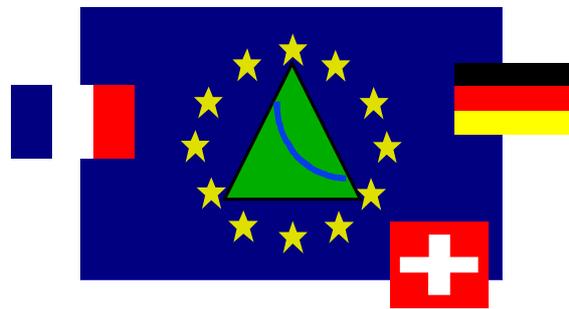


ITADA

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



ADAPTATION AUX CONDITIONS REGIONALES DES CONSEILS DE FERTILISATION AZOTEE AUX GRANDES CULTURES

RAPPORT FINAL DU PROJET A 1.4 (1996-1999)

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

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	p 4
A. MISE AU POINT DE SYSTEMES COLLECTIFS DE CONSEIL	
A.1 : POUR LE MAIS	
1 - POSITION DU PROBLEME ET OBJECTIFS	p. 5
2 - LES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL AU MAIS	
OBJECTIFS	p. 6
METHODES ADOPTEES	p. 6
RESULTATS	
1. Système céréalier	p. 6
2. Précédents particuliers	p. 6
CONCLUSION	p. 10
3 - INCIDENCE DU CHOIX D'UN TYPE DE REFERENCE SUR LE CONSEIL	p. 11
4 - LA VALORISATION DE L'AZOTE EN SOLS DIFFICILES	p.14
OBJECTIFS	p. 14
METHODES ADOPTEES	p. 14
RESULTATS	p. 14
CONCLUSION	p. 18
5 - CONCLUSION GENERALE	p. 19
RESUME	p. 20

A.2 : POUR LE BLE

1. POSITION DU PROBLEME ET OBJECTIFS	p. 24
2. METHODES ADOPTEES	p. 24
2.1. Constitution d'un fichier avec les mesures de RSH sur blé dep. 1992	p. 24
2.2. Validation de AZOBIL	p. 24
3 . RESULTATS SUR RSH	p. 25
3.1. Les RSH alsaciens	p. 25
3.1.1. Analyse globale du fichier	p. 25
3.1.2. Analyse de l'effet "année"	p. 27
3.1.3. Analyse de l'effet "précédent"	p. 28
3.1.4 Conclusion sur RSH	p. 29
3.2. Les RSH badois	p. 29
4 TEST D'AZOBIL	p. 32
4.1. Les données disponibles	p. 32
4.2. Les résultats	
4.2.1. Rendement objectif et rendement atteint	p. 32
4.2.2. La dose optimale	p. 32
4.2.3. Dose optimale et RSH	p. 32
4.2.4. Calculs avec RSH moyen	p. 37
4.2.5. Comparaison des calculs de dose par AZOBIL et NID	p. 37
4.2.6. Fournitures du sol	p. 41
4.3. Conclusion sur le calcul de X	p. 43
5. CONCLUSION GENERALE	p. 44
RESUME	p. 45

B. LA VALORISATION COLLECTIVE DES DONNEES PARCELLAIRES DE MESURES DE RELIQUATS

SOMMAIRE

1. DESCRIPTION DU PROJET	50
2. METHODES	50
2.1 Exploitation des valeurs de reliquats des sols sur un petit territoire	51
2.1.1 Structure de la base de données ACCESS®-Nitratdatenbank	51
2.1.2 Introduction des données	54
2.1.3 Exploitation des données	56
2.2 Exploitation à grande échelle	57
3. RESULTATS	59
3.1 Exploitation à petite échelle	59
3.1.1 Données NID	59
3.1.2 Données des projets pilotes Mais	62
3.2 Exploitation à grande échelle	67
3.2.1 Valeurs Nmin de print. (NID) en relation avec le type d'espèce et l'année	68
3.2.2 Valeurs Nmin de print. (NID) en relation avec l'élevage, l'espèce et l'année	69
3.2.3 Valeurs Nmin de print. (NID) en relation avec la pratique de semis, l'espèce et l'année	70
3.2.4 Valeurs Nmin de print. (NID) en relation avec l'"Ackerzahl", l'espèce et l'année	71
3.2.5 Valeurs Nmin de print. (NID) en relation avec le type de sol, l'espèce et l'année	72
3.2.6 Valeurs Nmin de print. (NID) en relation avec le précédent, l'espèce et l'année	73
3.2.7 Valeurs Nmin de print. (NID) en relation avec les résidus , l'espèce et l'année	74
3.2.8 Valeurs Nmin de print. (NID) en relation avec la culture intermédiaire, l'espèce et l'année	75
3.3 Essais de fertilisation	76
4. RESUME	78
CONCLUSION GENERALE AU PROJET	80
ANNEXES PARTIE A 1	
ANNEXE 1 - PROTOCOLE DES TEMOINS ZERO	81
ANNEXE 2 - LES TEMOINS ZERO REALISES EN 1996	82
ANNEXE 3 - LES TEMOINS ZERO REALISES EN 1997	83
ANNEXE 4 - LES TEMOINS ZERO REALISES EN 1998	85
ANNEXE 5 - PROTOCOLE DES ESSAIS DOSES DU PIEMONT	87
ANNEXE 6 - ITINERAIRES TECHNIQUES DES PARCELLES D'ESSAI	88
ANNEXE 7 - RESULTATS DES ESSAIS DOSES	89
ANNEXE PARTIE A 2	90
ANNEXE PARTIE B	
1 description des abbréviations	91
2 données météorologiques 1992 – 1997	93
3 (3.1, 3.2, 3.3) ex de sorties du fichier NID	94-96

ITADA

Rapport de synthèse 1996-1998

PROJET N° : A 1.4

THEME : ADAPTATION AUX CONDITIONS REGIONALES DES
CONSEILS DE FERTILISATION AZOTEE AUX GRANDES
CULTURES

CHEFS DE PROJET : M. L. BURTIN (ARAA) Schiltigheim (F) (blé)
F. JUNCKER SCHWING (AGPM) Colmar (F) (maïs)

PARTENAIRES : Dr. VETTER (IfuL) Müllheim (D)

ORGANISMES ASSOCIES : ITCF, SUAD 67, SUAD 68 F
LUFA, LAP, RPF D

DUREE DU PROJET : 1996 - 1998

INTRODUCTION GENERALE

En Alsace comme dans le Bade-Wurtemberg, la préservation de la qualité "nitrates" de la nappe phréatique rhénane passe par un meilleur ajustement de la fertilisation azotée des grandes cultures telles que le maïs et les céréales à paille. En effet, celles-ci représentent 210.000 ha en Alsace et 648.000 ha dans le Bade-Wurtemberg, ce qui en fait les premières utilisatrices du sol de la plaine rhénane.

Chacune des 2 régions a opté de longue date pour une stratégie différente de conseil aux agriculteurs : recherche de méthodes permettant de diffuser un conseil collectif en Alsace, conseil individuel à la parcelle en Bade-Wurtemberg.

L'objectif du projet A 1.4 en Alsace est de compléter et revalider pour le maïs, et développer pour le blé ces outils de conseil collectif. Du côté badois, la pratique du conseil de fertilisation à la parcelle a généré d'importants fichiers de données sur les reliquats avant culture : il a paru utile de les analyser de façon globale pour en déterminer les lois de variations. Cela permettrait peut-être à terme de réduire l'importante charge de travail que représentent ces mesures. Les travaux ont été conduits en parallèle et la synthèse finale a permis de mettre en commun les résultats sur certains aspects.

Ce rapport final se présente donc en 2 chapitres :

A. La mise au point de systèmes collectifs de conseil

A.1. Pour le maïs

A.2. Pour le blé

B. La valorisation collective des données parcellaires de mesures de reliquats

A. MISE AU POINT DE SYSTEMES COLLECTIFS DE CONSEIL

A.1 : POUR LE MAIS

1. POSITION DU PROBLEME ET OBJECTIFS

En Alsace comme dans le Bade-Wurtemberg, la préservation de la qualité des eaux souterraines (nappe phréatique de la plaine du Rhin supérieur) en matière de nitrates passe, entre autres, par une meilleure gestion de la fertilisation azotée du maïs qui occupe la plus grande partie des surfaces agricoles de la région.

Depuis 1987, des références ont été construites en Alsace sous le pilotage de l'ARAA : elles concernent aussi bien les doses d'engrais minéral à apporter, que les formes d'engrais ou encore les rythmes d'apport et permettent de diffuser des conseils fiables en fonction du système de culture et du type de sol. En particulier, elles servent de support à l'animation des diverses opérations FERTI-MIEUX qui ont vu le jour en Alsace.

La méthode utilisée en Alsace se base sur un bilan prévisionnel simplifié qui s'écrit sous la forme :

$$X = bY + N_{\text{non disp.}} - N_0$$

avec X = dose d'engrais azoté
 b = 2,3 kg N/q de grain de maïs
 Y = niveau de rendement
 $N_{\text{non disp.}}$ = azote du sol non disponible pour la culture
 N_0 = fourniture en azote du sol

L'utilisation d'une telle formule pour le conseil agricole nécessite de paramétrer les termes de l'équation, et principalement N_0 , pour les différents types de sol et systèmes de culture existants en Alsace.

Dans le cadre de ce projet, l'objectif est de renforcer et de compléter le référentiel des fournitures d'azote par le sol. Ces fournitures d'azote sont mesurées au travers de témoins non fertilisés, dits "témoins zéro", dans une grande variété de situations clairement identifiées. Les expérimentations mises en place de 96 à 98, devaient plus spécifiquement intégrer des situations particulières pour lesquelles les références acquises jusqu'alors étaient peu nombreuses et pourtant nécessaires pour bâtir un conseil solide : sols peu référencés, précédents particuliers.

La synthèse de ces 3 années est l'occasion de vérifier que les références retenues ne se modifient pas au cours du temps et d'y ajouter les nouvelles situations étudiées. De plus, cette synthèse permettra aussi de discuter de l'incidence du choix de telle ou telle référence sur le conseil final.

Par ailleurs, il avait été mis en évidence au cours des années antérieures que l'équation ci-dessus "fonctionnait" mal dans certains sols où semble apparaître une mauvaise valorisation de l'azote apporté par l'engrais. Ce thème a été étudié au travers d'essais "dose d'azote".

Ce chapitre comporte donc 3 parties :

- Les fournitures en azote du sol au maïs en Alsace
- L'incidence du choix d'un type de références de fournitures sur le calcul de la dose d'engrais
- La valorisation de l'azote en sols difficiles.

2 - LES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL AU MAIS

OBJECTIFS

La mise en place et le suivi de parcelles “ témoins zéro ” maïs de 96 à 98 en Alsace avaient pour objectif de renforcer et de compléter la base de données existante et réalisée à partir de références acquises depuis 1987. Dans le cadre de ce rapport final, on se propose donc d'intégrer les résultats acquis au cours des 3 années à ce référentiel, de le reconsidérer ainsi complété de façon à voir si le conseil adopté jusqu'à présent est validé.

METHODES ADOPTEES

Les témoins zéro azote sont des parcelles de maïs qui n'ont reçu aucun apport d'azote minéral. En mesurant la biomasse produite et sa teneur en azote, on détermine les fournitures d'azote du sol au maïs (N 0) : en l'absence de toute fumure minérale, ces quantités d'azote proviennent de l'azote minéral présent dans le sol à l'implantation de la culture et de la minéralisation des matières organiques du sol (humus, précédent cultural, apports organiques).

RESULTATS

1. Système céréalier

Une analyse de la base de données constituée par l'ARAA entre 1987 et 1998 a été réalisée, soit 782 résultats de témoins zéro, toutes situations confondues.

Dans le cadre de la validation de la grille régionale de fourniture, nous nous sommes arrêtés aux systèmes céréaliers, c'est-à-dire que nous n'avons retenu que les références sur maïs venant derrière un maïs ou un blé ou éventuellement après une culture spéciale, mais cela sans apport de déjections animales.

Les références qui comportent des déjections animales sont intégrées au projet A 1.1.

L'analyse de la base de données est présentée sous forme d'un tableau qui donne, en fonction du type de sol, des valeurs de fourniture en azote. Dans les situations où le nombre de références était suffisamment grand, la distribution des résultats a été analysée par quintile. Les valeurs obtenues sont comparées aux valeurs minimales admises jusqu'à présent dans la base du conseil de fertilisation et qui sont calées sur la valeur moyenne moins l'écart-type. De cette manière, on peut voir rapidement si la grille actuelle est toujours valide.

Les résultats analysés annuellement en 96, 97 et 98 (cf. rapports intermédiaires) ont montré que les fournitures obtenues étaient globalement supérieures aux valeurs minimales retenues.

Analyse des témoins zéro de 1987 à 1998 sans déjections animales en système céréalier

Tableau 1 - Valeurs de fournitures de sol mesurées dans les témoins zéro exprimées en kg N/ha ou Unités

Type de sol	Code sol local	Précédent	Nombre de résultats	Minimum	Moyenne	Ecart-type	Moyenne-écart-type	Référence régionale	Q1	Médiane	Q4	Conclusion/grille
Hardt superficielle	110	MG - (BH)	42	41	81	20	61	60	63	79	91	CONFIRME
Hardt profonde	112	MG et BH	36	78	128	36	92	100	98	115	164	CONFIRME
Basse Plaine rhénane	120	MG	29	71	140	51	89	100	95	126	186	CONFIRME
Plaine de l'III	130	MG et BH	30	80	120	30	90	90	95	120	139	CONFIRME
Ried brun caillouteux	111	MG	9	106	132	23	109	105	115	130	138	REVOIR 110 ?
Ried gris	131	MG	13	81	150	38	112	100	125	147	169	REVOIR 120 ?
Ried noir Sud	163	MG	16	87	160	54	106	100	106	152	200	CONFIRME
Limons sablo-argileux	140	MG et BH	26	86	143	42	101	100	113	132	174	REVOIR 110 ?
Sables	154	MG	15	41	84	23	61	60	66	84	107	CONFIRME
Ried noir Nord	164	MG et BH	19	137	203	45	158	150	157	201	234	CONFIRME
Ochsenfeld	170	MG	14	59	109	45	64	60	60	104	150	CONFIRME
Lehms	220	MG	31	44	111	40	70	80	80	107	136	CONFIRME
Loess Haut-Rhin	210	MG	13	64	129	49	80	-	85	103	182	80
Loess Outre-forêt	210	MG et BH	8	75	135	32	103	-	95	140	151	100
Loess reste Bas-Rhin	210	MG et BH	61	85	163	38	125	130	123	151	183	CONFIRME
Lehm/Loess Sundgau + Outre Forêt	214	MG	10	95	120	-	-	-	102	123	129	100
Lehm/Loess reste Bas-Rhin	214	MG et BH	9	109	168	-	-	-	110	175	203	110

MG = maïs grain BH = blé d'hiver Q1 = 1er quintile Q4 = 4ème quintile

Dans les systèmes céréaliers, la grande majorité des résultats confirment la grille régionale qui sert à établir le conseil de fertilisation azotée des maïs. Cependant, l'analyse réalisée sur un grand nombre de références permet de l'affiner dans certaines situations.

- Jusqu'à présent, on avait retenu comme référence la valeur " moyenne - écart-type ". Quand on recalcule cette valeur sur tous les résultats enregistrés depuis 1987, on a relativement peu d'écart entre la valeur du premier quintile et la référence régionale retenue jusqu'à présent. Là où il existe un écart significatif, la nouvelle valeur est plutôt inférieure à la référence. L'inconvénient de la méthode utilisée jusqu'alors est que l'écart-type est aussi sensible aux valeurs " anormalement " basses qu'à celles " anormalement " hautes et il a donc tendance à augmenter. C'est pourquoi il est sans doute plus juste de prendre comme référence le premier quintile (Q1).
- Si on prend comme référence la valeur Q1, c'est-à-dire celle à laquelle 80% des résultats sont supérieurs, on a peu d'écart, sauf sur 3 types de sol. En effet, dans les Rieds bruns caillouteux, les Rieds gris et les limons argilo-sableux, la valeur du premier quintile est légèrement supérieure à la référence régionale, de 10 à 25 Unités. Cette différence justifie-t-elle une révision de la référence ?

Le cas particulier des Loess et des Lehms sur loess

De nombreuses références ont été obtenues sur ces types de sol. De l'analyse des résultats, il ressort des différences entre les deux départements, ainsi que des différences à l'intérieur même du Bas-Rhin entre différents secteurs géographiques. Pour ce type de sol, on ne peut donc pas compter sur le même niveau de fournitures selon que l'on se situe dans telle ou telle petite région.

Les loess

► Dans le Haut-Rhin, sur 13 résultats, il apparaît 2 groupes de fournitures très différents : pour 8 mesures, une variation de 64 à 110 U ; pour 5 mesures, une variation de 170 à 217 U. Il n'a pas été possible de les rattacher à une petite région particulière, sachant que le précédent ne varie pas.

Si l'on regroupe l'ensemble des 13 valeurs, et que l'on regarde leur distribution, on trouve une médiane à 103 U et un premier quintile à 85 U, ce qui est très proche du minimum retenu dans le conseil, soit moyenne - écart-type = 80 U.

► Dans le Bas-Rhin, dans le cas de précédents maïs et blé, on observe une différence nette entre les fournitures en azote des loess de l'Outre-Forêt et ceux du reste du département. En effet, dans le nord du département, le premier quintile se situe à 95 U et la médiane à 140 U, alors que partout ailleurs les fournitures sont plus homogènes et nettement supérieures, avec respectivement 123 U et 151 U. Ceci nous amène donc à distinguer les loess selon leur position géographique et à adapter le conseil de fumure sur cette base.

Les lehms sur loess

L'analyse de la base de données indique deux groupes de valeurs et sépare nettement le Sundgau et l'Outre-Forêt, avec une médiane à 123 U, du reste du Bas-Rhin, où les fournitures du sol sont bien plus importantes avec une médiane à 175 U.

Comme pour les loess, les extrémités Nord et Sud de l'Alsace se distinguent par des fournitures inférieures, ce fait étant probablement lié à la climatologie de ces petites régions, plus fraîches et plus arrosées, que le Centre-Alsace et donc moins favorable à la minéralisation.

Le grand nombre de résultats sur loess et lehm sur loess permet donc d'affiner le conseil en fonction du secteur géographique.

2. Précédents particuliers

Parmi les objectifs prioritaires du programme de 1996-1998, il y a la connaissance de l'utilisation de l'azote par le maïs dans certaines situations particulières peu référencées jusqu'alors, en particulier là où le maïs vient après une culture spéciale, telles le chou à choucroute, le tabac ou la pomme de terre.

Ces cultures laissent généralement beaucoup d'azote dans le sol pour le maïs qui va suivre ; soit que cet azote provienne de la décomposition de résidus de récolte riches en substances azotées (chou), soit qu'il ait pour origine une faible utilisation par la culture (tabac) de l'azote minéralisé dans le sol, conduisant à des reliquats après récolte élevés.

L'objectif ici est donc de quantifier ce surplus d'azote disponible pour la culture du maïs, afin d'en tenir compte dans le conseil de fumure.

Sur la durée de programme, de 96 à 98, 15 références 'précédent particulier' ont été établies, dont 2 après choux, 5 après tabac brun, 6 après jachère et 2 après pomme de terre.

Ces références ont été incluses à la base de données générale acquise depuis 1987 et ont permis de la renforcer sur cet aspect. Au total, nous avons 9 références après choux, 11 après tabac brun, 9 après jachère et 2 après pomme de terre.

Compte tenu du faible nombre de résultats derrière pomme de terre, nous ne retiendrons que les cas après choux, tabac et jachère.

Les résultats de fourniture de sol dans ces situations varient en fonction du type de sol. Pour les cas renseignés sur ce plan là ils sont résumés dans le tableau 2, la valeur de référence étant, comme pour la grille régionale la valeur "moyenne - écart-type".

Tableau 2 - Fournitures en azote du sol pour des précédents particuliers (en kg N/ha)

Précédent	Type de sol	Nombre	Fournitures du sol minimales	Fournitures du sol moyenne	Ecart-type	Moyenne - écart-type	Différence par rapport aux fournitures en système céréalier
Chou	Loess et lehm sur loess	9	159	197	22	175	+ 40 à 50
Tabac brun	Limon sablo-argileux	2	128	131	4	128	+ 20 à 30 (2 résultats)
	Loess et lehm sur loess	9	148	191	38	153	+ 20 à 30
Jachère	Hardt superficielle	2	93	96	4	92	+ 30 (2 résultats)
	Hardt profonde	2	121	124	4	120	+ 20 (2 résultats)
	Basse plaine rhénane	3	106	172	62	110	+ 10 (3 résultats)

Le chou : c'est le précédent qui laisse le plus d'azote dans le sol et ce, d'autant qu'il est enfoui. On pourrait raisonnablement compter sur un " effet chou " de + 40 Unités, par rapport à un précédent maïs.

Le tabac brun : ce sont les références sur loess qui sont les plus solides avec 9 résultats : sur ce type de sol, profond et sain, on peut compter sur 20 à 30 unités supplémentaires par rapport à un précédent maïs. Cette conclusion remet en cause le chiffre de 60 unités qui avait été avancé il y a quelques années.

En sol limono-argilo-sableux, bien que 2 références seulement soient disponibles, le supplément de fourniture est du même ordre de grandeur.

Système céréalier suivant une jachère

Les références de fournitures en azote après un jachère sont rares et il n'y a pas de données au niveau national pouvant servir de point de repère.

On observe dans les essais d'Alsace, que les fournitures en azote sont toujours plus élevées après une jachère qu'après un blé ou un maïs. Les fournitures du sol varient selon le type de sol et sont particulièrement variables en sol de basse plaine rhénane (écart-type élevé), où un supplément de 10 unités constitue un minimum. Dans les sols de Hardt, l'effet jachère paraît à la fois plus régulier et plus important avec + 20 à + 30 unités, le nombre de références étant cependant faible.

CONCLUSION

Un précédent culture spéciale ou jachère procure généralement au maïs qui suit des fournitures en azote plus importante qu'un précédent maïs ou blé ; celles-ci sont variables en fonction du type de précédent et du type de sol (+10 à +50 U). Ce supplément de fourniture permet donc de diminuer d'autant la dose d'engrais minéral à apporter.

Toutefois, les références acquises jusqu'à présent ne sont pas toujours suffisamment nombreuses pour diffuser un conseil solide, sauf peut-être après chou, car les arrière-effets sont importants et on peut facilement compter sur 40 à 50 unités supplémentaires en sol de loess.

3 - INCIDENCE DU CHOIX D'UN TYPE DE REFERENCE SUR LE CONSEIL

Jusqu'à présent, les conseils de dose d'azote sur maïs ont été donnés en retenant comme référence de fournitures du sol une valeur minimale, voisine de la valeur du 1^{er} quintile. Il est intéressant d'étudier l'incidence qu'aurait le choix de la valeur médiane en remplacement de cette valeur minimale.

C'est ce qui figure dans le tableau 3.

La marge de progrès la plus importante que l'on pourrait réaliser si l'on se référait à la valeur médiane se situe dans les sols argileux des "rieds", sauf ried brun caillouteux. En effet, dans 1 cas sur 2, les fournitures de sol sont supérieures de 50 U environ à la référence admise jusqu'à présent, c'est-à-dire que dans ces situations, la fertilisation azotée du maïs pourrait être réduite d'autant.

Dans les autres types de sol la marge de manoeuvre est moins importante : autour de 20 à 30 U.

Cette perspective paraît intéressante sur le plan strictement environnemental. Mais faire prendre un risque de sous-fertilisation de la culture 1 an sur 2 n'est pas acceptable pour l'agriculteur qui doit maintenir son rendement à l'optimum. La valeur du premier quintile, soit 80% des cas, conforme à la référence régionale actuelle, constitue une bonne base pour le raisonnement de la fertilisation azotée du maïs en Alsace.

Tableau 3 - Incidence du choix de la référence pour N0

Type de sol	Référence régionale actuelle	Q1	Médiane	Ajustement du conseil par rapport à la médiane
Hardt superficielle	60	63	79	-20 U
Hardt profonde	100	98	115	-15 U
Basse Plaine rhénane	100	95	126	-25 U
Plaine de l'Ill	90	95	120	-30 U
Ried brun caillouteux	105	115	130	-25 U
Ried gris	100	125	147	-45 U
Ried noir Sud	100	106	152	-50 U
Limons sablo-argileux	100	113	132	-30 U
Sables	60	66	84	-20 U
Ried noir Nord	150	157	201	-50 U
Ochsenfeld	60	60	104	-40 U
Lehms	80	80	107	-25 U
Loess Haut-Rhin	-	85	103	-
Loess Outre-forêt	-	95	140	-
Loess reste Bas-Rhin	130	123	151	-20 U
Lehm/Loess Sundgau + Outre Forêt	-	102	123	-
Lehm/Loess reste Bas-Rhin	-	110	175	-

Cette modification du choix de la référence peut aussi être testée en réutilisant tous les essais dose croissante d'azote qui ont été conduits en Alsace depuis 1987. Cela représente 52 essais sur tous types de sol, pour lesquels, en absence de facteur limitant, on peut dégager une dose 'optimale' d'azote qui est celle qui permet d'obtenir le rendement maximum.

Pour chaque essai, on peut a posteriori recalculer la dose d'azote que l'on conseillerait pour le rendement optimal obtenu, et ce de 2 façons : soit avec la référence de fournitures minimales, soit avec la référence de fournitures médianes.

La comparaison de cette valeur avec la dose 'optimale mesurée' dans les divers essais indique que de nombreuses situations se retrouvent en " surfertilisation ", à plus ou moins 20 U près.

