</i>	p 61
5.2.2 <i>Les reliquats réels à la récolte</i>	P 62
5.2.3 <i>Comparaison reliquats théoriques et réels à la récolte</i>	P 64
6. L'interaction eau -azote pendant les trois années	P 65
6.1. Les graphiques de corrélation : introduction	p 65
6.2. L'azote absorbé en fonction de la dose d'azote : les CAU	p 65
6.3. Rendement et biomasse en fonction de l'azote absorbé	P 68
6.4. PMG et nombre de grains/m ² en fonction de l'azote absorbé	p 71
6.5. Tableau récapitulatif	P 74

Simulation du lessivage sur les sites de Rouffach et Hausen	p 75
1. Estimation des quantités lessivées pendant l'été	P 75
1.1. <i>Présentation du modèle</i>	P 75
1.2. <i>Résultats</i>	p 76
1.3. <i>Limites du modèle</i>	P 77
2. Simulation du lessivage hivernal par LIXIM	P 77
2.1. <i>Simulation pendant l'hiver 97-98 à ROUFFACH</i>	P 77
2.1 .I . Calage du modèle	P 78
2.1.2. Résultats de simulation	P 78
2.1.2.1. Les résultats concernant l'azote minéralisé cumulé	P 78
2.1.2.2. Les résultats concernant le lessivage	p 79
2.2. <i>Simulation à HAUSEN</i>	p 81
2.2.1. Présentation sommaire de l'expérimentation de Hausen	p 81
2.2.1 .I. Conduite de la fertilisation	p 81
2.2.1.2. Conduite de l'irrigation	P 82
2.2.2. Calage du modèle	P 83
2.2.2.1. Hiver 1995-96	P 83
2.2.2.2. Hiver 1996-97	p 84
2.2.2.3. Hiver 1997-98	p 84
2.2.3. Les résultats de simulation	P 85
2.2.3.1. Hivers 1995-96	P 85
2.2.3.1 .1. Les résultats concernant l'azote minéralisé cumulé	P 85
2.2.3.1.2. Les résultats concernant le lessivage	P 86
2.2.3.2. Hiver 1996-97	P 88
2.2.3.2.1. Les résultats concernant l'azote minéralisé cumulé	P 88
2.2.3.2.2. Les résultats concernant le lessivage	p 89
2.2.3.3. Hiver 1997-98	P 91
2.2.3.3.1. Les résultats concernant l'azote minéralisé cumulé	p 91
2.2.3.3.2. Les résultats concernant le lessivage	p 92
 Conclusion : Récapitulation des résultats de Hausen et Rouffach	 p 94
 Rentabilité économique de l'irrigation à Rouffach et Hausen	 p 96
 Conclusion générale	 p 97
 ANNEXES	 p 98
 BIBLIOGRAPHIE	 p 110

POSITION DU PROBLEME :

Le maïs est une culture importante dans la plaine du Rhin supérieur, où il valorise bien le contexte agro-climatique de cette région.

Néanmoins, c'est suite au développement de l'irrigation, que les surfaces en maïs n'ont cessé d'augmenter au cours des 30 dernières années. En effet, cette plante d'origine tropicale a de gros besoins en eau pendant la période estivale, et la présence de la nappe phréatique du fossé rhénan, qui constitue une ressource en eau abondante et facilement accessible, a largement contribué à son essor.

La proportion de maïs irrigué représente environ 50 % de la surface totale en maïs de la plaine et 30% de la sole totale en maïs. L'irrigation est surtout concentrée dans la petite région de la Hardt, sur les alluvions caillouteuses et filtrantes du Rhin qui étaient autrefois des prairies pauvres et sèches.

L'irrigation représente un important facteur de régulation du rendement, mais du fait de son développement, allié à l'intensification de la culture, en particulier au niveau de la fertilisation azotée, elle est jugée comme un facteur aggravant les risques d'entraînement des nitrates vers la nappe phréatique.

En Alsace comme dans le Bade-Wurtemberg, la préservation de la qualité des eaux souterraines en matière de nitrates passe, entre autres, par une meilleure gestion de la fertilisation azotée du maïs, mais aussi par une bonne gestion de l'irrigation. Elle doit être pilotée en fonction des besoins de la culture, du climat et des capacités de réserve en eau des sols. Avant tout, elle ne doit pas être excessive, surtout au début à une période où les besoins de la plante sont faibles et à une date proche de l'épandage des fertilisants azotés.

L'interaction entre niveau d'alimentation en eau et niveau de fertilisation est importante et agit à différents niveaux :

- augmentation du potentiel de rendement,
- action sur la mécanisation (rythme - intensité),
- risque d'accroissement du drainage en cas d'excès d'arrosage.

Il est donc nécessaire d'optimiser ces deux « intrants » et de contrôler à la fois le niveau de la production et l'évolution de l'azote du sol.