Tableau 4 - Analyse des écarts 'dose optimale mesurée' / 'dose optimale calculée' avec N0 minimum et N0 médian (à 20 U près)

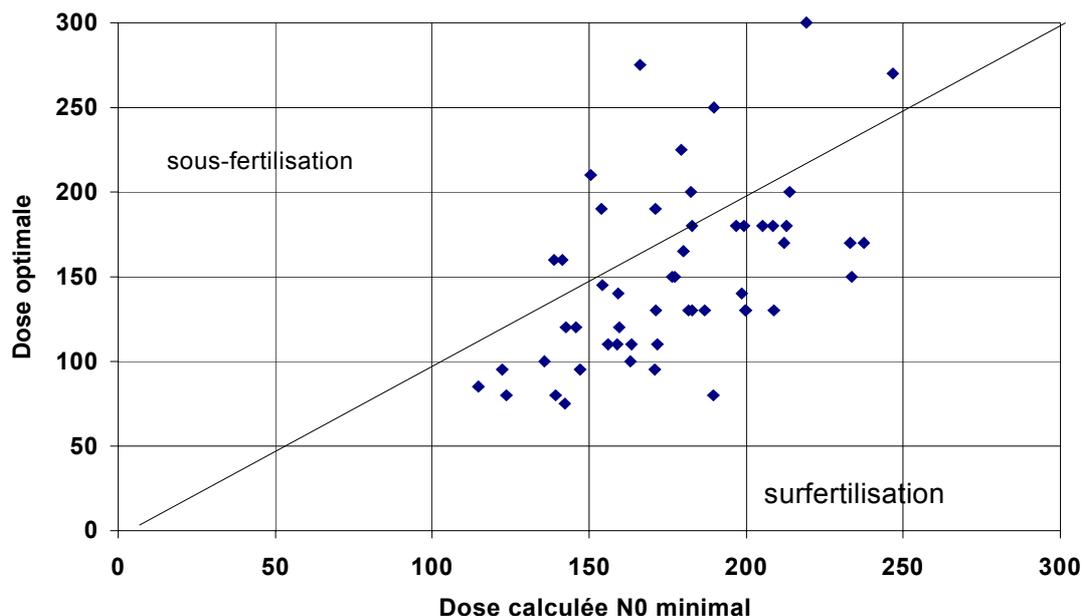
N0 = fourniture en azote du sol mesurée par un témoin zéro non fertilisé.

	Dose mesurée < Dose calculée de + de 20 U	Dose mesurée = Dose calculée +/- 20 U	Dose mesurée > Dose calculée de + de 20 U
Avec N0 minimum	34 situations (65% des cas)	10 situations (19% des cas)	8 situations (15% des cas)
Avec N0 médian	23 situations (44% des cas)	17 situations (33% des cas)	12 situations (23% des cas)
	Surfertilisation	Dose ajustée	Sous-fertilisation

Cette comparaison peut également s'exprimer sous forme de graphiques où la bissectrice représente l'ajustement exact entre la dose optimale calculée et la dose optimale mesurée.

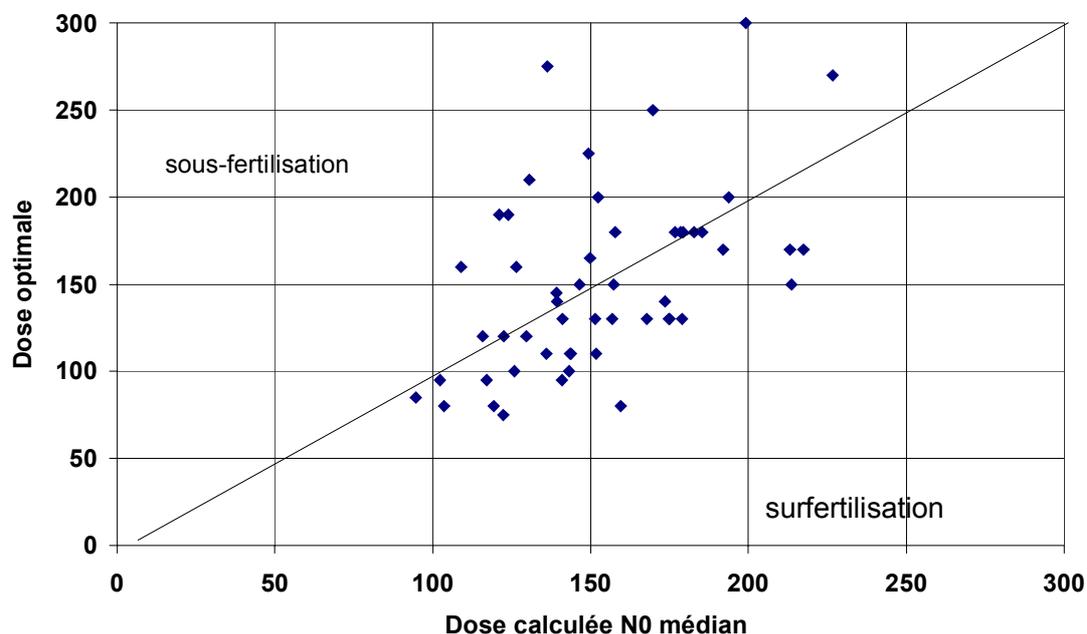
Graphique 1

Comparaison dose optimale et dose calculée avec N0 minimal



Graphique 2

Comparaison dose optimale et dose calculée avec N0 médian



En prenant la valeur de N0 minimum (Q1), on a un grand nombre de situations de surfertilisation.

En prenant la valeur de N0 médian, on a un meilleur ajustement entre la théorie et ce que l'on mesure sur le terrain. Néanmoins, même en prenant cette valeur, qui on l'a vu plus haut est plus risquée pour l'assurance du rendement, il reste 44% de cas de surfertilisation (à 20 unités près) par rapport à la théorie.

Il faut noter également qu'il y a 23% des situations qui se trouvent en sous-fertilisation, ce qui n'est pas négligeable.

Dans 1/3 des cas, la fertilisation azotée est bien ajustée.

Conclusion

En matière de fertilisation azotée du maïs en Alsace, il existe une marge de progrès que l'on ne peut pas nier. En effet, la comparaison ci-dessus indique plus de cas de surfertilisation que de sous-fertilisation, voire de fertilisation ajustée. Toutefois, comme la méthode prévisionnelle du bilan n'est pas très précise (dose calculée théorique), il subsiste un risque de sous-fertilisation que l'on ne peut pas maîtriser et que les maïsiculteurs ne sont sans doute pas prêts à accepter.

4 - LA VALORISATION DE L'AZOTE EN SOLS DIFFICILES

OBJECTIFS

Il s'agit de comprendre la dynamique de l'azote en situation difficile, en particulier dans les sols hydromorphes et séchants sur alluvions vosgiennes. Les références disponibles semblent montrer que la valorisation de l'azote s'y fait mal ;

Sur la période 96-98, quatre essais ont été réalisés dans la zone du Piémont des Vosges en collaboration avec les SUAD des 2 départements : à Epfig (67) et Wattwiller (68) en 96, à Wattwiller seulement en 97 et 98. Ces essais ont été conduits sur des sols de type limon sablo-argileux plus ou moins sensibles à l'hydromorphie.

Les parcelles étaient conduites en système céréalier, sans déjections animales.

METHODES ADOPTEES

Les doses retenues encadrent la dose de 160 unités, qui représente la dose couramment pratiquée dans ce type de sol.

Les doses d'azote comparées sont : 0 N - 80 N - 120 N - 160 N - 200 N - 240 N

L'azote est apporté en 2 fois : 50 unités au semis en ammonitrate, le reste au stade 5-6 feuilles du maïs sous forme d'urée.

L'objectif de rendement est fixé à 90 q/ha. Pour chaque traitement, on dispose de quatre répétitions. Le détail du protocole figure à l'annexe 5.

RESULTATS

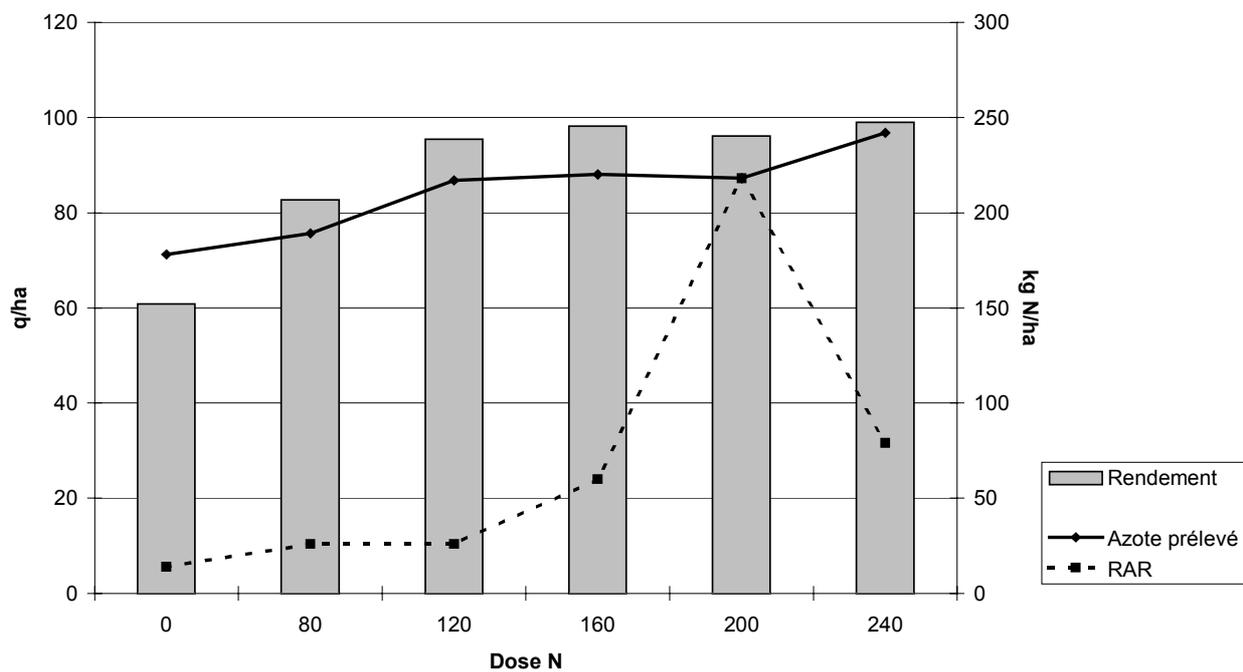
Les résultats acquis sur les 4 essais sont synthétisés dans le tableau 5 et illustrés par les graphiques 3 à 6.

Tableau 5 - Résultats des essais dose croissante d'azote du Piémont

	Epfig 96	Wattwiller 96	Wattwiller 97	Wattwiller 98
Fournitures du sol kg N/ha	178	211	202	194
Rendement optimum q/ha	96	93	102	115
dose N optimum kg N/ha	120	160	120	80
N absorbé à l'optimum kg N/ha	217	227	236	265
Reliquat après récolte à l'optimum kg N/ha	26	58	158	non mesuré
Défaut de bilan	75	122	-19	-
CAU de l'engrais %	32	10	20	89
N/q unités	2.3	2.4	2.3	2.3
N/TMS unités	13.2	14.1	14.7	14.2

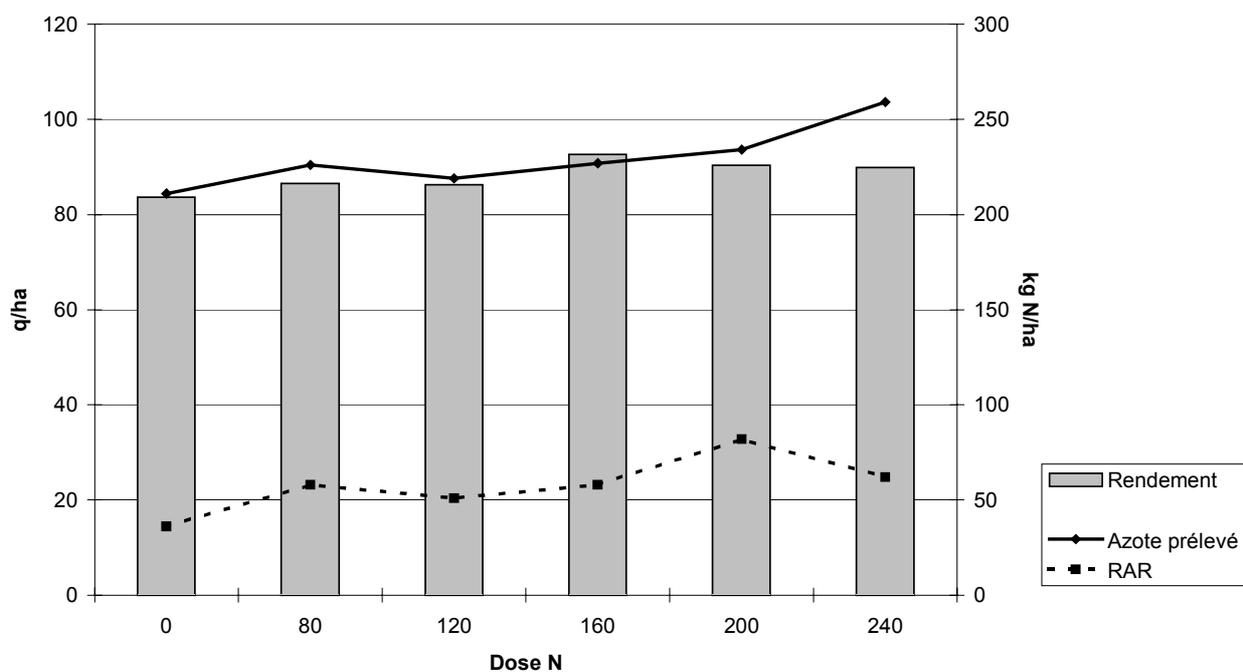
Graphique 3

Essai dose d'azote - Efig 1996



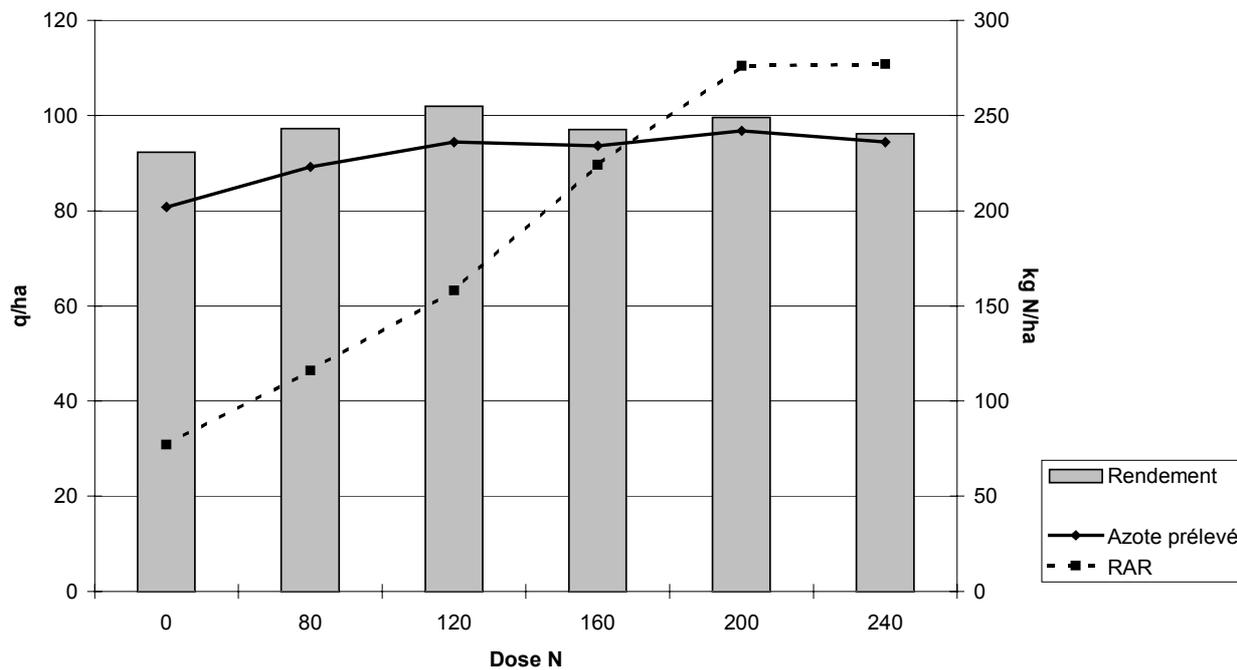
Graphique 4

Essai dose d'azote - Wattwiller 1996



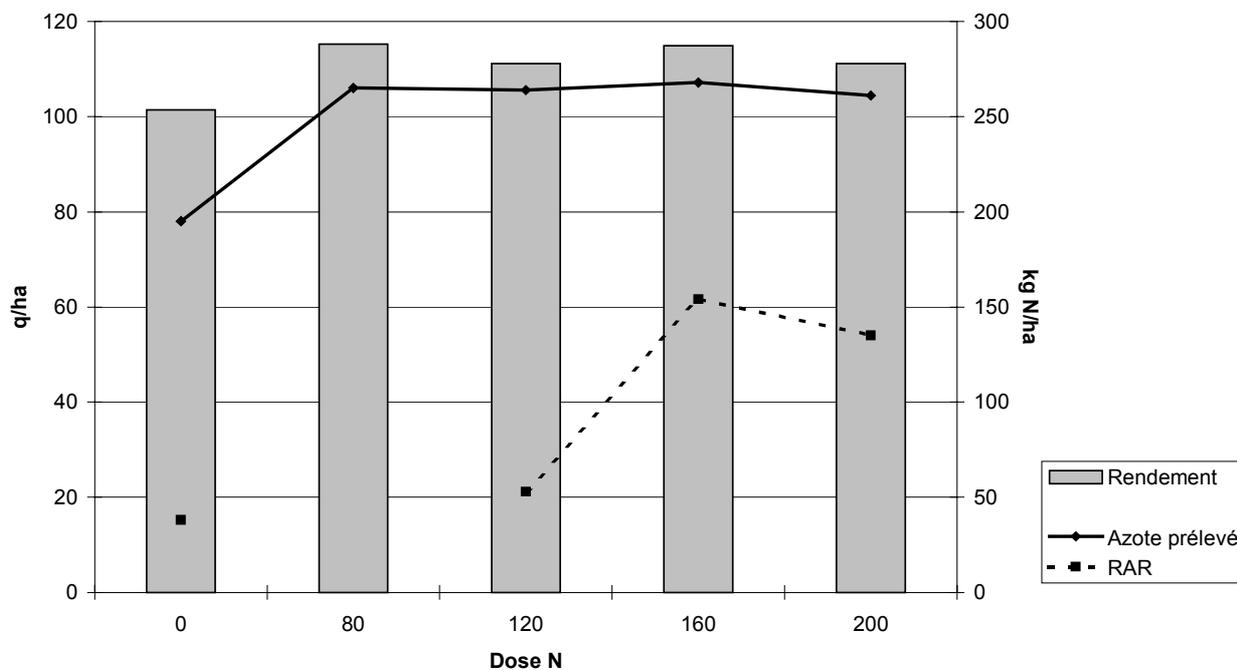
Graphique 5

Essai dose d'azote - Wattwiller 1997



Graphique 6

Essai dose d'azote - Wattwiller 1998



COMMENTAIRES

- Les fournitures du sol sont élevées.

- Compte tenu de la situation non irriguée et du type de sol, le potentiel n'apparaît pas aussi limité que cela. Les moindres performances de l'année 96 sont à replacer dans un contexte général de froid précoce en septembre avec blocage de l'évolution du PMG (poids de mille grains).

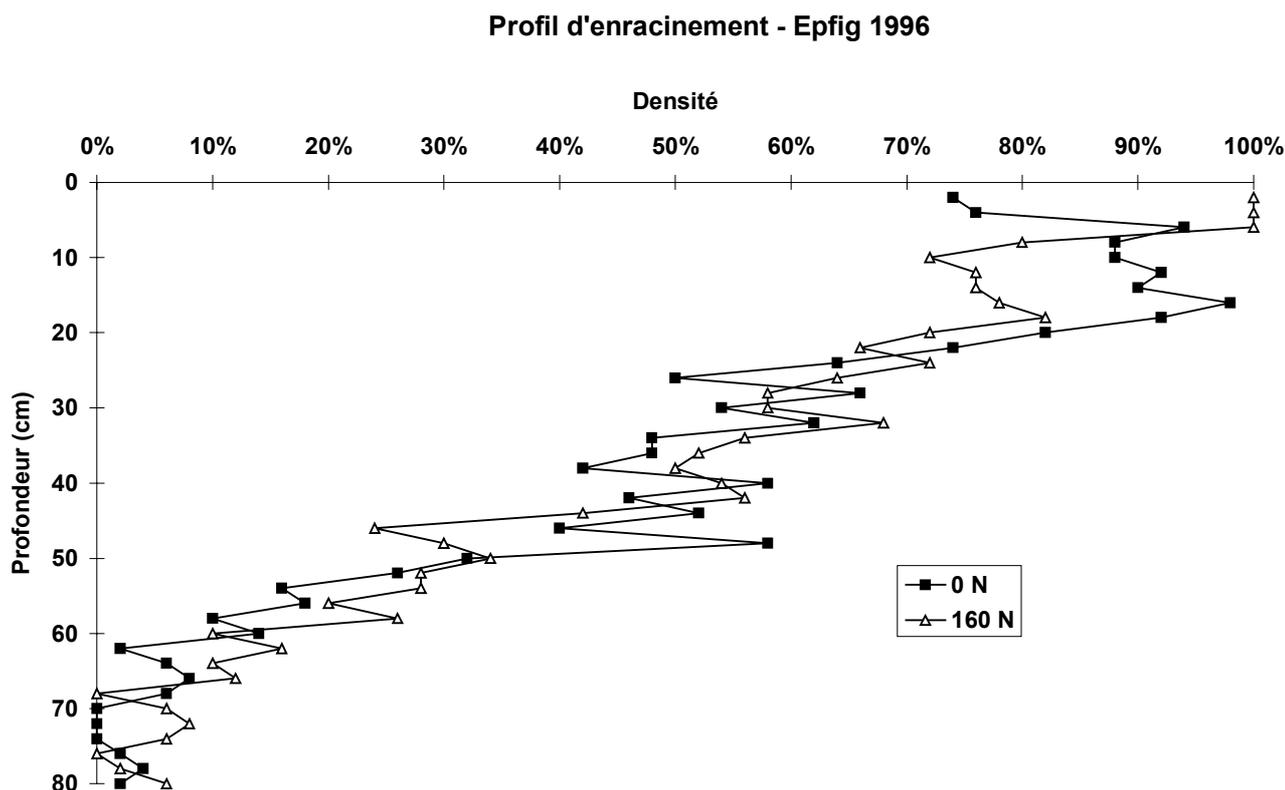
- Le coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU) est médiocre, sauf en 98 où le rendement atteint est particulièrement élevé. Cette performance est d'ailleurs étonnante, car 98 était une année sèche et la parcelle n'était pas irriguée.

- La dose d'engrais optimum est variable, mais dans tous les cas, elle ne dépasse pas 160 U. On peut retenir ce chiffre comme recommandation maximale.

- Des profils culturaux ont été réalisés au stade 6 feuilles à Epfig en 96 et Wattwiller en 97 et indiquent des zones tassées à 30 cm sous la semelle de labour.

Un profil racinaire a été fait à Epfig en 96 sur un témoin zéro et un maïs fertilisé avec 160 U. Il montre bien un enracinement développé jusqu'à 60 cm de profondeur, mais il n'y a pas d'exploration importante par le système racinaire au-delà, et cela avec ou sans apport d'engrais.

Graphique 7



Pour essayer d'expliquer cette mauvaise valorisation de l'azote, on peut émettre plusieurs hypothèses :

- La sensibilité au tassement des sols, peu favorable pour une bonne installation et une bonne prospection du système racinaire.

- Un engorgement en eau du sol en 96 et 97 puisque le printemps de ces 2 années était pluvieux, (75 mm en mai 96 sur la station de Sélestat et 121 mm du 20 avril au 10 juin à Sélestat, 123.4 mm sur la même période à Mulhouse).

Cet excès d'eau à un moment donné a créé des conditions asphyxiantes défavorables au développement du système racinaire et au bon fonctionnement de la plante. Ce n'était pas le cas en 98 plus sèche.

- Cette hydromorphie momentanée a peut-être également créé des conditions favorables à la dénitrification d'une partie de l'azote du sol. Nous n'avons cependant pas les moyens de le vérifier, mais cette hypothèse expliquerait en partie le défaut de bilan important de 96.
- La relative acidité des sols, sauf Wattwiller 98, qui conduit à un blocage de l'azote et donc une mauvaise utilisation.

	Epfig 96	Wattwiller 96	Wattwiller 97	Wattwiller 98
Type de sol	limon sablo-argileux Hydromorphie dès 40 cm	limon sablo-argileux Hydromorphie dès 30 cm	limon sablo-argileux Hydromorphie dès 30 cm	limon sablo-argileux Hydromorphie dès 40 cm
pH	6.1	6.1	5.5	6.9
Matière organique	2%	2.1 %	3.8 %	2.1%

Perspectives

De façon à mieux cerner le comportement de l'azote dans ces sols, il serait intéressant de comparer l'évolution des nitrates entre un sol nu, sans végétation, et une parcelle de maïs avec et sans apport d'engrais. A défaut d'azote marqué qui représente une technique très coûteuse, des analyses de reliquats d'azote à quelques stades clé du cycle du maïs permettraient peut-être de trouver des éléments de réponse à ce problème. Ce thème sera traité dans le cadre du programme agronomique régional en 2000.

CONCLUSION

Ces essais ont permis de vérifier que, dans les sols de piémont des Vosges, il peut y avoir une mauvaise utilisation de l'azote par le maïs. Les fournitures en azote de ces sols étant importantes, le problème se situe plutôt au niveau de la valorisation de l'engrais apporté (CAU faible).

Les sols de cette région, malgré une certaine hétérogénéité de structure et de texture, ont en commun d'être assez fragiles, sensibles au tassement, à l'excès d'eau au printemps mais aussi à la sécheresse en été. Le plus souvent, ils sont aussi acides. Les modèles théoriques basés sur le bilan simplifié et les fournitures du sol ne permettent pas toujours d'expliquer les résultats, ce qui rend le conseil de fumure azotée assez difficile. On a néanmoins constaté qu'une dose de 160 unités est un maximum à ne pas dépasser. Des expérimentations complémentaires sur la minéralisation et le devenir de l'engrais pourraient apporter des explications supplémentaires.

5. CONCLUSION GENERALE

Ces 3 années du programme ITADA A 1.4 sur la fertilisation azotée du maïs en Alsace ont permis de constituer des références qui complètent celles acquises depuis 1987.

En ce qui concerne **les fournitures en azote du sol**, ce rapport final reprend l'ensemble des données. Il montre que les références utilisées jusqu'à présent sont pour l'essentiel confirmées : la valeur 'moyenne - écart-type' actuellement utilisée est voisine de celle du 1^{er} quintile, Q1, c'est-à-dire celle à laquelle 8 valeurs sur 10 sont supérieures. On pourrait envisager dorénavant de retenir plutôt cette valeur Q1, statistiquement plus stable que la valeur 'moyenne - écart-type'.

Si on remplaçait cette valeur minimale (Q1) par la valeur médiane, on diminuerait les doses conseillées aux agriculteurs de 20 à 50 unités selon les types de sol. Ces nouvelles doses seraient sans doute difficilement applicables par les agriculteurs, car elles leur donneraient le sentiment de prendre un risque de perte de rendement 1 an sur 2. Sur les essais des 10 dernières années, cette sous-fertilisation n'apparaît que dans 23% des cas (et non 50%). Cela est-il encore trop élevé pour les producteurs de maïs ?

Les fournitures en azote du sol après certains précédents sont beaucoup plus élevées que celles après blé ou maïs, références utilisées dans le conseil de dose. La prise en compte de tels précédents doit conduire à réduire les doses d'azote minéral de 20-30 unités après jachère ou tabac brun, et de 40-50 unités après choux à choucroute.

Dans les sols du Piémont des Vosges, l'utilisation de l'azote par le maïs n'est pas optimale. Nous avons montré que cela n'est pas dû à un défaut de fournitures du sol, - au contraire, celles-ci sont très élevées - mais à une mauvaise valorisation de l'engrais apporté (CAU faible). Les hypothèses sur les raisons de ces mauvaises valorisations - hydromorphie des sols, sensibilité au tassement, engorgement, acidité du sol - n'ont pu être clairement établies. Des suivis de minéralisation et de devenir de l'engrais en sol nu apporteraient des compléments intéressants.

Les références établies ou confirmées dans ce programme continueront à alimenter les conseils donnés aux agriculteurs, en particulier dans les opérations FERTI-MIEUX. Il reste à :

- confirmer certaines références pour lesquelles le nombre de cas est encore trop faible,
- continuer à utiliser le support de communication que représente un témoin non fertilisé pour convaincre les agriculteurs du bien-fondé des conseils,
- rechercher des explications sur la mauvaise valorisation de l'azote dans certaines situations ; cela permettra d'affiner le conseil actuel d'une dose maximale assurant toutes les situations mais souvent trop généreuse.

RESUME

A. MISE AU POINT DE SYSTEMES COLLECTIFS DE CONSEIL

A.1 : POUR LE MAIS

POSITION DU PROBLEME ET OBJECTIFS

En Alsace comme dans le Bade-Wurtemberg, la préservation de la qualité des eaux souterraines (nappe phréatique de la plaine du Rhin supérieur) en matière de nitrates passe, entre autres, par une meilleure gestion de la fertilisation azotée du maïs qui occupe la plus grande partie des surfaces agricoles de la région.

Depuis 1987, des références ont été construites en Alsace sous le pilotage de l'ARAA : elles concernent aussi bien les doses d'engrais minéral à apporter, que les formes d'engrais ou encore les rythmes d'apport et permettent de diffuser des conseils fiables en fonction du système de culture et du type de sol. En particulier, elles servent de support à l'animation des diverses opérations FERTI-MIEUX qui ont vu le jour en Alsace.

La méthode utilisée se base sur un bilan prévisionnel simplifié qui nécessite de paramétrer les termes de l'équation, et principalement les fournitures du sol, pour les différents types de sol et systèmes de culture existants en Alsace.

Dans le cadre de ce projet, l'objectif est de renforcer et de compléter le référentiel des fournitures d'azote par le sol, en intégrant des situations particulières pour lesquelles les références acquises jusqu'alors sont peu nombreuses et pourtant nécessaires pour bâtir un conseil solide : sols peu référencés, précédents particuliers.

La synthèse de ces 3 années est l'occasion de vérifier que les références retenues ne se modifient pas au cours du temps et d'y ajouter les nouvelles situations étudiées. De plus, cette synthèse permettra aussi de discuter de l'incidence du choix de telle ou telle référence sur le conseil final.

Par ailleurs, il avait été mis en évidence au cours des années antérieures que la méthode utilisée "fonctionnait" mal dans certains sols où semble apparaître une mauvaise valorisation de l'azote apporté par l'engrais. Ce thème a été étudié au travers d'essais "dose d'azote".

1 - LES FOURNITURES EN AZOTE DU SOL AU MAIS

1. Système céréalier

Une analyse de la base de données constituée par l'ARAA entre 1987 et 1998 a été réalisée, soit 782 résultats de témoins zéro, toutes situations confondues. Nous avons retenu ici les systèmes céréaliens, c'est-à-dire ceux dans lesquels le maïs suit un maïs ou un blé, sans apport de déjections animales. Les références qui comportent des déjections animales sont intégrées au projet A 1.1.

Il ressort de l'analyse que, dans les systèmes céréaliens, la grande majorité des résultats confirment la grille régionale qui sert à établir le conseil de fertilisation azotée des maïs. Celle-ci peut être affinée dans certaines situations.

- Jusqu'à présent, on avait retenu comme référence la valeur "moyenne - écart-type". Quand on recalcule cette valeur sur tous les résultats enregistrés depuis 1987, on a relativement peu d'écart entre la valeur du premier quintile et la référence régionale retenue jusqu'à présent. Là où il existe un écart significatif, la nouvelle valeur est plutôt inférieure à la référence. L'inconvénient de la méthode utilisée jusqu'alors est que l'écart-type est aussi sensible aux valeurs "anormalement" basses qu'à celles "anormalement" hautes et il a donc tendance à augmenter. C'est pourquoi il est sans doute plus juste de prendre comme référence le premier quintile (Q1).
- Par comparaison à cette valeur Q1, c'est-à-dire celle à laquelle 80% des résultats sont supérieurs, on a peu d'écart, sauf sur 3 types de sol. En effet, dans les Rieds bruns caillouteux, les Rieds gris et les limons argilo-sableux, la valeur du premier quintile est légèrement supérieure à la référence régionale, de 10 à 25 Unités. Cette différence justifie-t-elle une révision de la référence ?

- Sur loess et lehm sur loess, le grand nombre de références permet de préciser les chiffres à retenir par secteur géographique.

2. Précédents particuliers

Parmi les objectifs prioritaires du programme de 1996-1998, il y a la connaissance de l'utilisation de l'azote par le maïs dans certaines situations particulières peu référencées jusqu'alors, en particulier là où le maïs vient après une culture spéciale, telles le chou à choucroute, le tabac ou la pomme de terre.

Ces cultures laissent généralement beaucoup d'azote dans le sol pour le maïs qui va suivre ; soit que cet azote provienne de la décomposition de résidus de récolte riches en substances azotées (chou), soit qu'il ait pour origine une faible utilisation par la culture (tabac) de l'azote minéralisé dans le sol, conduisant à des reliquats après récolte élevés.

L'objectif ici est donc de quantifier ce surplus d'azote disponible pour la culture du maïs, afin d'en tenir compte dans le conseil de fumure.

Sur la durée de programme, de 96 à 98, 15 références 'précédent particulier' ont été acquises. Ces références ont été incluses à la base de données générale acquise depuis 1987 et ont permis de la renforcer sur cet aspect. Au total, nous avons 9 références après choux, 11 après tabac brun, 9 après jachère et 2 après pomme de terre.

Après chou, on peut raisonnablement compter sur un "arrière-effet chou" de + 40 Unités, par rapport à un précédent maïs.

Après tabac brun, que ce soit en loess ou en limon sablo-argileux, une réduction de fumure de 20 à 30 unités peut être conseillée.

Après jachère, les références de fournitures en azote sont rares et il n'y a pas de données au niveau national pouvant servir de point de repère. On observe dans les essais d'Alsace, que les fournitures en azote sont toujours plus élevées après une jachère qu'après un blé ou un maïs. Le surplus s'élève à 10 unités en sol de basse plaine rhénane, et plutôt à 20-30 unités en sols de Hardt.

2 - INCIDENCE DU CHOIX D'UN TYPE DE REFERENCE SUR LE CONSEIL

Jusqu'à présent, les conseils de dose d'azote sur maïs ont été donnés en retenant comme référence de fournitures du sol une valeur minimale, voisine de la valeur du 1^{er} quintile. Il est intéressant d'étudier l'incidence qu'aurait le choix de la valeur médiane en remplacement de cette valeur minimale.

Ce changement entraînerait une diminution des doses d'azote conseillées de 20 à 50 unités selon les sols.

Cette perspective paraît intéressante sur le plan strictement environnemental. Mais faire prendre un risque de sous-fertilisation de la culture 1 an sur 2 n'est pas acceptable pour l'agriculteur qui doit maintenir son rendement à l'optimum. La valeur du premier quintile, soit 80% des cas, conforme à la référence régionale actuelle, constitue une bonne base pour le raisonnement de la fertilisation azotée du maïs en Alsace.

Cette modification du choix de la référence peut aussi être testée en réutilisant tous les essais dose croissante d'azote qui ont été conduits en Alsace depuis 1987. Cela représente 52 essais sur tous types de sol, pour lesquels, en absence de facteur limitant, on peut dégager une dose 'optimale' d'azote qui est celle qui permet d'obtenir le rendement maximum.

Pour chaque essai, on peut a posteriori recalculer la dose d'azote que l'on conseillerait pour le rendement optimal obtenu, et ce de 2 façons : soit avec la référence de fournitures minimales, soit avec la référence de fournitures médianes.

La comparaison de cette valeur avec la dose 'optimale mesurée' dans les divers essais indique qu'à 20 U près, de nombreuses situations se retrouvent en "surfertilisation". Le remplacement des fournitures minimales par les fournitures médianes fait passer :

- le % de surfertilisation de 65 à 44,
- le % de dose ajustée de 19 à 33,
- le % de sous-fertilisation de 15 à 23.

Cela montre qu'en matière de fertilisation azotée du maïs en Alsace, il existe encore une marge de progrès. Toutefois, comme la méthode prévisionnelle du bilan n'est pas très précise (dose calculée théorique), il subsiste un risque de sous-fertilisation que l'on ne peut pas maîtriser et que les maïsiculteurs ne sont sans doute pas prêts à accepter.

3 - LA VALORISATION DE L'AZOTE EN SOLS DIFFICILES

OBJECTIFS ET METHODES

Il s'agit de :

- comprendre la dynamique de l'azote en situation difficile, en particulier dans les sols hydromorphes et séchants sur alluvions vosgiennes,
- définir une dose " optimale " qui servira de base pour le raisonnement de la fertilisation azotée.

Quatre essais ont été réalisés dans la zone du Piémont des Vosges, sur des sols limono-sablo-argileux plus ou moins sensibles à l'hydromorphie.

Les doses retenues encadrent la dose de 160 unités, qui représente la dose couramment pratiquée dans ce type de sol.

RESULTATS ET CONCLUSION

Les résultats acquis sur les 4 essais montrent que :

- les fournitures du sol sont fortes ;
- le potentiel de rendement paraît assez élevé, compte tenu de la situation non irriguée et du type de sol ;
- le coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU) est médiocre, sauf en 98 où le rendement atteint est particulièrement élevé ;
- la dose d'engrais optimale est variable, mais dans tous les cas, inférieure ou égale à 160 U. On peut retenir ce chiffre comme recommandation maximale.

Les profils culturaux réalisés mettent en évidence des zones tassées à 30 cm sous la semelle de labour, et un enracinement développé jusqu'à 60 cm de profondeur, mais sans exploration importante par le système racinaire au-delà, et cela avec ou sans apport d'engrais.

Plusieurs hypothèses permettent d'expliquer cette mauvaise valorisation de l'azote :

- la sensibilité au tassement des sols, peu favorable pour une bonne installation et une bonne prospection du système racinaire ;
- un engorgement en eau du sol au printemps en 96 et 97 ; cet excès d'eau à un moment donné a créé des conditions asphyxiantes défavorables au développement du système racinaire et au bon fonctionnement de la plante ;
- cette hydromorphie momentanée a peut-être également créé des conditions favorables à la dénitrification d'une partie de l'azote du sol. Nous n'avons cependant pas les moyens de le vérifier, mais cette hypothèse expliquerait en partie le défaut de bilan important de 96 ;
- la relative acidité des sols, qui conduit à un blocage de l'azote et donc une mauvaise utilisation.

SYNTHESE GENERALE DE LA PARTIE A 1

Ces 3 années du programme ITADA A 1.4 sur la fertilisation azotée du maïs en Alsace ont permis de constituer des références qui complètent celles acquises depuis 1987.

En ce qui concerne les fournitures en azote du sol, ce rapport final reprend l'ensemble des données. Il montre que les références utilisées jusqu'à présent sont pour l'essentiel confirmées : la valeur 'moyenne - écart-type' actuellement utilisée est voisine de celle du 1^{er} quintile, Q1, c'est-à-dire celle à laquelle 8 valeurs sur 10 sont supérieures. On pourrait envisager dorénavant de retenir plutôt cette valeur Q1, statistiquement plus stable que la valeur 'moyenne - écart-type'.

Si on remplaçait cette valeur minimale (Q1) par la valeur médiane, on diminuerait les doses conseillées aux agriculteurs de 20 à 50 unités selon les types de sol. Ces nouvelles doses seraient sans doute difficilement applicables par les agriculteurs, car elles leur donneraient le sentiment de prendre un risque de perte de rendement 1 an sur 2. Sur les essais des 10 dernières années, cette sous-fertilisation n'apparaît que dans 23% des cas (et non 50%). Cela est-il encore trop élevé pour les producteurs de maïs ?

Les fournitures en azote du sol après certains précédents sont beaucoup plus élevées que celles après blé ou maïs, références utilisées dans le conseil de dose. La prise en compte de tels précédents doit conduire à réduire les doses d'azote minéral de 20-30 unités après jachère ou tabac brun, et de 40-50 unités après choux à choucroute.

Dans les sols du Piémont des Vosges, l'utilisation de l'azote par le maïs n'est pas optimale. Nous avons montré que cela n'est pas dû à un défaut de fournitures du sol, - au contraire, celles-ci sont très élevées - mais à une mauvaise valorisation de l'engrais apporté (CAU faible). Les hypothèses sur les raisons de ces mauvaises valorisations - hydromorphie des sols, sensibilité au tassement, engorgement, acidité du sol - n'ont pu être clairement établies. Des suivis de minéralisation et de devenir de l'engrais en sol nu apporteraient des compléments intéressants.

Les références établies ou confirmées dans ce programme continueront à alimenter les conseils donnés aux agriculteurs, en particulier dans les opérations FERTI-MIEUX. Il reste à :

- confirmer certaines références pour lesquelles le nombre de cas est encore trop faible,**
- continuer à utiliser le support de communication que représente un témoin non fertilisé pour convaincre les agriculteurs du bien-fondé des conseils,**
- rechercher des explications sur la mauvaise valorisation de l'azote dans certaines situations ; cela permettra d'affiner le conseil actuel d'une dose maximale assurant toutes les situations mais souvent trop généreuse.**

A. MISE AU POINT DE SYSTEMES COLLECTIFS DE CONSEIL

A.2 : POUR LE BLE

1. Position du problème et objectifs

Bien qu'en diminution, le blé d'hiver représente toujours la 2^{ème} culture en surface de la plaine du Rhin, et la maîtrise de sa fertilisation azotée est nécessaire pour limiter les pertes de nitrates sous les parcelles agricoles. Cette maîtrise passe par le calcul d'une dose d'azote ajustée aux besoins de la culture. Ce calcul est basé sur une méthode du bilan qui nécessite la mesure d'un reliquat d'azote minéral présent dans le sol à la sortie de l'hiver, RSH, et l'estimation de différents postes de minéralisation. La mesure de RSH est contraignante et relativement peu pratiquée en Alsace. Il est proposé de déterminer à quelles conditions la mesure de RSH sur un réseau de parcelles représentatives permet d'en utiliser les résultats de façon collective. On utilisera les données acquises dans le Bade-Wurtemberg, où cette mesure est réalisée beaucoup plus fréquemment, pour tester les hypothèses formulées.

En Alsace, il s'agit de développer un conseil collectif sur blé à partir de la mesure du reliquat sortie hiver, en s'intéressant à la mise au point agronomique et logistique. Pour le Bade-Wurtemberg, il s'agit plutôt d'étudier ce qu'on pourrait tirer des données enregistrées au cours des ans (voir chapitre B).

2. Méthodes adoptées

2.1. Constitution d'un fichier avec les mesures de RSH réalisées sur blé depuis 1992

Pour limiter les sources de variation, il a été choisi de ne retenir en Alsace qu'un nombre réduit de systèmes de cultures et de types de sols, et de s'affranchir des variations climatiques en se concentrant sur un secteur géographique. Le secteur retenu est la vallée et les collines de la Zorn, situées au Nord-Ouest de Strasbourg, où se déroule une opération FERTI-MIEUX de réduction des pertes de nitrates agricoles. Cette opération a besoin de références pour conseiller les agriculteurs.

Les types de sols retenus sont les limons sains et les lehms.

Dans les systèmes de culture sans déjections animales, on retient principalement les précédents maïs-grain et betteraves sucrières. Dans les systèmes de culture avec déjections animales, on retient le précédent maïs-ensilage.

Le fichier comporte pour chaque mesure de RSH : le type de sol - la profondeur de sol - le précédent - la dose d'azote et le rendement du précédent - le régime des restitutions organiques (apports de déjections animales, résidus de cultures enfouis ou exportés).

Au cours des années 96 à 98, cette base de données a été complétée par une soixantaine de mesures par an.

L'analyse d'un tel fichier doit permettre d'identifier les principaux facteurs de variation du RSH.

2.2. Validation de AZOBIL

La mesure du RSH est utilisée pour calculer la dose d'azote à apporter grâce au logiciel AZOBIL. Il est nécessaire de valider le résultat du calcul dans quelques cas.

Sur le réseau d'essais ainsi constitués, on comparera les méthodes de calcul AZOBIL et NID, méthode utilisée dans le Bade-Wurtemberg.

Le protocole des expérimentations figure en annexe.

3. Résultats sur RSH

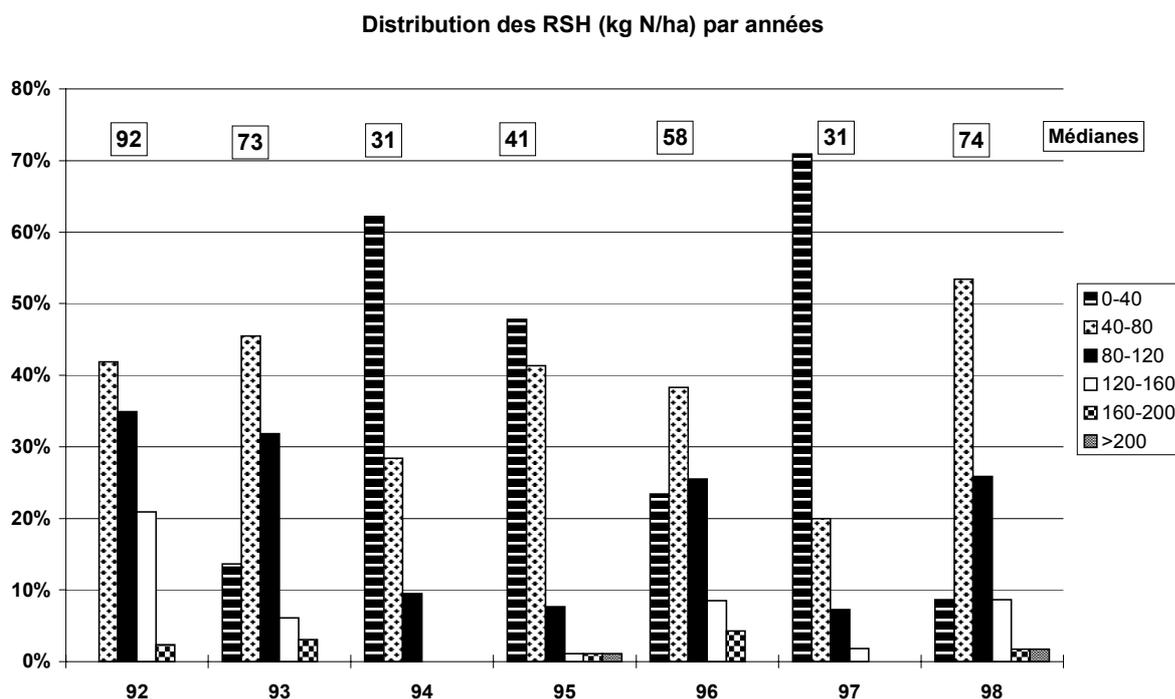
Les analyses de fichiers n'ayant pu être conduites de la même façon en France et en Allemagne, nous allons présenter dans un premier temps les résultats français ; puis nous vérifierons et compléterons les conclusions avec les résultats badois.

3.1. Les RSH alsaciens

Nous disposons au final de **435 mesures** de RSH, obtenues sur 8 années différentes dans la région de la Zorn. Conformément à nos attentes, les 2 types de sols les plus représentés sont les loess et les lehms, et les précédents les plus représentés les maïs grain et les maïs ensilage.

Le graphique 1 montre la distribution des RSH mesurés année par année. On observe des différences importantes entre ces distributions et de fortes variations de la valeur médiane annuelle.

Graphique 1



Afin d'avoir un nombre suffisant de mesures par situation, nous n'avons conservé que les résultats obtenus sur les loess et les lehms, pour les précédents betteraves sucrières, colza, maïs grain, maïs ensilage et tournesol. Cela représente **396** des 435 résultats initiaux.

3.1.1. Analyse globale du fichier

Le fichier ainsi constitué permet d'étudier les effets "année", "type de sol", "apports de déjections animales" et "précédent".

Nous les avons analysés en comparant les moyennes obtenues en isolant chacune des variables et en leur appliquant un test statistique (test de Fisher à 5%).

Le tableau 1 donne les résultats chiffrés relatifs aux analyses effectuées année par année.

Cette méthode met en évidence un effet "année" très net et un effet "précédent" moins marqué. Le type de sol et le régime de restitutions organiques ne permettent pas quant à eux de discriminer les résultats. Il est probable que les sols de loess et de lehm soient trop peu différents au regard du RSH pour induire des différences notables.

On constate que l'effet "précédent" ne s'exprime que les années où les reliquats sont assez élevés (1992, 1993, 1996 et 1998). Les années à faibles reliquats, tous les résultats sont beaucoup plus proches les uns des autres.