OBJECTIF:

L'expérimentation mise en place en Alsace et en Bade-Wurtemberg de 1996 à 1998 a pour objet de comparer différentes combinaisons « dose d'azote x régime hydrique », afin de mettre en évidence les facteurs de risque pour l'environnement, mais aussi de confirmer le meilleur compromis qui permette d'assurer le revenu de l'agriculteur.

Le but de l'essai de Rouffach est de croiser des régimes hydriques et de fertilisation azotée du maïs en vue de déterminer la ou les solutions les plus intéressantes techniquement (rendement), économiquement (marge, système de culture), et environnementalement (limitation des fuites de nitrate).

Au cours de l'année 95 précédant le début de l'essai, un autre essai avait été mis en place par l'ITADA en vue d'améliorer la gestion de l'irrigation du maïs afin d'éviter le lessivage en profondeur des fertilisants azotés. Il comptait 5 niveaux de fertilisation et 4 régimes hydriques.

L'originalité de cette étude réside dans le fait qu'on étudie la qualité de l'eau qui passe sous les racines et donc susceptible d'atteindre la nappe phréatique.

Ce point a été particulièrement demandé par les financeurs. Seules quelques expérimentations de ce type existent en France, en effet souvent on s'arrête à la mesure des reliquats dans le sol.

L'autre originalité de cette expérimentation est que l'étude a une durée de trois ans. En effet, une étude réalisée sur plusieurs années permet d'intégrer la variabilité pluriannuelle et de ne diffuser que des éléments consolidés.

Cette étude permet plusieurs points :

- ◆ réaliser des bilans hydriques et azotés et les confronter aux données de production (rendement, élaboration du rendement).

- ◆ établir les courbes de réponse rendement-azote avec différents régimes hydriques.

- ◆ suivre la dynamique de l'azote du sol y compris pendant l'interculture et la période hivernale.

- ◆ connaître les fournitures du sol en azote pour des régimes hydriques variables.

- ◆ calculer le plus précisément possible les quantités de nitrate lessivé pour connaître l'effet des pratiques testées sur la qualité des eaux qui percolent.

Les agriculteurs qui s'équipent en matériel d'irrigation dans ces sols assez profonds jouent la sécurité du rendement et estiment qu'ils risquent de perdre plus à ne pas irriguer une année sèche qu'à irriguer pour ne rien gagner en année humide.

CONCLUSION GENERALE

Dose d'azote et régime hydrique conseillés en sol profond de la Plaine Rhénane :

Pour élaborer un rendement et procurer un revenu à l'agriculteur, le maïs a besoin d'azote et d'eau.

Ces deux facteurs de production sont étroitement liés. Sans azote, le rendement est fortement pénalisé. Sans eau, le maïs ne valorise pas l'azote qui se trouve à sa disposition dans le sol (minéralisation + engrais) et le risque de lessivage hivernal des reliquats de nitrates est aggravé.

En revanche, quand la dose d'azote fournie à la culture dépasse largement ses besoins, celle-ci est en partie perdue car l'engrais excédentaire ne permet pas d'augmenter le rendement au delà d'un optimum. C'est une perte économique, mais aussi un risque pour l'environnement car l'azote non consommé sera lessivé vers la nappe phréatique. Bien que la combinaison 170 unités x 2 mm/j paraisse la mieux adaptée pour des années moyennes sur le plan climatique comme 1997 et humides comme 1996, cette combinaison apparaît cependant limitante lors d'années sèches comme 1998. Afin de réduire au maximum les coûts des charges d'exploitation, tout en assurant un rendement convenable, la combinaison 170 **unités x 3.5 mm/j** s'avère être la mieux adaptée au contexte pédoclimatique de la région de Rouffach (117 q obtenus avec 170 x 3.5 mm/j en 98).

Quand la dose d'azote est ajustée, une sous-irrigation aggrave le risque de lessivage hivernal des nitrates comme le montrent les résultats de Hausen fournis par le modèle LIXIM.

A Rouffach, les résultats contestables sur le plan méthodologique (modèle non calé suite à un nombre de mesures trop faible), fournis par LIXIM posent néanmoins la question de la qualité de l'eau qui **percole** en hiver sous un champ de maïs irrigué. Le lessivage estival reste, quant à lui, très limité quelle que soit la modalité appliquée.

On peut raisonnablement estimer qu'avec une dose d'azote ajustée aux besoins de la culture et avec une irrigation bien pilotée, on aboutit à un optimum économique et environnemental. Ceci mérite cependant d'être encore mieux précisé.

Cependant, tous les maïs irrigués de la plaine du Rhin ne font pas l'objet d'un raisonnement aussi pointu au niveau des deux intrants, azote et eau, et l'expérimentation conduite dans le cadre de ce projet n'apporte pas de réponses pour les terres plus légères et plus filtrantes de la Hardt superficielle.

La solution minimale passerait sans doute par une intensification du conseil qui existe déjà à travers les messages Ferti-Mieux et les avertissements irrigation, mais probablement aussi par un équipement plus important des agriculteurs en outils de pilotage ou par une adaptation du matériel d'irrigation.