Tableau 1 - Niveau du reliquat sortie hiver mesuré sur blé en kg N/ha selon différents critères

Critères	1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		Tous	
	Nb	Moyenne	Nb	Moyenne	Nb	Moyenne	N	Moyenne	Nb	Moyenne	Nb	Moyenne	Nb	Moyenne	Nb	Moyenne
Tous	39	92	63	74	65	38	86	42	47	73	49	37	47	74	396	58
selon le précédent	1	92	10	65	8	33	12	46	1	86	6	43	5	72	43	53
	2	82	2	128	1	49	4	46	2	137	3	47	1	95	15	78
	21	102	30	71	38	38	44	40	29	66	32	34	34	71	228	57
	11	87	14	86	16	43	17	52	13	75	8	42	6	90	85	66
Tournesol	4	57	7	60	2	29	9	28	2	110	0	-	1	68	25	50
Analyse statistique	S		S		NS		NS		S		NS		S		S	
Régime organique	12	85	26	85	15	42	27	33	19	76	14	36	15	66	128	60
	27	95	37	66	50	37	59	47	28	72	35	38	32	78	268	58
Analyse statistique	NS		S		NS		(S)		NS		NS		NS		NS	
Type sol	31	93	56	75	57	40	76	42	37	74	33	40	37	71	327	59
	8	88	7	66	8	24	10	42	10	71	16	33	10	84	69	56
Analyse statistique	NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS	

Nb : nombre de cas
 BS : betteraves sucrières
 MG : maïs grain
 ME : maïs ensilage
 NS : non significatif
 S : significatif
 (S) : significatif à 5% mais pas à 1%

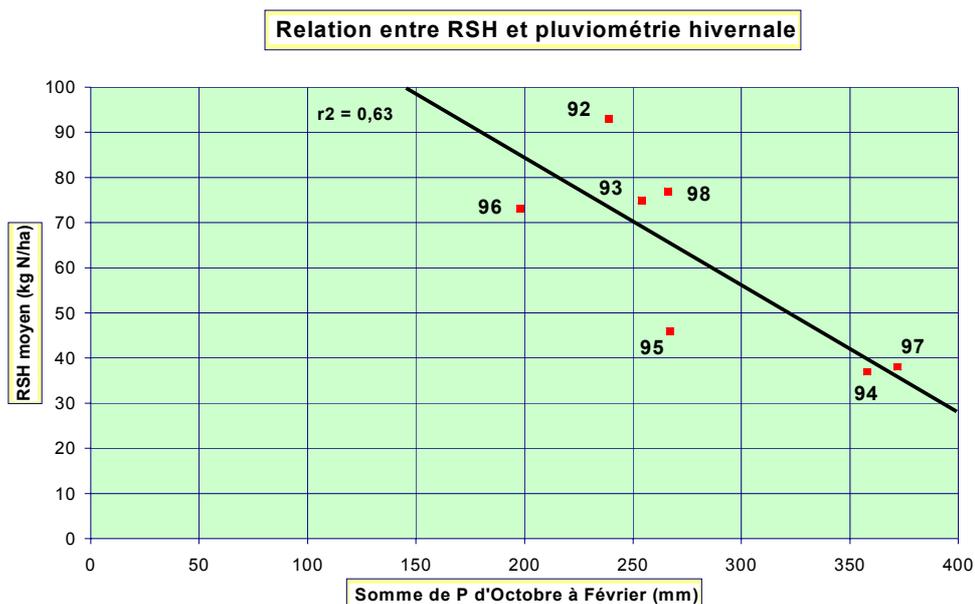
3.1.2. Analyse de l'effet "année"

On peut supposer qu'un des principaux facteurs explicatifs du niveau de reliquat sortie hiver est la pluviométrie hivernale : en effet, plus l'hiver est pluvieux, plus l'azote minéral présent dans le profil à l'entrée de l'hiver est susceptible de migrer en profondeur et moins il en restera en sortie d'hiver.

Nous avons testé cette hypothèse en associant à chaque mesure de RSH la somme des pluies d'octobre à février, enregistrées au poste météorologique le plus proche.

Lorsqu'on met en relation la moyenne de cet indice et la moyenne des RSH mesurés tous systèmes confondus (graphique 2), on constate un relatif bon alignement des mesures. En particulier, les résultats faibles des années 1994 et 1997 s'expliquent par un hiver très pluvieux : l'azote présent à l'automne a pu migrer en profondeur. Des hivers relativement secs comme 96 et 92 conduisent à des niveaux moyens de reliquats élevés.

Graphique 2

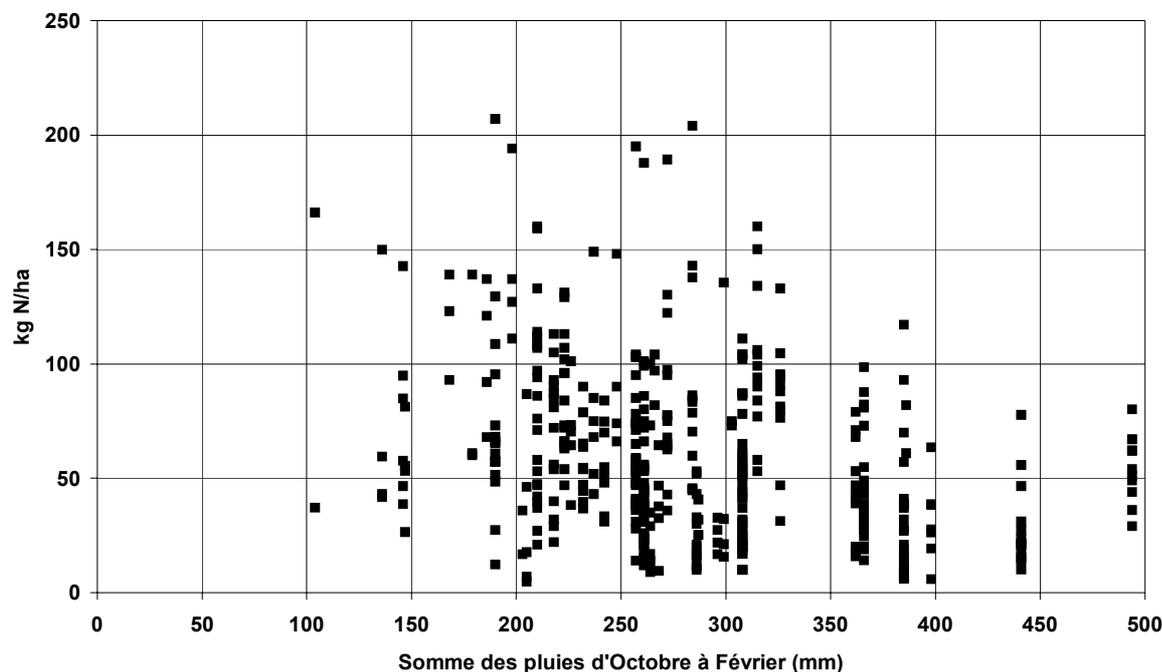


La relation entre RSH et pluviométrie reste néanmoins assez lâche, comme le montre le graphique 3 de la page suivante, sur lequel on a reporté l'ensemble des observations.

Par ailleurs, on sait que le niveau de reliquat sortie hiver peut également dépendre de la minéralisation hivernale, qui elle-même sera principalement conditionnée par les températures de l'hiver. Nous avons donc testé cette hypothèse en mettant en relation le niveau moyen des reliquats avec le niveau moyen des sommes de température en base 0 d'octobre à février. La relation obtenue est tout à fait inverse de celle attendue : on peut en conclure que la température a une influence beaucoup moins forte que la pluviométrie et que l'indicateur choisi est trop grossier pour le mettre en évidence. Il serait sans doute nécessaire d'avoir une approche plus fine des périodes ayant permis la minéralisation.

Graphique 3

RSH et pluviométrie



3.1.3. Analyse de l'effet "précédent"

Nous avons déjà vu que l'effet "précédent" ne s'exprime que les années où les niveaux de reliquat sortie hiver sont suffisamment élevés. En regroupant les 4 années où cet effet s'est manifesté (1992, 1993, 1996 et 1998), on obtient 196 résultats, sur lesquels on vérifie qu'il n'y a pas d'effet "sol" ni d'effet "régime organique". Par contre, il existe un effet année, la moyenne de 92 étant significativement supérieure à celle des 3 autres années. Le tableau 2 donne les résultats moyens de reliquats pour les 4 années ensemble ainsi que pour les groupes où l'effet année n'est pas sensible. Cette distinction ne modifie pas le sens général des variations.

Tableau 2 - Reliquat sortie hiver moyen selon le précédent

Précédent	Années 1992, 1993, 1996 et 1998		Année 1992		Années 1993, 1996 et 1998	
	Nombre	Valeur moyenne du RSH kg N-NO3/ha	Nombre	Valeur moyenne du RSH kg N-NO3/ha	Nombre	Valeur moyenne du RSH kg N-NO3/ha
Betteraves sucrières	17	70	1	92	16	69
Colza	7	113	2	82	5	125
Maïs grain	114	75	21	102	93	69
Maïs ensilage	44	84	11	87	33	82
Tournesol	14	67	4	57	10	71
Tous	196	77	39	92	157	74

Ces moyennes selon le précédent sont significativement différentes les unes des autres. C'est après tournesol que les reliquats sont les plus faibles, et après colza qu'ils sont les plus élevés. Entre les précédents maïs grain et maïs ensilage, la différence est d'une dizaine d'unités en faveur du maïs ensilage. Cela s'explique sans doute par une immobilisation plus importante d'azote par les cannes de maïs grain.

3.1.4. Conclusion sur RSH

Le niveau moyen de RSH sur blé en sol limoneux est très dépendant de la pluviométrie hivernale et peut être approché grâce à un indicateur simple "somme des pluies d'Octobre à Février". Pour une année donnée et si l'hiver n'a pas été trop pluvieux, RSH dépend aussi du précédent. Les différences entre des types de limons et le régime de restitutions organiques apparaissent avoir une incidence moins forte sur le niveau moyen. Les données disponibles sont insuffisantes pour aller plus loin dans l'analyse : il serait en particulier nécessaire de pouvoir identifier a priori les parcelles où de forts écarts à la moyenne sont prévisibles. Un bilan entrée-sortie d'azote du précédent apporterait sans doute des éléments intéressants pour répondre à cette question. Les données disponibles ne nous permettent pas de tester cette hypothèse.

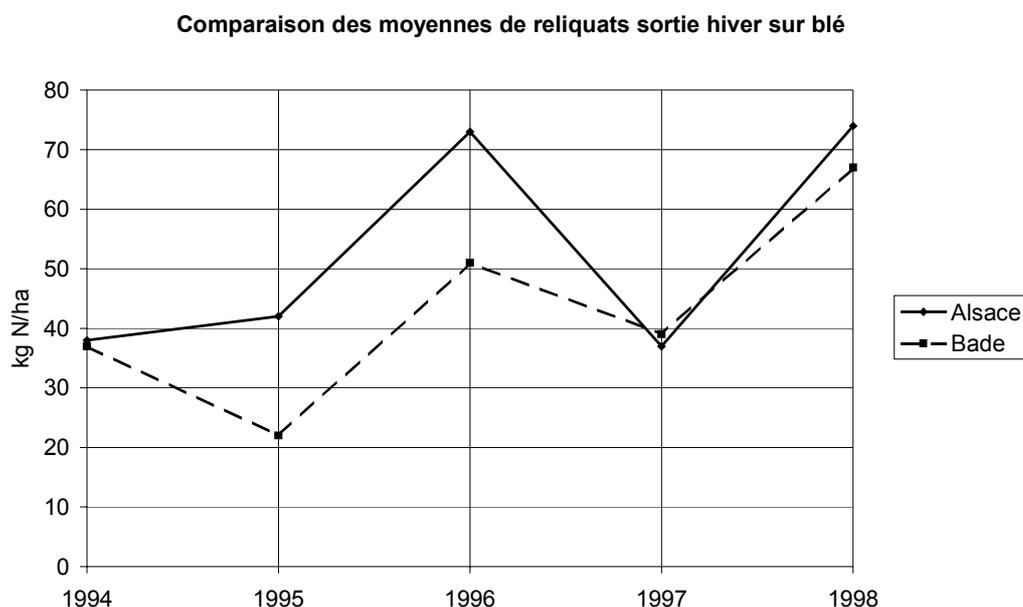
3.2 Les RSH badois

Du côté allemand, on a pu rassembler 462 mesures de reliquats sortie hiver sur blé, issues de 5 années (1994 à 1998). Ces mesures ont été réalisées dans la vallée rhénane, depuis la région de Ortenau au nord à celle de Lörrach au sud, en passant par les secteurs d'Emmendingen, Freiburg et Breisgau-Hochschwarzwald.

Des moyennes ont été calculées globalement et selon certains critères. Elles figurent dans le tableau 3. Les chiffres entre parenthèses correspondent à des effectifs faibles et sont donc à considérer prudemment.

On constate, comme en Alsace, que le niveau moyen de reliquat dépend fortement de l'année. Le graphique 4 montre de plus que les variations d'une année à l'autre se suivent (sauf en 1995) entre les 2 régions.

Graphique 4



Ne disposant pas dans le fichier du même type de données climatiques, nous ne pouvons pas tester l'hypothèse du rôle prédominant de la pluviométrie hivernale. La concomitance des variations nous permet néanmoins de la retenir.

Considérons 1996 et 1998, les 2 seules années où le niveau de reliquat est suffisamment élevé pour que l'on puisse voir apparaître des différences. On observe que l'incidence de différents facteurs est contrastée suivant ces 2 années. Par exemple, pour les 2 précédents dont l'effectif est suffisant (avoine et maïs grain), le reliquat moyen 1996 après avoine est supérieur à celui après maïs, alors que c'est l'inverse en 1998. Il en va de même pour la présence d'un élevage et le devenir des résidus du précédent. Seuls la valeur agronomiques des parcelles et le mode de semis sembleraient induire des différences de même sens entre les résultats. On trouverait des niveaux de reliquats plus élevés sur les parcelles à forte valeur agronomique, mais cela n'est pas confirmé par les années 1994 et 1997, à reliquat moyen un peu plus faible. De même, on mesurerait des reliquats plus élevés avec un semis conventionnel qu'avec un semis sous mulch ; mais là encore, cette tendance n'est pas confirmée par les années 1994 et 1997. Cela pourrait peut-être s'expliquer par le fait qu'en année plus pluvieuse, donc à reliquat en moyenne plus faible, la technique du mulch modifie le bilan hydrique et réduit les pertes.

Seule une analyse statistique à l'intérieur d'un groupe où l'effet année ne se manifeste plus permettrait d'affiner cette analyse.

Tableau 3 - Moyennes de reliquats sortie hiver sur blé selon les années (kg N/ha)

	1994	1995	1996	1997	1998	Moyenne
global	37	22	51	39	67	43
Selon le précédent						
Blé hiver						
Avoine	20	15	60	28	44	33
Colza hiver	38	11	60			(36)
Pom. de terre		14	73	42	26	(39)
Trèfle blanc	42			39	74	(52)
Maïs ensilage	31		57	47	66	(50)
Maïs grain	38	25	43	36	77	44
jachère	27	35				(31)
Selon la présence d'élevage sur l'exploitation						
Pas d'info	38	28	84	44		49
Pas d'élevage	46	21	37	36	94	47
bovins	33		57	45	56	48
porcs	37	20	48	36	48	38
mélange		15	31	33	64	(36)
volailles			134			(134)
Selon le type de sol						
léger		44		32	32	(36)
moyen	39	21	53	39	68	44
lourd	34		46	42	74	(49)
humifère						
Selon la valeur agronomique (Ackerzahl) de la parcelle						
aucune donnée	31	20	50			(34)
1 - 40			51	39		(45)
41 - 60	58	23	50	42	66	48
61 - 100	38	22	53	37	76	45
Selon le mode de semis de la culture						
sous mulch	40	26	45	46	50	41
conventionnel	36	22	54	37	70	44

Selon la fertilisation appliquée à l'automne						
aucune	36	22	51	39	67	43
N mineral			74	34	125	(78)
Lisier	41	22	45	41		(37)
fumier		20				(20)
Selon le devenir des résidus du précédent						
enlevés	30	20	61	42	49	40
non enlevés	38	22	50	37	72	44

L'analyse rapide du fichier badois tend à confirmer les conclusions issues du fichier alsacien : incidence prépondérante de l'année avant le précédent, les effets "sol" et "régime organique" demandant probablement des outils plus fins d'analyse.

4. Test d'AZOBIL

4.1. Les données disponibles

De 1996 à 1998, 24 parcelles ont été suivies avec le protocole défini (voir annexe).

Ces 24 essais ont été implantés sur des types de sol comparables : il s'agit de limons profonds, en général sains et non calcaires.

Les essais étant conduits en bandes, nous ne pouvons faire d'analyse statistique et nous n'avons considéré comme significative que les différences de rendement supérieures à 3 q/ha.

4.2. Les résultats

L'ensemble des résultats figure dans le tableau 4.

4.2.1. Rendement objectif et rendement atteint

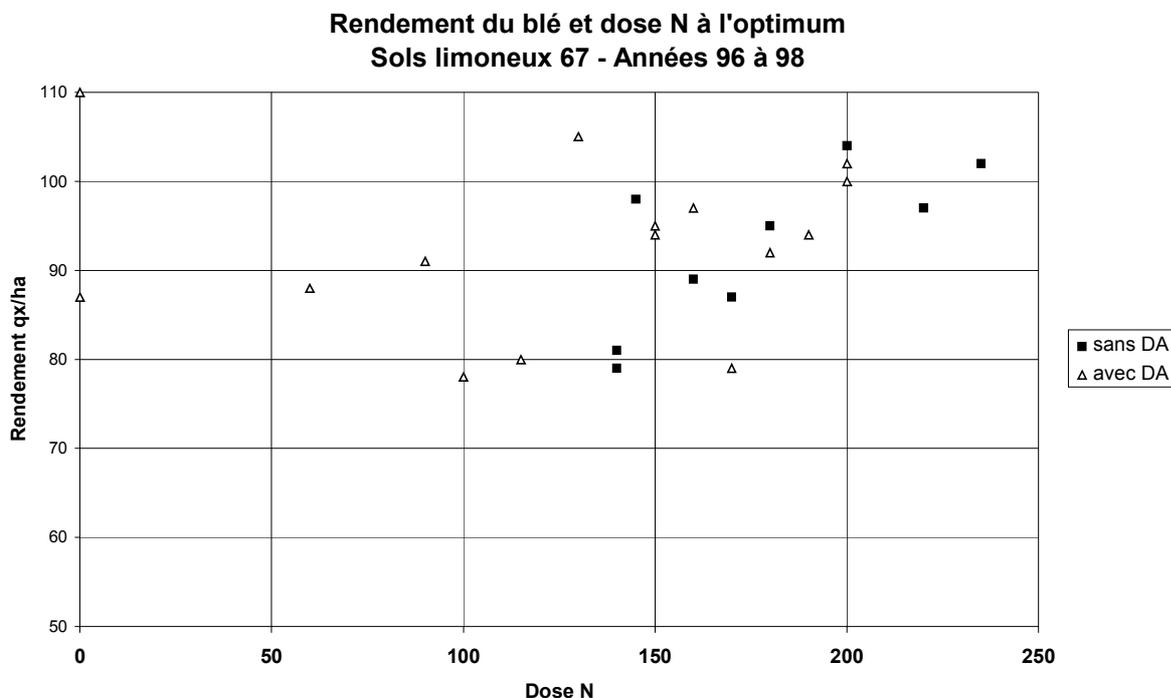
Sur 24 essais, le rendement objectif a toujours été atteint. Dans 18 cas sur 24, il a même été dépassé de plus de 5 quintaux. Les années 96 à 98 ont, de façon générale, constitué de bonnes années pour le blé en Alsace et des niveaux de rendements élevés ont pu être atteints.

Le rendement obtenu à la dose X est toujours égal ou supérieur au rendement objectif : on peut en conclure, qu'entre 96 et 98, les doses X calculées ont toujours été excédentaires par rapport à l'objectif de rendement visé.

4.2.2. La dose optimale

Pour des rendements optimaux variant de 78 à 110 q/ha, la dose optimale varie de 0 à 235 U.

Graphique 5



Une liaison plus nette entre dose d'azote et rendement apparaît pour les systèmes de culture sans déjections animales.

Tableau 4 - Les essais blé de 1996 à 1998

N°essai	Commune	Objectif rendement	Précédent	Engrais vert O/N	DA O/N	Type de DA	Type de sol	Prof. sol	Reliquat 0-30	Reliquat 30-60	Reliquat 60-90	Reliquat 0-90
96-1	Weitbruch	75	Maïs-grain	N	N		limon	90	17	20	18	55
96-10	Hochstett	80	Maïs ensilage	N	O	Lisier bovin 60m3 tous les 3ans	lehm sur loess	90	14	16	20	50
96-16	Rohr	85	Maïs-grain	N	O		loess	90	12	13	10	35
96-18	Rohr	85	Maïs-grain	N	N		loess	90	38	70	57	165
96-2	Rottelsheim	70	Maïs-grain	N	N		lehm sur loess	90	6	14	16	36
96-32	Hochfelden	80	Maïs-grain	N	N		colluvions de limon	90	16	11	15	42
96-33	Gottesheim	80	Maïs ensilage	N	O		limon sablo-argileux	60	13	8	6	27
96-36	Gingsheim	80	Maïs ensilage	N	O		limon argileux sur marnes	90	31	30	33	94
96-38	Printzheim	80	Maïs ensilage	N	O		lehm	90	31	46	35	112
96-7	Huttendorf	80	Maïs ensilage	N	O	Fumier bovin 40t/ha tous les 4-5 ans	loess	90	19	17	12	48
96-9	Hochstett	80	Maïs-grain	N	O	Fumier bovin 50t/ha tous les 2-3 ans	lehm sur loess	90	18	16	18	52
97-36	Hochstett	80	Maïs ensilage	N	O	Fumier bovins 80t il y a 3a + lister 60m3 il y a 2a	lehm sur loess	90	7	8	11	26
97-38	Huttendorf	75	Maïs-grain	N	N		limon battant	90	10	4	7	21
97-41	Weyersheim	80	Maïs-grain	N	N		limon	90	5	21	13	39
97-45	Schwindratzheim	80	Maïs ensilage	N	O	Fumier bovins-80t/ha tous les 4 ans	limon argileux	90	10	25	35	70
97-8	Melsheim	80	Betteraves sucrières	N	O	Fumier bovin - 10t/ha tous les 3 ans	limon	90	20	34	44	98
98-01	Wolschheim	80	Maïs-grain	N	O	Fumier bovins - 80t/ha tous les 2-3ans	limon argileux	90	31	22	29	82
98-02	Gimbrett	85	betteraves sucrières	N	O	Fumier bovins - 60t/ha tous les 2 ans	loess	90	23	25	17	65
98-03	Hochstett	85	Maïs ensilage	N	O		lehm sur loess	90	31	37	65	133
98-04	Huttendorf	85	Maïs-grain	N	N		lehm sur loess	90	29	17	17	63
98-05	Pfettisheim	80	Maïs-grain	N	N		loess	90	14	9	17	40
98-06	Rohr	80	Maïs ensilage	N	O	Fumier bovins - 55t/ha tous les 2-3ans	loess	90	20	15	20	55
98-07	Niederschaeflolsheim	70	Maïs-grain	N	N		limon sableux	90	15	9	7	31
98-08	Wickersheim	90	Maïs ensilage	N	O		limon argileux hydromorphe	90	25	27	27	79

Tableau 4 (suite) - Les résultats des essais blé de 1996 à 1998

Essai	Hypothèses essais		Résultats de l'essai				Résultats du test			
	Objectif rendement	Dose X	Rendement obtenu à la dose X	Rendement optimal	Dose N optimale	N absorbé par le T0	RSH mesuré	RSH estimé	Dose X simulée	Dose NID
96-1	75	180	90	97	220		55	66	170	150
96-10	80	150	86	93	190		50	79	120	158
96-16	85	200	104	104	200		35	66	170	176
96-18	85	100	90	88	60		165	66	200	60
96-2	70	195	92	102	235		36	66	165	156
96-32	80	200	91	89	160		30	66	165	176
96-33	80	170	79	79	170		21	79	115	181
96-36	80	110	80	94	150		70	79	100	124
96-38	80	100	78	78	100		90	79	110	96
96-7	80	160	97	97	160		48	79	130	160
96-9	80	160	98	102	200		52	66	145	136
97-36	80	160	93	100	200	109	26	47	140	182
97-38	75	180	95	95	180	123	21	34	165	175
97-41	80	180	81	79	140	176	39	34	185	169
97-45	80	180	92	92	180	210	70	47	200	148
97-8	80	120	90	87	0	248	98	34	185	70
98-01	80	130	88	91	90	234	82	71	140	116
98-02	85	130	105	105	130	117	65	71	125	126
98-03	85	65	103	110	0	272	100	84	80	78
98-04	85	185	97	98	145	171	63	71	175	158
98-05	80	210	85	87	170	144	40	71	180	168
98-06	80	155	81	80	115	131	55	84	125	153
98-07	70	180	81	81	140	59	31	71	140	161
98-08	90	150	95	95	150	102	65	84	130	165
Médiane	80	160	91	94	155	144	54	71	143	157
Moyenne	80	156	90	93	145	161	59	66	148	143
Min	70	65	78	78	0	59	21	34	80	60
Max	90	210	105	110	235	272	165	84	200	182
Ecart-type	5	37	8	9	61	64	32	16	32	36

Tableau 4 (suite) - Les résultats des essais blé de 1996 à 1998

Essai	Ecartés					Commentaires			
	Rdt optimal -rdt objectif	Rdt doseX -rdt objectif	Dose X - dose simulée	Dose optimale - dose X	Dose optimale -dose simulée	Dose optimale -dose NID	Dose X	Dose simulée	Dose NID
96-1	22	15	10	40	50	70	sous fertil.	sous fertil.	sous fertil.
96-10	13	6	30	40	70	32	sous fertil.	sous fertil.	sous fertil.
96-16	19	19	30	0	30	24	juste	sous fertil.	sous fertil.
96-18	3	5	-100	-40	-140	0	surfertil.	surfertil.	juste
96-2	32	22	30	40	70	79	sous fertil.	sous fertil.	sous fertil.
96-32	9	11	35	-40	-5	-16	surfertil.	juste	juste
96-33	-1	-1	55	0	55	-11	juste	sous fertil.	juste
96-36	14	0	10	40	50	26	sous fertil.	sous fertil.	sous fertil.
96-38	-2	-2	-10	0	-10	4	juste	juste	juste
96-7	17	17	30	0	30	0	juste	sous fertil.	juste
96-9	22	18	15	40	55	64	sous fertil.	sous fertil.	sous fertil.
97-36	20	13	20	40	60	18	sous fertil.	sous fertil.	juste
97-38	20	20	15	0	15	5	juste	juste	juste
97-41	-1	1	-5	-40	-45	-29	surfertil.	surfertil.	surfertil.
97-45	12	12	-20	0	-20	32	juste	juste	sous fertil.
97-8	7	10	-65	-120	-185	-70	surfertil.	surfertil.	surfertil.
98-01	11	8	-10	-40	-50	-26	surfertil.	surfertil.	surfertil.
98-02	20	20	5	0	5	4	juste	juste	juste
98-03	25	18	-15	-65	-80	-78	surfertil.	surfertil.	surfertil.
98-04	13	12	10	-40	-30	-13	surfertil.	surfertil.	juste
98-05	7	5	30	-40	-10	2	surfertil.	juste	juste
98-06	0	1	30	-40	-10	-38	surfertil.	juste	surfertil.
98-07	11	11	40	-40	0	-21	surfertil.	juste	surfertil.
98-08	5	5	20	0	20	-15	juste	juste	juste
Médiane	13	11	15	0	3	1			
Moyenne	12	10	8	-11	-3	2			
Min	-2	-2	-100	-120	-185	-78			
Max	32	22	55	40	70	79			
Ecart-type	9	7	34	41	64	38			

Sur les 24 essais, 6 ont conduit à un rendement proche de l'objectif. Sur ces 6 résultats, AZOBIL a donné la juste dose dans 3 cas et a conduit à une surfertilisation (c'est-à-dire que l'objectif de rendement était déjà atteint pour une dose d'azote inférieure à la dose calculée) dans 3 cas.

Sur les 18 essais où le rendement obtenu a été supérieur au rendement prévu, la dose X calculée par AZOBIL :

- a été la juste dose dans 5 cas /18,
- a été excédentaire dans 7 cas/18,
- n'a pas permis d'atteindre le rendement maximal permis par la parcelle (sous-fertilisation) dans 6 cas/18.

Globalement, la dose AZOBIL conduit à :

- 8 cas/24 de "juste dose",
- 10 cas/24 de surfertilisation,
- 6 cas/24 de sous-fertilisation.

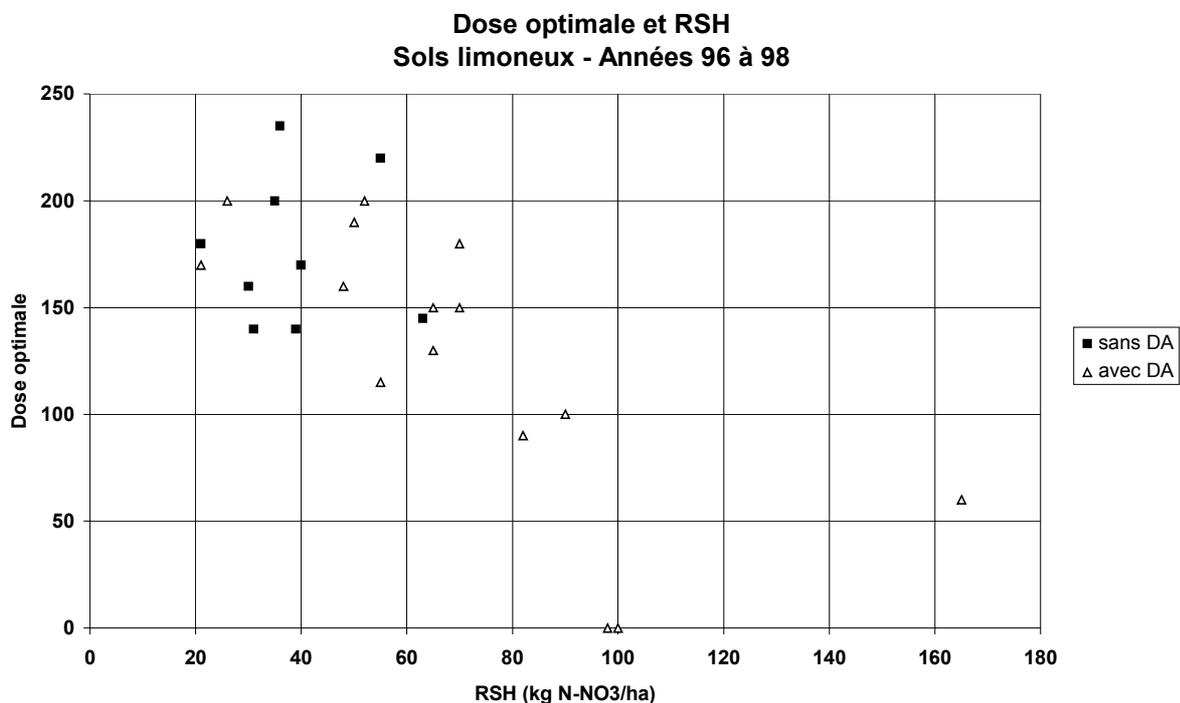
Notons que les cas de sous-fertilisation correspondent tous à des situations où l'objectif de rendement a été largement dépassé, de +13 à +32 q/ha.

De façon générale, on peut donc conclure que la méthode AZOBIL telle qu'elle est utilisée en Alsace ne conduit pas à une dose d'azote restrictive et tend plutôt à surfertiliser.

4.2.3. Dose optimale et RSH

La dose optimale tend à décroître lorsque le reliquat sortie hiver augmente mais la liaison est lâche ($r^2=0,51$).

Graphique 6



4.2.4. Calculs avec RSH moyen

La recherche des principaux facteurs influençant le reliquat sortie hiver avait pour but de déterminer si on peut remplacer une mesure réelle par une estimation de la valeur mesurée. Le réseau de 24 essais permet de tester cette hypothèse. En effet, nous avons démontré que, pour une année donnée, c'est le précédent cultural qui a, en moyenne, l'incidence la plus forte, le type de sol et le régime de restitutions organiques ayant des effets plus variables. On va donc remplacer la mesure par la moyenne des mesures réalisées pour le précédent maïs grain, modulée par l'écart mis en évidence lors de l'analyse de l'effet précédent (tableau 5).

Tableau 5 - Reliquats sortie hiver estimés en kg N/ha

Année	1996	1997	1998
Précédent			
Maïs grain	66	34	71
Maïs ensilage	66 + 13 = 82	34 + 13 = 47	71 + 13 = 84
Betteraves sucrières	66 + 0 = 66	34 + 0 = 34	71 + 0 = 71

AZOBIL permet de calculer une nouvelle dose X simulée : on constate que cette dose simulée s'écarte de la dose AZOBIL de -95 U à + 50 U. Les plus forts écarts sont bien évidemment enregistrés sur les sites où le reliquat mesuré s'écarte fortement de la moyenne ; il faudrait pouvoir prévoir a priori ces situations. En moyenne, la dose simulée est inférieure à la dose X.

Le classement de la dose en "juste", "surfertilisé" et "sous-fertilisé" est modifié pour 7 cas sur 24. Globalement, la dose simulée conduit à :

- 9 cas/24 de "juste dose",
- 6 cas/24 de surfertilisation,
- 9 cas/24 de sous-fertilisation.

Là encore, sauf dans 1 cas, les sous-fertilisations sont notées là où le rendement atteint est supérieur à l'objectif.

Par rapport au calcul fait avec le RSH mesuré, les "performances" de la méthode sont légèrement modifiées : on observe plus de sous-fertilisations et moins de surfertilisations. Néanmoins, cette mesure moyenne est sans doute préférable à l'absence de toute mesure.

4.2.5. Comparaison des calculs de dose par AZOBIL et NID

Dans le Bade-Wurtemberg, on utilise une méthode de calcul de la dose d'azote à apporter à une culture, appelée NID (Nitrat Information Dienst). Cette méthode est elle aussi basée sur un bilan prévisionnel poste par poste de l'azote minéral. Pour plus de détails sur cette méthode et sa comparaison théorique à la méthode AZOBIL, on peut se reporter au rapport final du projet n°5 du programme ITADA 1994-95. Ici, nous disposons des éléments pour illustrer cette comparaison théorique par des cas réels.

Sur les 24 essais conduits en Alsace, nous avons pu rassembler les éléments d'information nécessaires au calcul de la dose NID et nous pouvons ainsi comparer pour chaque essai la dose AZOBIL et la dose NID. La différence entre dose AZOBIL et dose NID, calculées pour le même objectif de rendement, varie de -22 U à +50 U, avec une moyenne de +13 U (voir tableau 4). Le plus souvent la dose AZOBIL est supérieure à la dose NID. Cet écart qui peut paraître assez faible s'explique néanmoins par de fortes différences sur certains postes.

Tableau 6 - Comparaison des références AZOBIL et NID poste par poste

Poste	AZOBIL	NID	Ecart moyen
Besoin unitaire	3 kg N/q	2,6 kg N/q	0,4 kg N/q
N minéral du sol après récolte (Rf)	25 à 40 U moyenne = 30 U	20 U moyenne = 20 U	10 U
Besoins totaux	de 240 à 295 U moyenne = 271 U	202 à 254 U moyenne = 229 U	42 U
Effet du précédent (Mr)	-25 à 0 U moyenne = - 12 U	0 à 30 U moyenne = 8 U	- 20 U
Minéralisation de l'humus (Mhb)	20 à 74 U moyenne = 49 U	0 à 10 U moyenne = 7 U	42 U
Effet des DA (Mha+Xa)	0 à 70 U moyenne = 21 U	0 à 20 U moyenne = 7 U	14 U
Dose calculée (X)	65 à 210 U moyenne = 156 U	78 à 182 U moyenne = 143 U	13 U

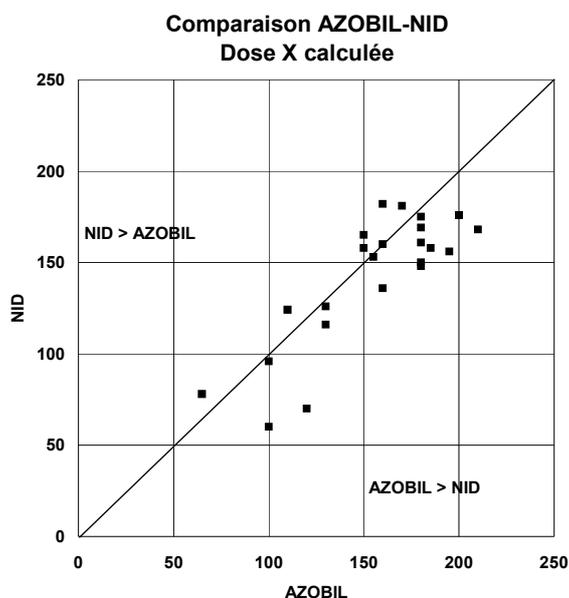
Le tableau 6 résume les comparaisons des références retenues par AZOBIL et NID pour chacun des postes du bilan et les graphiques 7 à 10 illustrent ces comparaisons.

La référence utilisée pour le besoin unitaire par quintal de grain diffère de 0,4 kg/q : cette différence avait déjà été mise en évidence dans le projet n°5, sans qu'on puisse réellement la commenter ni l'interpréter. Les quantités d'azote non utilisables (Rf) sont plus faibles en Bade-Wurtemberg qu'en Alsace. Ces 2 causes conduisent à des écarts moyens de besoins totaux de plus de 40 unités.

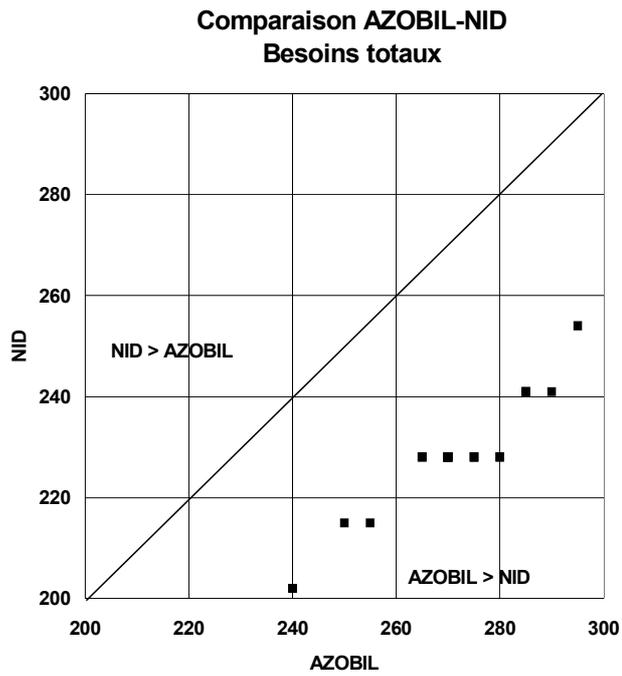
Les références badoises considèrent que le précédent a un effet plus élevé que les références françaises ; par contre, les quantités d'azote minéral escomptées de la minéralisation sont très faibles de même que celles fournies par les déjections animales.

Ces approches différentes se compensent presque au final : l'écart entre les doses moyennes n'est que de 13 unités.

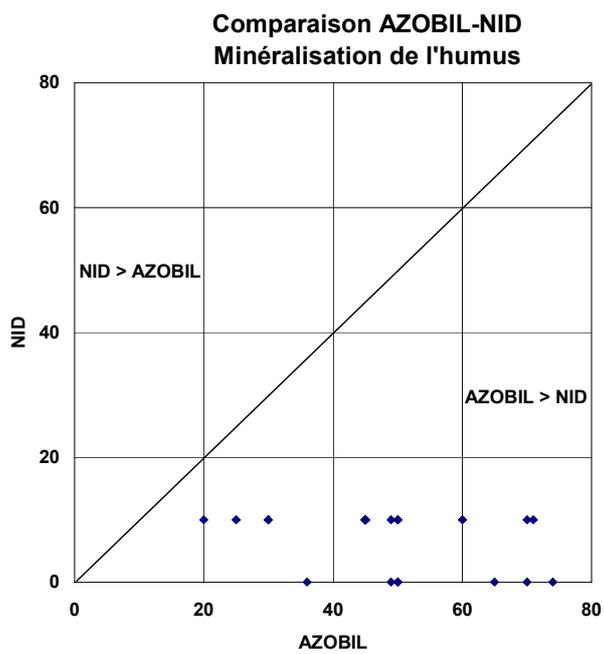
Graphique 7



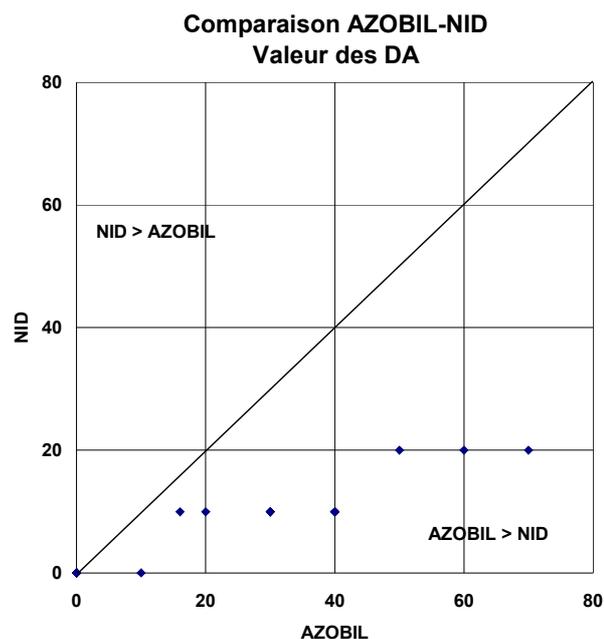
Graphique 8



Graphique 9



Graphique 10



Les courbes de réponse à l'azote obtenues sur chaque essai permettent de déterminer si la dose calculée avec NID est juste, insuffisante (sous-fertilisation) ou excédentaire (surfertilisation).

Dans les 6 cas où l'objectif de rendement a été atteint, NID donne la juste dose dans 4 cas/6 et surfertilise dans 2 cas/6.

Dans les 18 cas où le rendement atteint a été supérieur à l'objectif, NID

- donne la juste dose dans 7 cas/18,
- conduit à une surfertilisation dans 4 cas/18,
- ne permet pas d'atteindre le rendement maximal dans 7 cas/18.

Globalement la dose NID conduit à :

- 11 cas/24 de "juste dose",
- 6 cas/24 de surfertilisation,
- 7 cas/24 de sous-fertilisation.

Le tableau 7 rassemble les "performances" des 3 méthodes : AZOBIL, celle avec le RSH moyen (simulée) et NID.

Tableau 7 - Synthèse de l'analyse des différentes méthodes

	Méthode	Juste dose	Surfertilisation	Sous-fertilisation
Objectif de rendement atteint	AZOBIL	3	3	0
	Simulée	3	2	1
	NID	4	2	0
Objectif de rendement dépassé	AZOBIL	5	7	6
	Simulée	6	5	7
	NID	7	4	7
Ensemble	AZOBIL	8	10	6
	Simulée	9	7	8
	NID	11	6	7

Aucune des 3 méthodes ne permet à coup sûr de calculer la juste dose.

Dans les cas où l'objectif de rendement a été bien évalué, les 3 méthodes sont comparables : elles définissent des quantités d'azote suffisantes pour atteindre l'objectif de rendement (à une exception près pour la dose simulée) ; mais dans 1 cas/2 (AZOBIL et simulée) ou 1 cas/3 (NID), elles conduisent à une surfertilisation.

Dans les cas où l'objectif de rendement est dépassé, les performances sont voisines avec à peu près 1 cas/3 de juste dose, 1 cas/3 de dose insuffisante et 1 cas/3 de dose excédentaire. Seule la dose NID conduit à une dose excédentaire à une fréquence un peu plus faible.

4.2.6. Fournitures du sol

Sur les essais de 97 et 98, les fournitures en azote du sol ont été mesurées, grâce à l'azote absorbé par le témoin non fertilisé.

Les quantités d'azote absorbé par le témoin zéro varient **de 59 à 272 kg N/ha**.

Pour les 5 parcelles ne recevant pas de déjections animales, on enregistre des variations de 59 à 176 kg N/ha pour une valeur médiane de 144 kg N/ha.

Les parcelles avec déjections animales fournissent plus d'azote, de 102 à 272 kg N/ha, pour une valeur médiane de 170 kg N/ha.

Ces résultats ont été rapprochés de ceux enregistrés de 93 à 95, où pour les mêmes types de sol limoneux répartis du Nord au Sud de l'Alsace, on avait alors enregistré des fournitures variant de 44 à 264 kg N/ha dans les systèmes sans déjections animales, et de 109 à 249 kg N/ha dans les systèmes avec déjections animales.

Le graphique 11 donne la distribution de l'ensemble des résultats enregistrés et le tableau 8 la synthèse chiffrée.

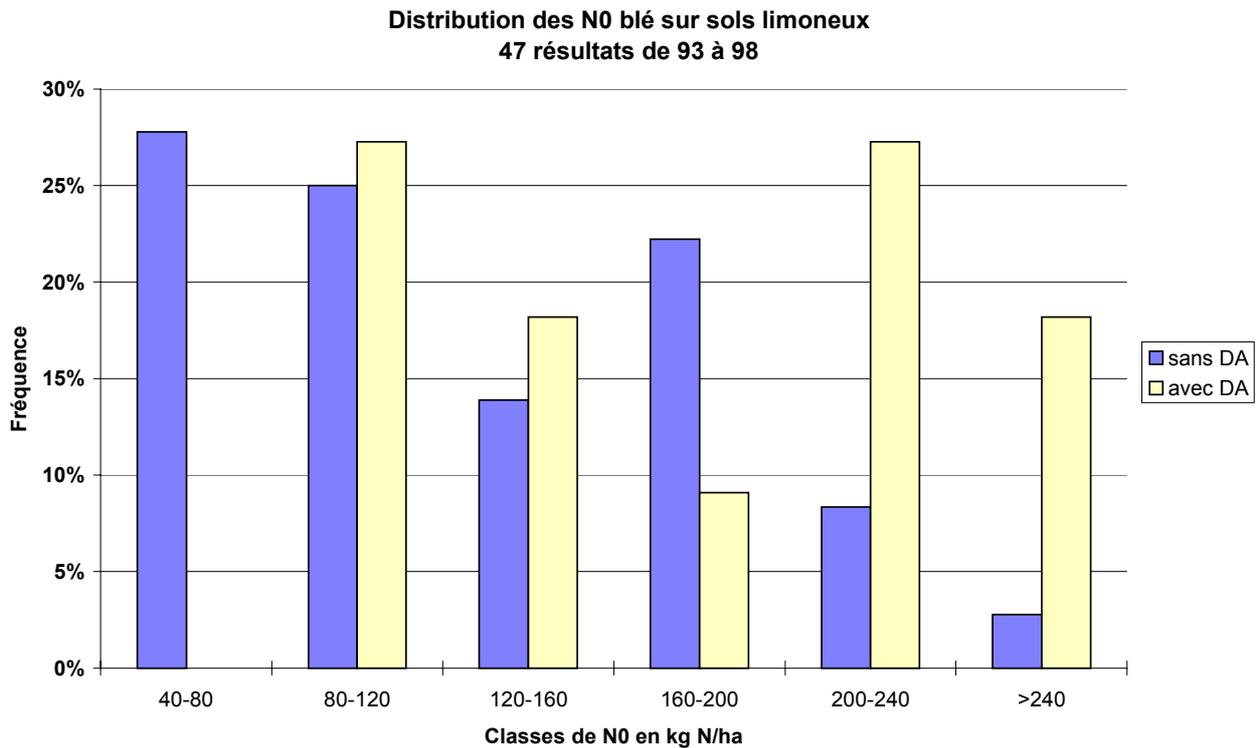
Tableau 8 - Synthèse des fournitures du sol sur blé en sols limoneux - Années 93 à 98

Précédent	Régime organique	Nombre de résultats	Moyenne des N0 kg N/ha	Ecart-type kg N/ha	Minimum kg N/ha	Maximum kg N/ha	Médiane kg N/ha	Q1 kg N/ha
Grandes cultures	sans DA	30	130	61	44	264	121	69
Maïs-grain	sans DA	25	131	60	44	264	121	69
Maïs grain ou fourrage	avec DA	9	165	59	102	272	138	113

Q1 : valeur du 1^{er} quintile, c'est-à-dire valeur à laquelle 80% des résultats sont supérieurs

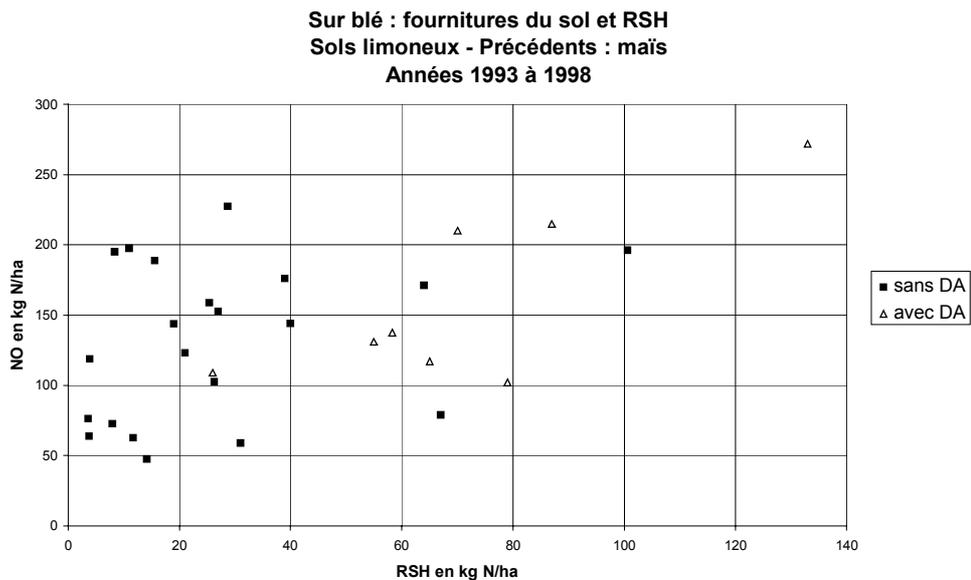
Cette synthèse montre qu'en sol limoneux, le niveau moyen des fournitures d'azote par le sol au blé est assez élevé et fortement influencé par le régime organique. Si l'on applique la même règle que pour le maïs, à savoir retenir comme référence de valeur minimale de N0 la valeur du 1^{er} quintile, on obtient une valeur de **70 kg N/ha** de fournitures minimales dans les systèmes sans déjections animales et de **110 kg N/ha** dans les systèmes avec déjections animales.

Graphique 11



On peut étudier la relation entre les fournitures du sol, N0, et le reliquat sortie hiver (graphique 12). L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus sur sols limoneux de 93 à 98 montre que le lien entre N0 et RSH est assez lâche ($r^2 = 0,25$ pour l'ensemble des points). On peut néanmoins remarquer que cette liaison est assez forte pour les systèmes avec déjections animales ($r^2 = 0,62$ pour 8 points).

Graphique 12



4.3. Conclusion sur le calcul de X

Au cours des 3 années, la difficulté principale a été de prévoir le niveau de rendement atteint : les objectifs ont en général été largement dépassés.

Les doses X calculées avec AZOBIL ont été excédentaires pour atteindre le rendement visé et, dans $\frac{3}{4}$ des situations, suffisantes pour atteindre le rendement maximum permis par la parcelle.

Les doses calculées avec un RSH moyen tendent à réduire les surfertilisations et à augmenter un peu les cas de sous-fertilisation, essentiellement lorsque les objectifs de rendement sont dépassés. Mais ce reliquat moyen n'est pas destiné à remplacer un reliquat à la parcelle mais une absence totale de mesure : il faudrait alors comparer la dose que l'agriculteur aurait apportée en l'absence de toute mesure et celle que lui conseille le reliquat moyen. Ce travail est très difficile à réaliser.

La comparaison des calculs AZOBIL et NID a montré des différences importantes d'appréciation de certains postes, aboutissant néanmoins à des résultats sur la dose assez voisins : la dose NID est le plus souvent moins généreuse que la dose AZOBIL. En termes de performances, la dose NID surfertilise un peu moins souvent que la dose AZOBIL.

*Ces expérimentations ont également permis de compléter les références sur les fournitures d'azote par le sol au blé dans les sols limoneux. La synthèse des résultats montre qu'on pourrait retenir un niveau minimum de fournitures de 70 kg N/ha dans les systèmes sans déjections animales, et de 110 kg N/ha dans les systèmes avec déjections animales. L'utilisation de ces références pour le calcul de la dose d'azote à apporter au blé nécessiterait de compléter les références sur les CAU à retenir, ce qui permettrait d'appliquer la formule simplifiée du bilan, $N_f = N_0 + CAU * (X + X_a)$. Il semble également que le niveau de RSH ait une incidence sur celui de N_0 .*

5. Conclusion générale

Les travaux réalisés sur blé dans le cadre de ce programme ont montré que l'on peut utiliser une valeur moyenne de reliquat sortie hiver pour calculer une dose d'azote à apporter au blé. Néanmoins, la valeur à prendre en compte reste difficile à prévoir car les facteurs qui la déterminent sont nombreux et en interaction. Le premier d'entre eux reste la pluviométrie hivernale, devant le précédent, dont l'effet ne se manifeste que si le lessivage hivernal n'a pas été trop intense. L'effet du sol n'est pas apparu dans nos données, principalement sans doute du fait du choix d'un secteur homogène où les sols sont relativement proches. Quant à l'effet des déjections animales, il est sans doute très variable et ne peut apparaître au travers du seul critère trop global, présence ou absence d'apport de déjections animales dans la rotation.

Le test de la méthode AZOBIL a montré une tendance à la surfertilisation au cours des 3 années d'expérimentation. Notons cependant que celles-ci ont été globalement favorables à l'expression d'un potentiel élevé : en serait-il de même au cours d'années climatiques moins favorables ?

Il a été possible de comparer les méthodes de calcul alsaciennes et badoises. Il en ressort une certaine divergence d'approche, déjà constatée lors du 1^{er} programme de l'ITADA. Cette divergence ne débouche pas au final sur des écarts de dose élevés. La méthode badoise NID aurait conduit moins fréquemment à des surfertilisations, pour les années étudiées.

Le remplacement d'une mesure de RSH à la parcelle par une moyenne dépendant du précédent conduit à une perte de précision relativement faible. On peut donc être assez optimiste sur l'utilisation de ce reliquat moyen là où aucune mesure n'est faite. Il resterait néanmoins à mettre au point une méthode pour prévoir les cas où il ne faudra pas utiliser cette moyenne (écart important). Le bilan entrée-sortie d'azote du précédent devrait apporter des éléments.

Ce programme a par ailleurs permis de compléter un réseau de connaissance des fournitures en azote du sol au blé. On peut donc estimer que les premières bases pour un conseil de fertilisation azotée collectif existent, que celles-ci concernent l'utilisation d'un reliquat moyen ou des fournitures du sol. Ces travaux seront valorisés en Alsace dans le cadre des opérations FERTI-MIEUX.

RESUME

A. MISE AU POINT DE SYSTEMES COLLECTIFS DE CONSEIL

A.2 : POUR LE BLE

I. Position du problème

Bien qu'en diminution, le blé d'hiver représente toujours la 2^{ème} culture en surface de la plaine du Rhin, et la maîtrise de sa fertilisation azotée est nécessaire pour limiter les pertes de nitrates sous les parcelles agricoles. Cette maîtrise passe par le calcul d'une dose d'azote ajustée aux besoins de la culture. Ce calcul est basé sur une méthode du bilan qui nécessite la mesure d'un reliquat d'azote minéral présent dans le sol à la sortie de l'hiver, RSH, et l'estimation de différents postes de minéralisation. La mesure de RSH est contraignante et relativement peu pratiquée en Alsace. Il est proposé de déterminer à quelles conditions la mesure de RSH sur un réseau de parcelles représentatives permet d'en utiliser les résultats de façon collective. On utilisera les données acquises dans le Bade-Wurtemberg, où cette mesure est réalisée beaucoup plus fréquemment, pour tester les hypothèses formulées.

II. Objectifs

En Alsace, il s'agit de développer un conseil collectif sur blé à partir de la mesure du reliquat sortie hiver, en s'intéressant à la mise au point agronomique et logistique. Pour le Bade-Wurtemberg, il s'agit plutôt d'étudier ce qu'on pourrait tirer des données enregistrées au cours des ans (voir chapitre B).

III. Méthodes adoptées

3.1. Constitution d'un fichier avec les mesures de RSH réalisées sur blé depuis 1992

Pour limiter les sources de variation, il a été choisi de ne retenir en Alsace qu'un nombre réduit de systèmes de cultures et de types de sols, et de s'affranchir des variations climatiques en se concentrant sur un secteur géographique. Le secteur retenu est la vallée et les collines de la Zorn, situées au Nord-Ouest de Strasbourg, où se déroule une opération FERTI-MIEUX de réduction des pertes de nitrates agricoles. Cette opération a besoin de références pour conseiller les agriculteurs.

Les types de sols retenus sont les limons sains et les lehms.

Dans les systèmes de culture sans déjections animales, on retient principalement les précédents maïs-grain et betteraves sucrières. Dans les systèmes de culture avec déjections animales, on retient le précédent maïs-ensilage.

Le fichier comporte pour chaque mesure de RSH : le type de sol - la profondeur de sol - le précédent - la dose d'azote et le rendement du précédent - le régime des restitutions organiques (apports de déjections animales, résidus de cultures enfouis ou exportés).

Au cours des années 96 à 98, cette base de données a été complétée par une soixantaine de mesures par an.

L'analyse d'un tel fichier doit permettre d'identifier les principaux facteurs de variation du RSH.

3.2. Validation de AZOBIL

La mesure du RSH est utilisée pour calculer la dose d'azote à apporter grâce au logiciel AZOBIL. Il est nécessaire de valider le résultat du calcul dans quelques cas.

Sur le réseau d'essais ainsi constitués, on comparera les méthodes de calcul AZOBIL et NID, méthode utilisée dans le Bade-Wurtemberg.

IV. Résultats sur RSH

Les analyses de fichiers n'ayant pu être conduites de la même façon en France et en Allemagne, nous allons présenter dans un premier temps les résultats français ; puis nous vérifierons et compléterons les conclusions avec les résultats badois.

4.1. Les RSH alsaciens

Nous disposons au final de 435 mesures de RSH, obtenues sur 8 années différentes dans la région de la Zorn. Conformément à nos attentes, les 2 types de sols les plus représentés sont les loess et les lehms, et les précédents les plus représentés les maïs grain et les maïs ensilage.

L'analyse du fichier montre que le niveau moyen de RSH sur blé en sol limoneux est très dépendant de la pluviométrie hivernale et peut être approché grâce à un indicateur simple "somme des pluies d'Octobre à Février".

Pour une année donnée et si l'hiver n'a pas été trop pluvieux, RSH dépend aussi du précédent. Les différences entre des types de limons et le régime de restitutions organiques apparaissent avoir une incidence moins forte sur le niveau moyen.

Les données disponibles sont insuffisantes pour aller plus loin dans l'analyse : il serait en particulier nécessaire de pouvoir identifier a priori les parcelles où de forts écarts à la moyenne sont prévisibles. Un bilan entrée-sortie d'azote du précédent apporterait sans doute des éléments intéressants pour répondre à cette question. Les données disponibles ne nous permettent pas de tester cette hypothèse.

4.2 Les RSH badois

Du côté allemand, on a pu rassembler 462 mesures de reliquats sortie hiver sur blé, issues de 5 années (1994 à 1998). Ces mesures ont été réalisées dans la vallée rhénane, depuis la région de Ortenau au nord à celle de Lörrach au sud, en passant par les secteurs d'Emmendingen, Freiburg et Breisgau-Hochschwarzwald.

On constate, comme en Alsace, que le niveau moyen de reliquat dépend fortement de l'année. Les variations d'une année à l'autre se suivent (sauf en 1995) entre les 2 régions.

L'analyse rapide du fichier badois tend à confirmer les conclusions issues du fichier alsacien : incidence prépondérante de l'année avant le précédent, les effets "sol" et "régime organique" demandant probablement des outils plus fins d'analyse.

V. Test d'AZOBIL

5.1. Les données disponibles

De 1996 à 1998, 24 parcelles ont été suivies avec le protocole défini.

Ces 24 essais ont été implantés sur des types de sol comparables : il s'agit de limons profonds, en général sains et non calcaires.

5.2. Les résultats

Sur 24 essais, le rendement objectif a toujours été atteint. Dans 18 cas sur 24, il a même été dépassé de plus de 5 quintaux. Les années 96 à 98 ont, de façon générale, constitué de bonnes années pour le blé en Alsace et des niveaux de rendements élevés ont pu être atteints.

Le rendement obtenu à la dose X est toujours égal ou supérieur au rendement objectif : on peut en conclure, qu'entre 96 et 98, les doses X calculées ont toujours été excédentaires par rapport à l'objectif de rendement visé. La méthode AZOBIL telle qu'elle est utilisée en Alsace ne conduit pas à une dose d'azote restrictive et tend plutôt à surfertiliser.

Pour des rendements optimaux variant de 78 à 110 q/ha, la dose optimale varie de 0 à 235 U.

La dose optimale tend à décroître lorsque le reliquat sortie hiver augmente mais la liaison est lâche ($r^2=0,51$).

La recherche des principaux facteurs influençant le reliquat sortie hiver avait pour but de déterminer si on peut remplacer une mesure réelle par une estimation de la valeur mesurée. Le réseau de 24 essais permet de tester cette hypothèse. En effet, nous avons démontré que, pour une année donnée, c'est le précédent cultural qui a, en moyenne, l'incidence la plus forte, le type de sol et le régime de restitutions organiques ayant des effets plus variables. On va donc remplacer la mesure par la moyenne des mesures réalisées pour le précédent maïs grain, modulée par l'écart mis en évidence lors de l'analyse de l'effet précédent.

AZOBIL permet de calculer une nouvelle dose X simulée : on constate que cette dose simulée s'écarte de la dose AZOBIL de -95 U à + 50 U. Les plus forts écarts sont bien évidemment enregistrés sur les sites où le reliquat mesuré s'écarte fortement de la moyenne ; il faudrait pouvoir prévoir a priori ces situations. En moyenne, la dose simulée est inférieure à la dose X.

Dans le Bade-Wurtemberg, on utilise une méthode de calcul de la dose d'azote à apporter à une culture, appelée NID (Nitrat Information Dienst). Cette méthode est elle aussi basée sur un bilan prévisionnel poste par poste de l'azote minéral. Pour plus de détails sur cette méthode et sa comparaison théorique à la méthode AZOBIL, on peut se reporter au rapport final du projet n°5 du programme ITADA 1994-95. Ici, nous disposons des éléments pour illustrer cette comparaison théorique par des cas réels.

Sur les 24 essais conduits en Alsace, nous avons pu rassembler les éléments d'information nécessaires au calcul de la dose NID et nous pouvons ainsi comparer pour chaque essai la dose AZOBIL et la dose NID. La différence entre dose AZOBIL et dose NID, calculées pour le même objectif de rendement, varie de -22 U à +50 U, avec une moyenne de +13 U). Le plus souvent la dose AZOBIL est supérieure à la dose NID. Cet écart qui peut paraître assez faible s'explique néanmoins par de fortes différences sur certains postes.

Le tableau 1 rassemble les "performances" des 3 méthodes : AZOBIL, celle avec le RSH moyen (simulée) et NID.

Tableau 1 - Synthèse de l'analyse des différentes méthodes

	Méthode	Juste dose	Surfertilisation	Sous-fertilisation
Objectif de rendement atteint	AZOBIL	3	3	0
	Simulée	3	2	1
	NID	4	2	0
Objectif de rendement dépassé	AZOBIL	5	7	6
	Simulée	6	5	7
	NID	7	4	7
Ensemble	AZOBIL	8	10	6
	Simulée	9	7	8
	NID	11	6	7

Aucune des 3 méthodes ne permet à coup sûr de calculer la juste dose.

Dans les cas où l'objectif de rendement a été bien évalué, les 3 méthodes sont comparables : elles définissent des quantités d'azote suffisantes pour atteindre l'objectif de rendement (à une exception près pour la dose simulée) ; mais dans 1 cas/2 (AZOBIL et simulée) ou 1 cas/3 (NID), elles conduisent à une surfertilisation. Dans les cas où l'objectif de rendement est dépassé, les performances sont voisines avec à peu près 1 cas/3 de juste dose, 1 cas/3 de dose insuffisante et 1 cas/3 de dose excédentaire. Seule la dose NID conduit à une dose excédentaire à une fréquence un peu plus faible.

Sur les essais de 97 et 98, les fournitures en azote du sol ont été mesurés, grâce à l'azote absorbé par le témoin non fertilisé. Ces résultats ont été rapprochés de ceux enregistrés de 93 à 95, où pour les mêmes types de sol limoneux répartis du Nord au Sud de l'Alsace. La synthèse montre qu'en sol limoneux, le niveau moyen des fournitures d'azote par le sol au blé est assez élevé et fortement influencé par le régime organique. Si l'on applique la même règle que pour le maïs, à savoir retenir comme référence de valeur minimale de N0 la valeur du 1^{er} quintile, on obtient une valeur de **70 kg N/ha** de fournitures minimales dans les systèmes sans déjections animales et de **110 kg N/ha** dans les systèmes avec déjections animales.

5.3. Conclusion sur le calcul de X

Au cours des 3 années, la difficulté principale a été de prévoir le niveau de rendement atteint : les objectifs ont en général été largement dépassés.

Les doses X calculées avec AZOBIL ont été excédentaires pour atteindre le rendement visé et, dans $\frac{3}{4}$ des situations, suffisantes pour atteindre le rendement maximum permis par la parcelle.

Les doses calculées avec un RSH moyen tendent à réduire les surfertilisations et à augmenter un peu les cas de sous-fertilisation, essentiellement lorsque les objectifs de rendement sont dépassés. Mais ce reliquat moyen n'est pas destiné à remplacer un reliquat à la parcelle mais une absence totale de mesure : il faudrait alors comparer la dose que l'agriculteur aurait apporté en l'absence de toute mesure et celle que lui conseille le reliquat moyen. Ce travail est très difficile à réaliser.

La comparaison des calculs AZOBIL et NID a montré des différences importantes d'appréciation de certains postes, aboutissant néanmoins à des résultats sur la dose assez voisins : la dose NID est le plus souvent moins généreuse que la dose AZOBIL. En termes de performances, la dose NID surfertilise un peu moins souvent que la dose AZOBIL.

Ces expérimentations ont également permis de compléter les références sur les fournitures d'azote par le sol au blé dans les sols limoneux. La synthèse des résultats montre qu'on pourrait retenir un niveau minimum de fournitures de 70 kg N/ha dans les systèmes sans déjections animales, et de 110 kg N/ha dans les systèmes avec déjections animales. L'utilisation de ces références pour le calcul de la dose d'azote à apporter au blé nécessiterait de compléter les références sur les CAU à retenir, ce qui permettrait d'appliquer la formule

simplifiée du bilan, $N_f = N_0 + CAU * (X+X_a)$. Il semble également que le niveau de RSH ait une incidence sur celui de N_0 .

VI. Conclusion générale de la partie 2

Les travaux réalisés sur blé dans le cadre de ce programme ont montré que l'on peut utiliser une valeur moyenne de reliquat sortie hiver pour calculer une dose d'azote à apporter au blé. Néanmoins, la valeur à prendre en compte reste difficile à prévoir car les facteurs qui la déterminent sont nombreux et en interaction. Le premier d'entre eux reste la pluviométrie hivernale, devant le précédent, dont l'effet ne se manifeste que si le lessivage hivernal n'a pas été trop intense. L'effet du sol n'est pas apparu dans nos données, principalement sans doute du fait du choix d'un secteur homogène où les sols sont relativement proches. Quant à l'effet des déjections animales, il est sans doute très variable et ne peut apparaître au travers du seul critère trop global, présence ou absence d'apport de déjections animales dans la rotation.

Le test de la méthode AZOBIL a montré une tendance à la surfertilisation au cours des 3 années d'expérimentation. Notons cependant que celles-ci ont été globalement favorables à l'expression d'un potentiel élevé : en serait-il de même au cours d'années climatiques moins favorables ?

Il a été possible de comparer les méthodes de calcul alsaciennes et badoises. Il en ressort une certaine divergence d'approche, déjà constatée lors du 1^{er} programme de l'ITADA. Cette divergence ne débouche pas au final sur des écarts de dose élevés. La méthode badoise NID aurait conduit moins fréquemment à des surfertilisations, pour les années étudiées.

Le remplacement d'une mesure de RSH à la parcelle par une moyenne dépendant du précédent conduit à une perte de précision relativement faible. On peut donc être assez optimiste sur l'utilisation de ce reliquat moyen là où aucune mesure n'est faite. Il resterait néanmoins à mettre au point une méthode pour prévoir les cas où il ne faudra pas utiliser cette moyenne (écart important). Le bilan entrée-sortie d'azote du précédent devrait apporter des éléments.

Ce programme a par ailleurs permis de compléter un réseau de connaissance des fournitures en azote du sol au blé. On peut donc estimer que les premières bases pour un conseil de fertilisation azotée collectif existent, que celles-ci concernent l'utilisation d'un reliquat moyen ou des fournitures du sol. Ces travaux seront valorisés en Alsace dans le cadre des opérations FERTI-MIEUX.

A 1.4 Partie B

Valorisation collective des données parcellaires de mesures de reliquats (bases de données sur les reliquats de printemps en B.W.)

1. Description du projet

Depuis plus de 10 ans, de très nombreux prélèvements de sols sont réalisés au printemps pour mesurer les teneurs en nitrates. Les résultats de ces mesures sont ensuite utilisés par le service d'information sur les nitrates du Land (NID) afin d'adapter au mieux possible les conseils de fertilisation. Ce type de démarche est un peu fastidieuse pour l'agriculteur et également coûteuse pour lui depuis 1997, ce qui fait que la participation a régulièrement diminué. Alors qu'un grand nombre de données a été accumulé, il se pose aujourd'hui la question si l'on ne pourrait pas en tirer des connaissances et des conclusions qui servent au conseil pour la fertilisation azotée dans le Rhin supérieur, et à l'aide desquelles une partie des analyses pourrait être remplacées par des valeurs évaluées. Pour ce faire, il s'agit de reprendre les résultats d'analyses et de rechercher les tendances communes ou les divergences en fonction de caractéristiques importantes des sites de prélèvements ou de critères agronomiques.

Il est vrai que substituer aux mesures faites des valeurs moyennes estimées ne permettra pas d'obtenir le même niveau de précision, mais une appréciation même peu précise permettrait de réduire les erreurs les plus grossières comme il peut s'en produire en cas d'absence de toute référence pour le calcul de la fertilisation.

2. Méthodes

Pour l'obtention de valeurs de référence qui remplacent les mesures de teneurs en nitrates du sol faites au printemps dans le calcul de la fertilisation azotée des cultures suivant la méthode du NID, il a été suivi dans le cadre de ce travail deux cheminements.

En premier lieu, il a été essayé d'exploiter les résultats de situations relativement homogènes sur une petite échelle (espace communal), et de pratiques culturales assez regroupées pour arriver à des valeurs très régionalisées. Dans cet objectif, il a été réalisé une base de données ACCESS pour l'enregistrement et une présentation structurée des valeurs NID (Service d'information sur les nitrates) disponibles sur support papier, pour les communes de Auggen, Buggingen, Grissheim, Hügelheim, Müllheim, Neuenburg et Zienken pour les années 1993 à 1997.

De manière complémentaire, on a réalisé une exploitation des valeurs de reliquats azotés de printemps mesurés dans le cadre d'un projet pilote à Hausen et Biengen dans les années 1992 à 1994.

En second lieu, après que les résultats obtenus par ces travaux se soient avérés peu exploitables notamment en raison d'un nombre de données disponibles trop faible, il a été essayé de réaliser cette approche à partir de données issues de tout le territoire de la plaine du Rhin au sud du pays de Bade. Il a donc été fait un transfert des données NID de l'office des productions végétales du Bade Wurtemberg existantes sur les années 1994 -1998 sur les „Landkreise“ d'Ortenau, Emmendingen, Breisgau-Hochschwarzwald et Lörrach, dans un fichier Excel « interrogeable ». Enfin, en complément à cela, il a été effectué un regroupement et une exploitation des données acquises sur trois sites du Rhin supérieur où étaient conduites des expérimentations de longue durée avec différents niveaux de fertilisation du maïs, dans des conditions bien définies et avec peu de facteurs de variations.

2.1 Exploitation des valeurs de nitrates des sols sur un petit territoire

2.1.1 Structure de la base de données ACCESS Nitratdatenbank

Le programme ACCESS est construit de façon à ce que tout d'abord une structure de tableau doit être développée en tenant compte de toutes les rubriques nécessaires (dénominations des champs). Cela a été réalisé dans un canevas général dont une partie est présentée dans la figure 1.

Feldname	Felddatentyp	Beschreibung
Lab Nr	Zähler	
Probedat	Datum/Zeit	
Gemarkung	Text	
Gewinn	Text	
Flurst Nr	Text	
Vorfru	Text	
Berg Stroh	Ja/Nein	
Zwifru (Art)	Text	
Einarb ZF	Text	
WSG	Ja/Nein	
Wurzeltiefe (cm)	Zahl	
Bodenart	Text	
Bodenkst	Text	
Ackerzahl	Zahl	
Verglgeb	Text	
org Düng langj	Ja/Nein	
Tierart	Text	
GV/ha	Zahl	
N-Düng n VF-Ernte	Text	
Direkt-/Mulchsaat	Ja/Nein	
Nmin 0-30 cm	Zahl	
Nmin 30-60 cm	Zahl	

Format:
Beschriftung:
Indiziert: Ja (Ohne Duplikate)

Ein Feldname kann bis zu 64 Zeichen lang sein, einschließlich Leerzeichen. Drücken Sie F1, um Hilfe zu Feldnamen zu erhalten.

Fig. 1 : extrait du canevas du Tableau A

Afin de ne pas alourdir inutilement les tableaux suivants, les dénominations des champs ont été raccourcies. On a fait attention à ce que les descriptions des colonnes restent encore intelligibles.

Dans la page suivante, on retrouve les noms de champs du tableau A dans la colonne 1 et en colonne 2 les noms des champs des tableaux « dBase » interrogés avec leur définitions précises.

Nom du champ :**Explication :**

<i>ACCESS</i>	<i>dBase</i>	
Lfd-Nr		numéro courant (attribution automatique)
Lab Nr		numéro du laboratoire d'analyse
Probedat	NMINDAT1	Date de prélèvement
Gemarkung	GEMAR	commune du lieu de prélèvement
Gewann	GEWANN	Nom de la parcelle
Flurst Nr.	FLSTN	numéro de parcelle (ou lopin de parcelle)/n
Vorfru	VORF	type de précédent
	NACH	culture suivante semée sous couvert
Berg Stroh		enlèvement de la paille (ja/nein)
Zwifru (Art)	ZWF	type de culture intermédiaire
Einarb ZF		époque de retournement de la C.I.
WSG		W.S.G. (ja/nein) = périmètre de captage protégé
Wurzeltiefe		profondeur d'enracinement du sol
BoArt		type de sol : léger, moyen ou lourd
BoKat	BODE	type de sol : sable, graviers, limon ou humus (dBase = Lehm)
	HUMU	teneur en humus du sol en %
	CNVER	rapport C/N du sol
Ackerzahl		valeur agronomique du sol (chiffre)
Verglgeb		région de comparaison
org. Düng		y a t'il eu apport de déjections animales (ja/nein)
Tierart		de quel type d'élevage proviennent t'ils
GV/ha		cvhargement actuel en UGB/ha
N-Düng n VF-Ernte		quels engrais ont été apportés après récolte du précédent
Direkt-/Mulchsaat		semis direct ou sous mulch (ja/nein)
Nmin 0-30	NMINDAT1H1	valeur Nmin de l'horizon 0-30 cm
Nmin 30-60	NMINDAT1H2	valeur Nmin de l'horizon 30-60 cm
Nmin 60-90	NMINDAT1H3	valeur Nmin de l'horizon 60-90 cm
Sum 0-60		Somme des Nmin sur 0-60 cm
Sum 0-90	NMINDAT1GE	Somme des Nmin sur 0-90 cm
Hafru	HAUPT	type de culture principale
Ertragserv dt/ha		rendement attendu en q/ha
Bemerkg		remarques
Versstandort		il y avait un essai IfUL sur ce site
Sonst A		particulier
Sonst B		particulier

Chaque champ nommé a besoin également de se voir attribuer un type de données, qui caractérise les cellules du tableau comme des chiffres, du texte ou bien d'autres types de données. Après l'introduction de tous les champs, il s'ensuit une construction automatique d'un tableau encore vide par le programme ACCESS qui peut être vu dans l'aperçu de la feuille de données.

L'interrogation de la base de données est la fonction la plus importante. Ici, on a entrepris des délimitations spécifiques par l'introduction de certains critères. Toutes les séries de données pertinentes pour ce choix peuvent alors être associées dans un tableau nouveau et mémorisées.

La figure 2 montre une image de requête pour une telle interrogation à l'aide de critères définis.

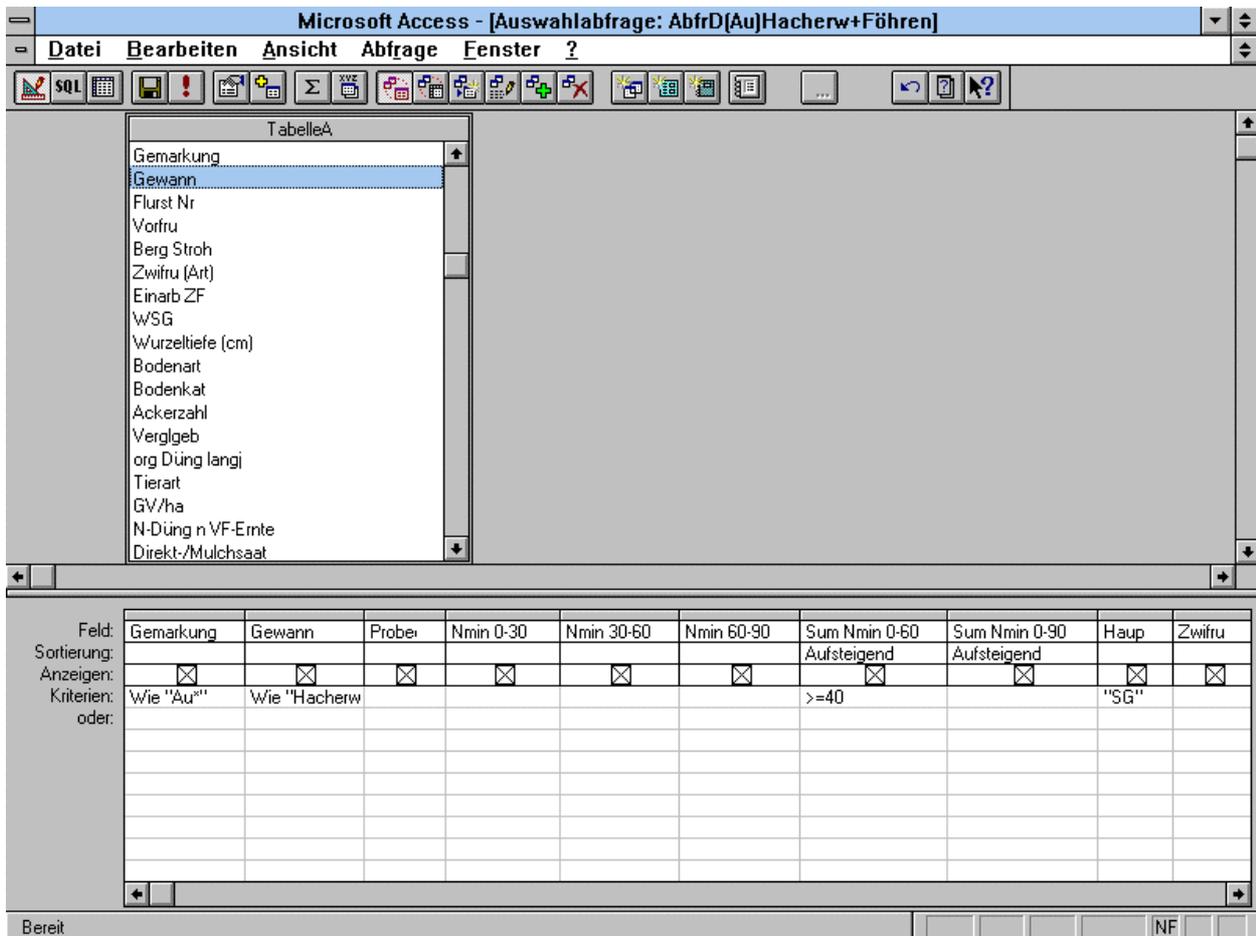


Fig. 2 : image d'une requête avec interrogation à l'aide de critères

Pour cette illustration de requête, il s'agit d'une interrogation à partir du tableau A. Les données concernées sont les séries de données de la commune Auggen qui possèdent les noms de lieux-dits Hacherweg/feld, Föhrenbäumele ou Wangen, ont une valeur en nitrates > ou = à 40 kg/ha et pour lesquelles le précédent et la culture précédente est de l'orge de printemps (SG = Sommer gerste). De plus, les valeurs en nitrates sont classées par ordre croissant. Ci dessous, d'autres exemples d'abréviations d'interrogations sont décrites :

Interrogations avec une délimitation :

- Abfr(Augg) => rassemble toutes les données de la commune de Auggen
- Abfr(KM) => toutes les données avec du maïs grain comme culture principale ou précédente
- Abfr(1992) => toutes les données de 1992
- Abfr(Hacher) => toutes les données du lieu-dit Hacherweg/feld

Interrogation avec plusieurs délimitations :

Abfr(Augg)93 => rassemble les données de 1993 pour la commune de Auggen avec un classement en fonction de la date de prélèvement

Abfr(Mül,Hügel,Bugg)SG => données de la commune de Müllheim ou Hügelheim ou Buggingen; classées selon le type de sol ; et culture principale ou précédente = orge printemps

Abfr(>=40,0-60) => données pour qui la valeur en nitrates sur 0-60 cm est >=40 sur toutes les communes et classées par ordre croissant

Dans le mode d'interrogation, il peut bien sûr intervenir à tout moment un changement des critères du tri ou de classement, sans devoir réaliser une nouvelle interrogation. Ceci permet un accès rapide à des séries de données particulières.

2.1.2 Introduction des données

Afin d'obtenir un aperçu complet des toutes les séries de données, toutes les analyses individuelles doivent être enregistrées en continu. L'enregistrement des données n'est toutefois pas intervenue directement dans le tableau vide décrit précédemment mais dans un formulaire d'enregistrement aménagé (voir Figure 3). Chaque série de données se trouve ainsi sur feuille de données spécifique avec un numéro afférent, lequel ne peut pas après un éventuel déchargement (élimination) des données, être à nouveau adjudgé. Après l'introduction complète des données, on peut avoir dans la feuille d'aperçu des données (cf Figure 4), un regard sur le tableau maintenant rempli de beaucoup de données et éliminer encore les éventuelles erreurs.

The screenshot shows the Microsoft Access interface for a table named 'TabelleA'. The window title is 'Microsoft Access - [TabelleA]'. The menu bar includes 'Datei', 'Bearbeiten', 'Ansicht', 'Datensätze', and 'Fenster ?'. The toolbar contains various icons for file operations and data manipulation. The main area is a form with the following fields and values:

- Lfd-Nr: [Empty text box]
- Lab Nr: 791
- Probedat: 10.04.1993
- Gemarkung: Neuenburg
- Gewann: Hohlenäcker
- Flurst Nr: 2955/56
- Vorfru: SM
- Berg Stroh:
- Zwifru (Art): keine
- Einarb ZF: [Empty text box]
- WSG:
- Wurzeltiefe (cm): 30
- Bodenart: mittel
- Bodenkat: Sand
- Ackerzahl: [Empty text box]

The status bar at the bottom indicates 'Datensatz: 1 von 639' and 'Formularansicht'.

Fig. 3 : extrait du formulaire de saisie

Microsoft Access - [Tabelle: TabelleA]																
Datei Bearbeiten Ansicht Format Datensätze Fenster ?																
Lfd-Nr	Lab Nr	Probedat	Gemarku	Gewann	Flurst	Vorf	Berg	Zwifru	Einarb	WSG	Wurzel	Boden.	Boden	Ackerz.	Vergl	org Düng
13	791	10.04.1993	Neuenbur	Hohlenäck	2955/5	SM	Ja	keine		Ja	30	mittel	Sand			Ja
14	792	10.04.1993	Neuenbur	Stocketen	3452	SM	Ja	keine		Nein	30	mittel	Sand			Nein
15	729	10.04.1993	Neuenbur	Wolfsgrien		WW	Nein	keine		Ja	60	leicht	Sand	45		Nein
16	730	10.04.1993	Neuenbur	Im Stein ar	4596	SB	Nein	keine		Nein	60	mittel	Sand	50		Nein
17	731	10.04.1993	Neuenbur	Im Stein	4595/1	WW	Ja	keine		Nein	60	mittel	Sand	50		Nein
18	727	10.04.1993	Bugginger	Forstacker	5388	unbe	Nein			Nein	60	mittel	Kies	40		Nein
19	728	10.04.1993	Bugginger	Am Langer	5386	SG	Ja			Nein	60	mittel	Kies	40		Nein
20	316	15.03.1993	Bugginger	Hölzlebrun		WW	Ja	keine		Nein	90	mittel	Kies			Nein
21	317	15.03.1993	Bugginger	Hölzlematt	5363	SM	Ja	keine		Nein	90	mittel	Kies			Nein
22	318	15.03.1993	Bugginger	Bei den St	4528	WW	Ja	keine		Nein	90	mittel	Kies			Nein
23	407	17.03.1993	Müllheim	Sattel		WW	Ja	keine		Nein	60	schwer	Löß			Nein
24	408	17.03.1993	Hügelheir	Kreuzmatt	3840	unbe	Ja	keine		Nein	60	mittel	Sand			Nein
26	62	05.03.1993	Hügelheir	Froschlach	3639	WW	Ja	verbl		Ja	90	mittel	Sand			Nein
27	462	05.03.1993	Hügelheir	Hundsrück	3688	WW	Ja	verbl		Nein	90	schwer	Löß			Nein
28	463	26.03.1993	Bugginger	Im Abbruch	5292	SM	Ja	verbl		Nein	30	mittel	Kies	55		Nein
29	465	26.03.1993	Neuenbur	Ob.Faulba		WG	Ja	keine		Nein	60	mittel	Löß	60		Ja
30	544	02.04.1993	Neuenbur	unbekannt		unbe	Ja	keine		Nein	60	mittel	Kies			Nein
31	206	08.03.1993	Grißheim	Neuenburg		KM	Nein	keine		Nein	30	leicht	Sand	35		Ja
32	205	08.03.1993	Grißheim	Oberfeld	5615	SM	Nein	keine		Nein	60	mittel	Kies	40		Ja
33	200	08.03.1993	Grißheim	Neuenburg		KM	Nein	keine		Nein	30	leicht	Sand	35		Ja
34	201	08.03.1993	Grißheim	Unterfeld	5272	Rokl	Nein	keine		Nein	60	leicht	Sand	40		Nein
35	195	08.03.1993	Grißheim	Oberfeld		SM	Ja	keine		Nein	40	mittel	Kies	45		Nein
36	196	08.03.1993	Grißheim	Oberfeld		KM	Nein	verbl		Nein	40	mittel	Kies	45		Nein
37	202	08.03.1993	Grißheim	Am oberer	5522	SM	Nein	verbl		Nein	30	leicht	Sand	35		Nein
38	203	08.03.1993	Grißheim	Neuenburg	5653	SM	Nein	verbl		Nein	60	mittel	Kies	45		Nein
39	204	08.03.1993	Grißheim	Mittelfeld		SM	Ja	keine		Nein	30	mittel	Kies			Ja
40	199	08.03.1993	Bugginger	Storkenac	5403	SM	Nein	keine		Nein	60	leicht	Sand	35		Nein
41	192	08.03.1993	Grißheim	Heitersheir	5356	SR	Nein	keine		Nein	60	leicht	Sand	45		Ja
42	198	08.03.1993	Grißheim	Oberfeld S		ZR	Ja	keine		Nein	60	leicht	Sand			Nein
43	164	08.03.1993	Bugginger	Filzgraben	5455	SM	Nein	keine		Nein	90	leicht	Sand			Ja
44	125	17.02.1993	Grißheim	Winkel		WW	Ja	keine		Nein	60	mittel	Kies			Nein
45	140	17.02.1993	Grißheim	Bugginger	5468	WG	Ja	keine		Nein	60	mittel	Kies	35		Ja
46	141	17.02.1993	Grißheim	Beregnung		SM	Ja	keine		Nein	60	mittel	Kies	35		Nein
47	142	17.02.1993	Grißheim	Neuenburg	5654	KM	Nein	keine		Nein	60	mittel	Kies	35		Nein
48	117	17.02.1993	Müllheim	Neub. Str	8967	unbe	Ja	keine		Nein	60	mittel	Kies			Nein

Fig. 4 : extrait de la feuille d'aperçu général du tableau A

Lors de l'enregistrement des données, il a fallu prendre en compte certaines difficultés :

- L'adresse de l'exploitation mentionnée sur le bordereau de données du NID ne signifiait pas automatiquement que la parcelle échantillonnée se trouvait sur la même commune. Des parcelles d'une exploitation se retrouvent souvent sur d'autres communes. Afin de contourner cette source d'erreurs, un employé des services de l'agriculture de Freiburg connaissant la région a contrôlé préalablement les feuilles de données. De plus, des cartographies des communes ont été consultées lors du contrôle.
- Il y avait deux types de feuilles de données du NID car un changement est intervenu en 1993/94. Le formulaire d'enregistrement sur ACCESS a été réalisé après le nouveau bordereau NID (à partir de 1994) si bien que les données de 1993 à cause d'un autre ordre des rangées de données ne purent pas être introduites en continu. Cela a donc conduit à des légères hésitations pour la saisie des données de 1993.
- Une des difficultés principales fut le caractère incomplet des feuilles de données NID ce qui a conduit à compliquer le classement et l'exploitation des données. La situation a pu être la aussi améliorée à l'aide de cartes des sols.

L'enregistrement des données relevées au printemps pour le projet pilote de Hausen a pu être réalisé grâce à la conversion de la base de données déjà existante (dBase) sur la nouvelle base de données ACCESS. Les noms des champs de la base d-Base sont en partie formulés différemment, mais dans l'essentiel, les tableaux transférés étaient assez proches des tableaux d'interrogations usuels. Au total, il y eut introduction de 639 données et conversion de 1 183 données.

<u>Données introduites :</u>	Auggen	168	Müllheim	90
	Buggingen	72	Neuenburg	140
	Grißheim	78	Zienken	36
	Hügelheim	55		
<u>Données converties :</u>	Hausen	921	Biengen	262

2.1.3 Exploitation des données

De nombreux tableaux individuels ont été produits pour l'exploitation des données avec l'aide de la fonction d'interrogation présentée dans la partie 2.1.

Afin de pouvoir faire des commentaires sur les aspects communs aux parcelles, on a rassemblé les parcelles individuelles à l'intérieur de communes ou bien de parties de petites régions spécifiques en groupes de lieux-dits (« Gewinngruppe ») qui sont constitués de lieux-dits situés les uns à côté des autres). Ce classement a pu être réalisé avec l'aide de cartographies des circonscriptions communales ou des sols. Pour ce faire, le principal problème fut l'erreur fréquente du numéro de parcelle ou bien la description imprécise du lieu-dit auquel se rapporte la parcelle, parce qu'ainsi une identification précise de la parcelle ne fut pas possible sur la carte. Après un rassemblement des données, on a pu alors en réussir l'exploitation en prenant en compte des facteurs importants comme la teneur en humus, le type de sol ou bien la valeur agronomique du sol (le « Ackerzahl » caractérise depuis le milieu du 20^{ème} siècle la valeur de la parcelle pour l'établissement d'un impôt foncier de l'exploitation), le précédent la culture principale ou la culture intermédiaire. Un rassemblement des lieux-dits a été réalisé pour les communes de Auggen, Neuenburg, Hausen et Biengen.

Avec le programme ACCESS, des calculs sont aussi réalisés (valeur moyenne en nitrates) pendant l'interrogation, afin de comparer des groupes individuels ou des années différentes. Pour les calculs, on a besoin de la touche [Σ] avec qui une série de fonctions cachées a été introduite dans la procédure de questionnement. Tout d'abord, il se trouve dans chaque colonne de cette série la description « regroupement » qui toutefois peut alors être transformée pour les calculs en moyenne, somme et autres itinéraires de calcul.

Le texte inutile ou les colonnes de chiffres doivent être écartés lors de chaque processus de calcul afin qu'il puisse se dérouler irréprochablement.

D'autre part, nous avons essayé en alternative, avec la méthode « Cluster » du programme SPSS (sorte d'analyse statistique par groupe), de constater des similitudes possibles pour les deux premiers horizons de sol afin de pouvoir répartir les séries de données dans des groupes particuliers.

Par ce procédé, on a constitué la différence et le carré pour les séries de données individuelles de valeurs de nitrates disponibles. Les chiffres sont comparés et selon les équivalences répartis dans un nombre choisi de classes. Cette méthode « Cluster » a été appliquée pour la circonscription d'Auggen. Comme les résultats obtenus ne furent pas significatifs, cette méthode n'a pas été reprise par la suite.

2.2 Exploitation des valeurs de reliquats en nitrates des sols à grande échelle

La base de données de l'Office pour les productions végétales de Forchheim (B.W.) fut utilisé pour une exploitation à vaste échelle des valeurs de nitrates des sols. Cette base de données administre et centralise toutes les séries de données issues du programme NID. Une série de données du NID comprend en plus des résultats d'analyse toutes les informations que l'agriculteur communique sur la feuille d'accompagnement, comme entre autres la culture principale, la culture intermédiaire et le précédent., le type de sol et sa valeur agronomique (chiffre qui exprime la valeur du sol sous l'angle de sa fertilité naturelle exprimée en indice (7 à 100) par rapport à celle des sols les plus riches d'Allemagne de la région agricole très fertile de Magdeburg) la fertilisation en automne, la gestion des pailles ou des résidus de récolte, l'élevage et le chargement. Les séries de données des années 1994 à 1998 ont été exploitées pour les « Landkreise » (équivalents de nos Cantons) Offenburg, Emmendingen, Breisgau-Hochschwarzwald et Lörrach pour les cultures de céréales y inclus le maïs. De plus, les données pour les céréales de la plaine de la vallée du Rhin du Regierungsbezirk Freiburg ont aussi été appréhendées.

L'exploitation des données a été réalisée cette fois sur Excel. Tout d'abord, la cohérence des données a été contrôlée. Les données classées comme douteuses furent éliminées. La préparation suivante s'ensuit en feuilles de tableaux sous la forme de tableaux pivots, avec lesquelles on peut accéder à la totalité des données, soit 3453 données. Les tableaux pivots permettent de filtrer et de représenter l'ensemble des données suivant plusieurs critères. Ainsi, on peut filtrer les données pour chaque culture principale (ou bien toutes) suivant :

1. fertilisation d'automne
2. semis sous mulch
3. nature d'élevage
4. valeur agronomique
5. culture intermédiaire
6. type de sol
7. précédent
8. résidus de récolte
9. semaine calendaire de prélèvement de sol

Les deux illustrations ci-dessous donnent une idée des grandeurs décrites et de la façon de les présenter. Les abréviations utilisées sont explicitées en Annexe 5.

Fig. 5 : extrait de NID.xls

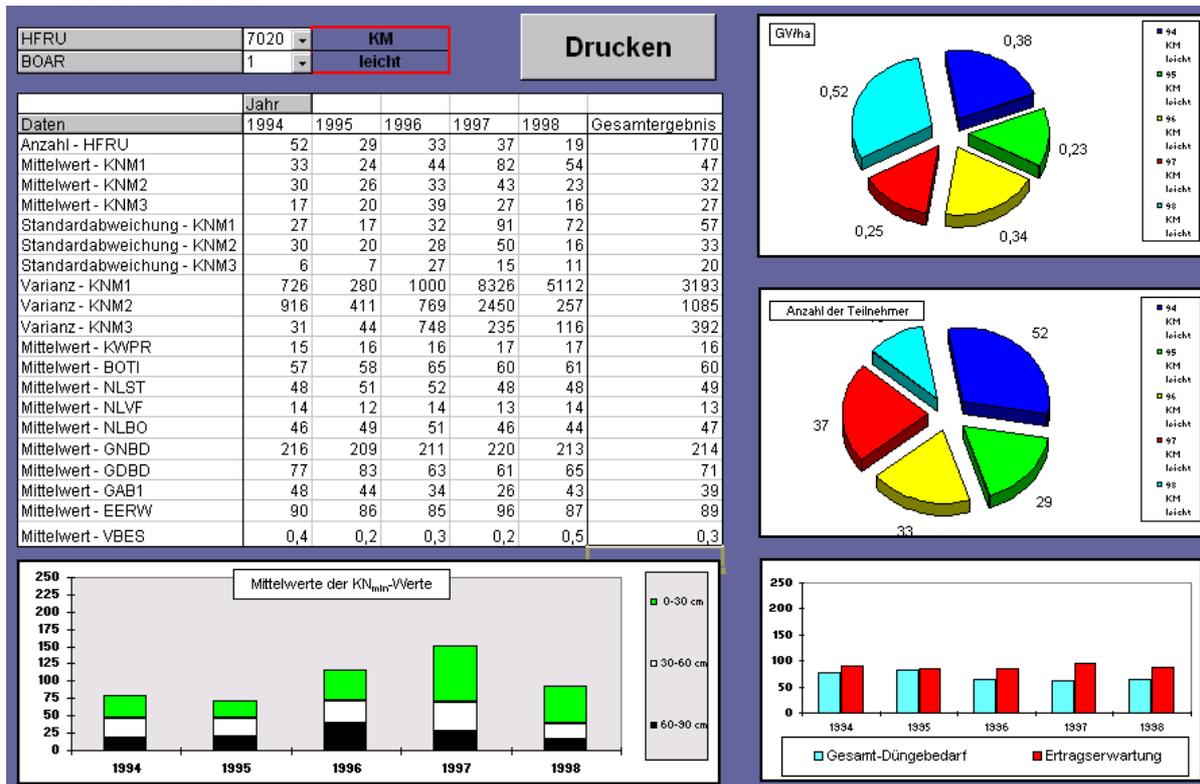


Fig. 6 : extrait de NID.xls

Hauptfrucht	KM				
Bodenart	leicht				
Jahr	1994	1995	1996	1997	1998
Teilnehmer	52	29	33	37	19
Mittelwerte der Teilnehmer					
Korr. N _{min} -Wert 00-30 cm	33	24	44	82	54
Korr. N _{min} -Wert 30-60 cm	30	26	33	43	23
Korr. N _{min} -Wert 60-90 cm	17	20	39	27	16
Korr. N _{min} -Wert 00-90 cm	80	71	117	151	94
Stabwn Nmin-Wert 00-30 cm	27	17	32	91	72
Stabwn Nmin-Wert 30-60 cm	30	20	28	50	16
Stabwn Nmin-Wert 60-90 cm	6	7	27	15	11
Varianz Nmin-Wert 00-30 cm	726	280	1000	8326	5112
Varianz Nmin-Wert 30-60 cm	916	411	769	2450	257
Varianz Nmin-Wert 60-90 cm	31	44	748	235	116
Kalenderwoche der Probenahme	15	16	16	17	17
Bodentiefe	57	58	65	60	61
N-Lieferung Standort	48	51	52	48	48
N-Lieferung Vorfrucht	14	12	14	13	14
N-Lieferung Boden	46	49	51	46	44
Gesamt N-Bedarf	216	209	211	220	213
Gesamt Düngebedarf	77	83	63	61	65
1. Düngergabe	48	44	34	26	43
Ertragsersparung	90	86	85	96	87
Viehbesatz in GV/ha	0,4	0,2	0,3	0,2	0,5

2.3 essais de fertilisation

Afin de pouvoir apprécier les effets de différents niveaux de fertilisation azotée, des essais ont été mis en place en 1992. Les facteurs étudiés étaient les suivants :

- Site de Hausen
 - Maïs grain (2 bandes = fausses répétitions)
 - irrigué
 - témoin sans apport d'azote
 - apport selon SchALVO
 - apport selon le code de bonne pratique
 - non irrigué
 - témoin sans apport d'azote
 - apport selon SchALVO
 - apport selon le code de bonne pratique
- Site de Biengen
 - Maïs grain (pas de répétitions)
 - non irrigué
 - témoin sans apport d'azote
 - apport selon SchALVO
 - apport selon le code de bonne pratique
 - Maïs fourrage (pas de répétitions)
 - non irrigué
 - témoin sans apport d'azote
 - apport selon SchALVO
 - apport selon le code de bonne pratique

La fertilisation des facteurs SchALVO et OGL a été réalisée dans les premières années suivant la méthode « Sollwert » puis les années suivantes suivant les calculs du NID.

3. Résultats

3.1 Exploitation à faible échelle

3.1.1 Données NID

Des résultats fiables concernant les groupes de données constitués par lieu-dit ne sont pas ici clairement mis en évidence à cause des données souvent manquantes et du classement incertain qui s'ensuit pour les parcelles individuelles. Il y a des groupes de lieux-dits pour qui les valeurs de nitrates sont visiblement toujours plus élevées que pour les autres groupes. cependant il se retrouve dans chaque groupe de lieux-dits des exceptions qui ne s'expliquent pas par le précédent ou d'autres paramètres appréhendés. Pour une explication des causes il faudrait vraisemblablement remonter plus loin dans le passé (par ex; retournement de pâture) ou bien enquêter d'autres facteurs (par ex. pertes de rendement suite à des dégâts de traitements phytosanitaires ou autres choses semblables).

Les tableaux 1-3 indiquent pour les circonscriptions d'Auggen et Neuenburg un exemple de tous les regroupements effectués pour les données NID. Les tableaux 1 et 2 classent suivant la date de prélèvement de l'échantillon de sol mais le tableau 3 au contraire suivant les valeurs progressives de nitrates.

Gemarku	Probedat	Haftru	Zwif	Vorfru	Acke	Nmin 0-	Nmin 30-	Nmin 60-	Sum 0-60	Sum 0-90	Gewann	Flurst	BoArt	BoKat
Neuenburg	11.02.1993	SG	verbl	WW		48	47		95		Wolfsgrün		mittel	Kies
Neuenburg	17.02.1993	WG	keine	Geme		6	9		15		Wäldeleäcker	2961	leicht	Sand
Neuenburg	17.02.1993	WG	keine	SM		10	17		27		Wäldeleäcker	2959	mittel	Kies
Neuenburg	10.04.1993	KM	keine	SM		33	30		63		Hohlenäcker	2955/56	mittel	Sand
Neuenburg	10.04.1993	SM	keine	WW	45	46	49	49	95	144	Wolfsgrün 1		leicht	Sand
Neuenburg	18.02.1994	SR	keine	KM	45	49	11		60		Wolfsgrün		mittel	Sand
Neuenburg	27.03.1994	KM	keine	unbe		10	12		22		Wäldeleäcker	2961	leicht	Sand
Neuenburg	27.03.1994	KM	keine	unbe		13	23		36		Wäldeleäcker	2959/1	leicht	Sand
Neuenburg	28.03.1994	SM	keine	WG	30	10	17		27		Hohlenäcker	2956	mittel	Sand
Neuenburg	28.03.1994	KM	keine	WW	30	11	14		25		Wäldeleäcker	2974	mittel	Kies
Neuenburg	03.04.1995	KM	Nicht	WR	50	12	32		44		Wolfsgrün		mittel	Kies
Neuenburg	04.04.1995	KM	Nicht	WW		16	18		34		Hohlenäcker	2955	mittel	Kies
Neuenburg	03.03.1997	SG	Nicht	SM		23	16		39		Wäldeleäcker	2979	leicht	Sand
Neuenburg	17.03.1997	ZR	keine	KM	40	28	29		57		Wolfsgrün		leicht	Sand
Neuenburg	07.04.1997	KM	Nicht	SG		39	27		66		Hohlenäcker	2955	leicht	Sand

Tab. 1: groupes de lieux-dits Hohlenäcker, Wolfsgrün, Wäldeleäcker

Gemark	Probedat	Haftru	Zwif	Vorfru	Acke	Nmin 0-	Nmin 30-	Nmin 60-	Sum 0-60	Sum 0-90	Gewann	Flurst Nr	BoArt	BoKat
Auggen	11.02.1993	SG	keine	WW		30	57	44	87	131	Schloßacker	9451	leicht	Sand
Auggen	11.02.1993	SRap	keine	WW	35	4	4		8		Hafenlöcher		leicht	Sand
Auggen	11.02.1993	SG	keine	WW	40	28	0		28		Schloßacker		mittel	Kies
Auggen	11.02.1993	HA	keine	SG		31	18		49		Schloßacker	9459	mittel	Kies
Auggen	11.02.1993	SG	verbl	WW		32	24		56		Hafenlöcher		mittel	Kies
Auggen	17.02.1993	WW	keine	WR	45	18	21		39		Am Schafstein		mittel	Kies
Auggen	17.02.1993	SG	abgef	WG		35	32		67		Schloßacker		mittel	Kies
Auggen	17.02.1993	SM	keine	WG		36	40		76		Schloßacker		mittel	Kies
Auggen	22.02.1994	SW	keine	WG	21	7	3		10		Schloßacker	9451	mittel	Kies
Auggen	23.02.1994	SG	keine	WW		4	9		13		Schafstein	9476/77	mittel	Kies
Auggen	23.02.1994	SG	keine	SB		4	10		14		Schloßacker	9384	mittel	Kies
Auggen	03.03.1994	WW	keine	WRap		9	0		9		Hafenlöcher		leicht	Sand
Auggen	21.02.1995	SG	Keine	WW		4	4		8		Schloßacker		leicht	Sand
Auggen	17.03.1995	SG	Nicht	WW		16	18		16		Schloßacker		mittel	Kies
Auggen	27.02.1996	SG	Legu	HA		10	20		10		Schafstein		leicht	Sand
Auggen	11.03.1996	SG	Nicht	SM	50	17	19		36		Schloßacker		mittel	Kies
Auggen	17.02.1997	unbe	keine	unbe		11	13		11		Schafstein		leicht	Sand
Auggen	27.02.1997	WW	keine	Senf		8	13		21		Schloßacker		leicht	Sand

Tab. 2 : groupes de lieux-dits Schloßacker, Hafenlöcher, Schafstein

Gemar	Probedat	Hafru	Zwif	Vorf	Acke	Nmin 0-	Nmin 30-	Nmin 60-	Sum 0-60	Sum 0-90	Gewann	Flurst	BoArt	BoKat
Auggen	18.02.1994	SG	Nicht	SM		4	6		10		Hacherweg		leicht	Sand
Auggen	02.03.1994	WW	Nicht	SG		11	0		11		Föhrenbäumle		leicht	Sand
Auggen	11.03.1996	WRap	keine	SG	50	13	17		13		Föhrenbäumle		leicht	Sand
Auggen	04.03.1997	SG	Nicht	SG		5	11		16		Hacher Weg		mittel	Kies
Auggen	27.02.1996	SG	Nicht	WW		16	16		16		Föhrenbäumle		leicht	Sand
Auggen	23.02.1994	SG	keine	Erbs		9	8		17		Hacherweg		mittel	Kies
Auggen	14.03.1994	SG	keine	unbe		19	0		19		Wangen	9989	mittel	Löß
Auggen	07.03.1996	SG	keine	KM		19	18		19		Wangen	9989	mittel	Kies
Auggen	03.03.1997	SG	keine	KM		10	10		20		U. Hacherweg	9196	leicht	Sand
Auggen	04.03.1995	SG	keine	SM		20	26		20		Wangen		mittel	Kies
Auggen	23.02.1994	HA	Nicht	SG		9	11		20		Unter d.	9163/64	mittel	Kies
Auggen	02.03.1994	KM	Nicht	SG		11	10		21		Oberhacherweg		leicht	Sand
Auggen	20.05.1996	Rgrü	keine	Rgrü		12	10		22		Hacherweg		mittel	Sand
Auggen	23.02.1994	SG	Nicht	SG		10	13		23		Oberhacherweg	9190	mittel	Kies
Auggen	19.02.1996	SG	Nicht	WW		14	11		25		N. Hacherweg	9163	leicht	Sand
Auggen	14.03.1994	SG	keine	SB		12	13		25		Föhrenbäumle		leicht	Sand
Auggen	05.03.1997	SG	Nicht	WW	60	17	21		27		Föhrenbäumle		mittel	Löß
Auggen	12.03.1993	WW	verbl	WRa		11	17		28		Föhrenbäumle		mittel	Kies
Auggen	18.03.1994	SM	keine	SG		13	9		32		Oberhachweg	9187	mittel	Löß
Auggen	06.03.1996	SG	Nicht	WW		16	16		32		Föhrenbäumle	9346/47	mittel	Löß
Auggen	03.03.1997	SG	nicht	WW		15	17		32		Hacherweg	9199-	leicht	Sand
Auggen	18.03.1994	SG	keine	WW		21	12		33		Föhrenbäumle	9358/59	mittel	Kies
Auggen	11.03.1994	SG	Nicht	HA		17	17		34		Föhrenbäumle		mittel	Kies
Auggen	03.03.1997	SG	Nicht	WW		18	18		36		Wangen	9989	mittel	Löß
Auggen	17.02.1993	SM	keine	unbe		17	20		37		Hacherfeld Jürgen		leicht	Sand
Auggen	18.03.1994	SM	keine	SG		26	9		40		Oberhachweg	9185/86	mittel	Löß
Auggen	17.02.1993	SG	keine	SM		16	25		41		Hacherweg	9185	leicht	Sand
Auggen	03.03.1997	SG	Nicht	WW		19	25		44		Unt.	9194	mittel	Löß
Auggen	11.02.1993	SG	verbl	SG		21	27		48		Unter d.	9190	mittel	Kies
Auggen	11.02.1993	KM	keine	SG		30	20		50		Föhrenbäumle		mittel	Kies
Auggen	11.02.1993	SG	verbl	SRap		35	16		51		Föhrenbäumle	9350	mittel	Kies
Auggen	11.02.1993	SG	verbl	Phac		30	22		52		Föhrenbäumle	9351	mittel	Kies
Auggen	05.03.1997	SG	Nicht	SG	40	14	44		58		Hacher Weg		mittel	Kies
Auggen	11.02.1993	SG	verbl	SG		26	36		62		Unter d.	9163/64	mittel	Kies
Auggen	11.02.1993	SG	keine	SG		35	28		63		Hacher Weg Ost		mittel	Kies
Auggen	11.02.1993	SG	keine	WW		40	24		64		Hacherweg	9184	mittel	Kies
Auggen	17.02.1993	SG	keine	SM		34	31		65		Hacherweg	9186	mittel	Kies
Auggen	17.04.1996	KM	Nicht	WW		69	0		69		Hacherfeld		mittel	Kies
Auggen	17.02.1993	SG	keine	WW		29	45		74		Hacherfeld Ralf		leicht	Sand
Auggen	11.02.1993	SG	keine	SG		51	33		84		Hacher Weg West		mittel	Kies

Tab. 3 : groupes de lieux-dits Hacherweg/feld, Föhrenbäumle, Wangen
Valeurs de l'année 1993 en rouge (compare la dernière partie de cet extrait)

Dans les trois tableaux, on peut retrouver des lieux-dits (par ex. Hacherweg dans le tab. 3) pour qui les valeurs peuvent être très fortes mais aussi parfois très faibles. Sans la prise en compte de critères individuels très importants comme le type de sol, la culture principale ou le précédent, on ne peut tirer ici aucun enseignement précis, permettant de dire quels lieux-dits tendent vers des valeurs hautes ou basses.

Si l'on prend en compte ces facteurs prépondérants pour le classement, le nombre des données d'une série devient alors très petit. Il n'est alors plus guère possible d'effectuer une interprétation significative, comme ainsi par ex. pour l'interrogation « Neue, Griss, Zien (KM) ». Ici on a rassemblé trois communes qui reçoivent environ la même pluviométrie (650 mm). On a trié plus finement suivant la présence de maïs grain en culture principale et précédente et en fonction du type de sol : léger, moyen et lourd. Après le tri, il ne reste alors plus que trois ou quatre données par série comme on le voit dans le tableau 4. Le domaine du tri concernait pourtant toutes les données des années 1993-1997.

Gemarkung	Probedat	Gewann	BoArt	Vorfru	Zwifru	Hafru	Nmin 0-	Nmin 30-	Nmin 60-	Sum 0-60	Sum 0-90	Ackerz	Flurst
Zienken	11.02.1993	Sechzig	leicht	KM	keine	KM	30	30		60		45	1494
Grißheim	28.03.1994	Sichling	leicht	KM	keine	KM	76	23		76		30	
Grißheim	28.03.1994	Am oberen	leicht	KM	keine	KM	46	33		79			5525
Grißheim	17.05.1994	Oberfeld	leicht	KM	keine	KM	136	112		248		40	
Neuenburg-	04.04.1995	Krumfuhre	mittel	KM	keine	KM	8	16	17	24	41	70	3120-
Neuenburg-	04.04.1995	Langenrosen	mittel	KM	keine	KM	52	20		52			3153
Neuenburg	17.05.1994	Gottsacker	mittel	KM	keine	KM	134	57		191		40	

Tab. 4: interrogation „Neue, Griß, Zien (maïs grain „KM“)“

Pour ce qui est de l'interrogation « Müll, Hügel, Bugg (orge de printemps „SG“), il semble que les trois lieux-dits de Hügelheim, indiqués en rouge, tendent vers les valeurs les plus élevées, bien qu'il ne reste bien sûr qu'un nombre de données trop faible. Le domaine d'interrogation concerne ici aussi la période 1993-1997. Aussi ce résultat est plutôt marqué par un concours de hasard.

Gemarkung	Probedat	Gewann	BoArt	Vorfru	Zwifru	Hafru	Nmin 0-	Nmin 30-	Nmin 60-	Sum 0-60	Sum 0-90	Ackerz	Flurst
Müllheim	27.02.1997	Enten Weihe	leicht	SG	keine	SG	10	9		10			
Müllheim	17.02.1997	Grunghaufen	mittel	SG	keine	SG	11	13		11			
Müllheim	23.02.1994	Wässerefeld	mittel	SG	keine	SG	4	10		14			
Buggingen	04.03.1997	unbekannt	mittel	SG	Nichtl.	SG	16	15		16		70	
Buggingen	04.03.1997	In den Letten	mittel	SG	Nichtl.	SG	17	18		17		60	5237
Müllheim	23.02.1994	Grundhaufenwe	mittel	SG	keine	SG	11	14		25			
Müllheim	11.02.1993	Wässere Feld	mittel	SG	keine	SG	25	40		65			
Hügelheim	07.04.1994	Sattel	mittel	SG	keine	SG	70	37		70		80	
Hügelheim	11.02.1993	Hundsrücken	mittel	SG	keine	SG	31	50		81			3688
Hügelheim	07.04.1994	Zinsacker	mittel	SG	keine	SG	88	51		88		60	3768/69

Tab. 5 : interrogation „Müll, Hügel, Bugg (SG)“

De manière générale, les conditions climatiques variables chaque année, et en particulier les conditions du printemps, jouent probablement un rôle important. Pour l'interrogation « Neue, Griss, Zien (SG) du tableau 6, on peut voir qu'en 1993 il y a régulièrement des valeurs de nitrates plus fortes que lors des années suivantes.

Gemarkung	Probedat	Gewann	BoArt	Vorfru	Zwifru	Hafru	Nmin 0-	Nmin 30-	Nmin 60-	Sum 0-60	Sum 0-90	Ackerz	Flurst
Neuenburg	27.02.1997	Renkenweg	leicht	SG	Nichtl.	SG	19	15		19			
Neuenburg	23.02.1994	Sauwinkel	leicht	SG	nicht	SG	17	19		36		43	
Neuenburg	05.03.1997	Untere Riese	leicht	SG	Nichtl.	SG	20	24		44		35	
Zienken	01.03.1997	Schafweide	leicht	SG	Nichtl.	SG	31	60		91		35	
Neuenburg	05.03.1997	Beim	mittel	SG	Nichtl.	SG	12	7		19		35	
Neuenburg	05.03.1997	Pumpwerk	mittel	SG	keine	SG	12	13		25		40	
Neuenburg	23.02.1994	Faulbaumwald	mittel	SG	Nichtl.	SG	14	15		29			4607
Neuenburg	01.03.1997	Neuer Stein	mittel	SG	keine	SG	13	18		31		46	4601/2
Zienken	03.03.1997	Galgenacker	mittel	SG	Nichtl.	SG	29	18		47		40	1416
Neuenburg	11.02.1993	Untere Riese	mittel	SG	keine	SG	21	30		51			5050
Neuenburg	11.02.1993	Renkenweg	mittel	SG	verbl	SG	38	29		67			
Neuenburg	11.02.1993	Heilig-Kreuz	mittel	SG	keine	SG	29	39		68			
Neuenburg	05.03.1997	Unbekannt	mittel	SG	Nichtl.	SG	25	89		69		40	
Neuenburg	17.02.1993	Geigenbuck	mittel	SG	keine	SG	41	31		72		38	

Tab. 6 : interrogation „Neue, Griß, Zien (SG)“

Probablement que ces résultats sont à lier à des minéralisations plus fortes ou bien des lessivages plus faibles. Cette affirmation trouve encore une confirmation dans l'interrogation « Auggen (Hacherw + Föhrenb) dans le tableau 3. Les valeurs en nitrates de 1993 sont là aussi plus élevées (valeurs inscrites en rouge).

Pour complément, on a encore une fois répertorié dans le tableau 7 différentes interrogations pour la commune de Auggen avec les calculs qui y sont afférents. Les données appartiennent toutes à l'origine au tableau A. La première colonne (interrogation Auggen) indique à chaque fois seulement une délimitation, par ex. l'année ou le type de sol. Les résultats de chacune des délimitations sont positionnés dans la colonne « général ». On a de plus introduit dans les troisième et quatrième colonnes la culture principale (orge de printemps ou maïs grain) en tant que seconde délimitation. Malgré un écart type en partie très

important, on peut ici aussi reconnaître des valeurs de nitrates sensiblement plus fortes pour 1993. De plus, les parcelles au sol lourd et probablement celles avec un précédent légumineuses ont tendance à également atteindre les valeurs de nitrates les plus élevées.

Interrogation Auggen		général				Culture principale OP				Culture principale maïs			
		m	x	E.T.	n	m	x	E.T.	n	m	x	E.T.	n
Année	1993	50,0	52,4	19,3	47	51,5	51,9	15,8	32	50,0	50,0	-	1
	1994	19,0	21,5	10,7	53	19,0	19,8	8,1	27	25,5	26,3	8,3	4
	1995	15,0	16,8	8,0	12	15,0	16,8	8,0	12	-	-	-	-
	1996	21,0	27,6	17,0	24	20,0	24,9	14,3	14	44,0	49,7	17,2	3
	1997	25,0	31,5	25,9	32	26,0	26,4	11,9	20	58,0	58,0	-	1
Sol	léger	21,0	26,0	21,7	33	20,5	25,9	19,9	22	28,5	28,5	10,6	2
	moyen	25,0	34,4	21,6	126	29,0	32,4	18,3	79	44,0	43,6	17,3	7
	lourd	27,5	32,8	24,2	8	41,0	43,3	11,7	3	-	-	-	-
Précédent	Légu min	34,5	34,5	24,7	2	34,5	34,5	24,7	2	-	-	-	-
	Céréales	30,0	34,9	23,5	97	29,0	32,7	19,5	73	44,0	44,0	16,6	7
	Mais	24,0	27,9	18,4	19	24,0	27,3	15,9	13	36,0	36,0	-	1

Tab. 7 : calculs statistiques sur la commune de Auggen

m = valeur médianet, x = valeur moyenne, E.T. = écart type, n = nombre de données

3.1.2 Valeurs provenant du projet pilote maïs

Afin de disposer d'un plus grand nombre de données et de pouvoir enquêter dans un même temps une autre région, les données de l'essai pilote de Hausen/ Biengen des années 1992 à 1994 ont été converties et introduites dans la base de données.

L'avantage de ces données d'expérimentations était qu'elles étaient presque complètes et de plus très précisément séparées.

La pluviométrie annuelle de Hausen /Biengen est d'environ 650-700 mm.

Ici aussi, on a cherché lors de l'interrogation à classer autant que possible les données à l'aide de critères car pour les séries de données il y avait des conditions analogues. Naturellement, de cette manière on a réduit le nombre de données par série toutefois pas dans les mêmes proportions que pour les données NID.

Tout d'abord on se limite à la même année de prélèvement et la même culture principale et précédente (maïs grain). Ainsi on obtient 98 données pour l'année 1992 et 108 données pour 1994.

L'année 1993 n'est pas adaptée à une exploitation car aucune information n'est accessible pour le précédent. Afin d'affiner encore le classement des données, on a pris en compte le type de sol (dans l'ex. L = lehm) et la culture suivante sous forme de semis sous couvert (US 1 = bien et US 2 = moyen).

Le tableau 8 montre ainsi les données de 1992 dotées d'un semis sous couvert 2 et le tableau 9 celles avec un semis sous couvert 1.

GEWANN	GEMA	NMINDAT	NMIN	NMIN	NMIN	NMIND	FLSTNR	VORF	NACH	ZWF	HAUP	BODE	HUMU	CNVER
Dumpfgraben	Hausen	05.04.1992	20	23	35	78	1573	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	1,9	8,5
Schmidtacker	Hausen	05.04.1992	27	30	39	96	1618	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,1	7,6
Mengener Weg	Hausen	05.04.1992	26	23	24	73	1734	K.Mais	US2	1	K.Mais	L	1,8	8
Mengener Weg	Hausen	05.04.1992	21	20	23	64	1739	K.Mais	US2	1	K.Mais	L	1,7	6,7
Mengenerweg	Hausen	05.04.1992	22	20	16	58	1740	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2	8,9
Kleinfeld	Hausen	05.04.1992	27	25	45	97	1763	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	1,7	8,2
Rausacker	Hausen	05.04.1992	32	33	36	101	1780	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2	8,3
Rausacker	Hausen	05.04.1992	15	29	40	84	1785	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,1	9,4
Breitenweg	Hausen	05.04.1992	18	26	29	73	1841	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,1	8,7
Neumatten	Hausen	05.04.1992	22	24	29	75	1961 Tf	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,8	8,1
Neumatten	Hausen	05.04.1992	22	24	29	75	1961 Tf	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,8	8,1
Neumatten	Hausen	05.04.1992	22	24	29	75	1961 Tf	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,8	8,1
Neumatten	Hausen	05.04.1992	22	24	29	75	1961 Tf	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,8	8,1
Unterer	Hausen	05.04.1992	20	31	42	93	1966	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	3,4	7,6
Breitenweg	Hausen	05.04.1992	35	45	49	129	1971	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,5	8
Storchenmatten	Hausen	05.04.1992	30	36	57	123	1978	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	3	8,3
Storchenmatten	Hausen	05.04.1992	23	34	38	95	1980	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,7	7,5
Bodenmatten	Hausen	05.04.1992	27	29	34	90	2008	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	3,3	8,3
Rebgärte	Hausen	05.04.1992	26	29	28	83	2042	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	3,2	8,4
Grezhauer Feld	Hausen	05.04.1992	18	17	25	60	2137	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2,2	9,1
Im unteren Öhler	Hausen	05.04.1992	25	31	54	110	2191	K.Mais	US2	0	K.Mais	L	2	8,3
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	35	33	33	101	3615	K.Mais	US2	1	K.Mais	L	1,6	7,7

Tab. 8 : interrogation „Hausen+Biengen(US2)“

GEWANN	GEMA	NMINDAT	NMIN	NMIN	NMIN	NMIND	FLSTNR	VORF	NACH	ZWF	HAUP	BODE	HUMU	CNVER
Sandacker	Hausen /	05.04.1992	12	20	44	76	1598	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,1	8,7
Rimsingerweg	Hausen	05.04.1992	21	32	37	90	1605	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,2	8,5
Schmidtacker	Hausen	05.04.1992	24	26	29	79	1622	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,5	7,3
Schmidtacker	Hausen	05.04.1992	14	19	24	57	1628	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2	7,7
Hundsacker	Hausen	05.04.1992	21	25	31	77	1637	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	1,9	7,9
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	15	19	25	59	1645	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,9	8,5
Im oberen Öhler	Hausen	05.04.1992	27	30	32	89	1715	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,9	8,5
Mattfeldele	Hausen	05.04.1992	27	50	59	136	1818	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	2,4	8,7
Mattfeld	Hausen	05.04.1992	21	30	28	79	1819	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,9	8
Breitweg	Hausen	05.04.1992	43	46	36	125	1848	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2	8,3
Oberer	Hausen	05.04.1992	41	47	50	138	1848/1	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,7	7
Am Feldkircher	Hausen	05.04.1992	26	25	34	85	1858 Tf	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	1,8	8,7
Kirchacker	Hausen	05.04.1992	26	29	29	84	1858 Tf	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,9	9,2
Bierenweg	Hausen	05.04.1992	24	34	48	106	1868	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	1,6	8,5
Bierenweg	Hausen	05.04.1992	15	21	24	60	1884	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,7	8,2
Käsgraben	Hausen	05.04.1992	21	25	29	75	1890	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,8	8
Innere Hardt	Hausen	05.04.1992	16	25	23	64	1940 Tf	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	1,6	7,1
Storchenmatten	Hausen	05.04.1992	21	21	34	76	1957	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	2,4	7,7
Breitenweg	Hausen	05.04.1992	21	27	39	87	1967	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	2,9	7,6
Heuspiel	Hausen	05.04.1992	25	44	79	148	1983	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,3	7,7
Heuspiel	Hausen	05.04.1992	15	26	23	64	1992	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,8	8,8
Unterer	Hausen	05.04.1992	14	30	33	77	1997	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,2	8
Bodenmatten	Hausen	05.04.1992	42	42	41	125	1999	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	4,1	8,5
Bodenmatten	Hausen	05.04.1992	29	29	39	97	2006	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3	8,3
Bodenmatten	Hausen	05.04.1992	26	27	32	85	2009	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,4	8,2
Stegelmatten	Hausen	05.04.1992	29	29	44	102	2049	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3	7,9
Gehrenmatten	Hausen	05.04.1992	21	22	26	69	2057	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,5	8,5
Gemeindematten	Hausen	05.04.1992	39	39	60	138	2084	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,7	8,9
Gemeindematten	Hausen	05.04.1992	25	28	37	90	2093	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,5	8,1
Gemeindematten	Hausen	05.04.1992	25	28	37	90	2094 Tf	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,5	8,1
Gemeindematten	Hausen	05.04.1992	25	28	37	90	2094 Tf	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	2,5	8
Grenzhauer	Hausen	05.04.1992	20	28	32	80	2131	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,8	9,5
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	19	22	30	71	2167	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,8	8,7
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	32	32	40	104	2169	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2	8,3
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	19	22	26	67	2171	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,9	8,5
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	16	18	22	56	2172	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,7	8,2
Hauserfeld	Hausen	05.04.1992	35	36	40	111	4669	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,8	9,5
Neumatte	Hausen	05.04.1992	38	34	35	107	6075	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	3,5	7,5

Tab. 9 : interrogation „Hausen+Biengen(US1)“

Dans le tableau 8, le groupe de lieux-dits Breitenweg + Unt. Breiten + Storchenmatten a de très fortes valeurs. Dans le tableau 9, ce sont les groupes de lieux-dits Breitweg + oberer Breitweg + Feldkircherweg + Kirchacker + Bierenweg et les groupes Bodenmatten + Stegelmatten + Gehrenmatten + Gemeindematten montrent les valeurs les plus élevées.

On peut aussi reconnaître que les parcelles avec les plus fortes valeurs comportent à plusieurs reprises le nom „Matten“ dans la description des lieux-dits. Ce sont probablement d'anciennes prairies ce qui se laisse confirmer par les teneurs en humus plutôt plus importantes.

Afin d'encore mieux tenir compte de la teneur en humus, l'interrogation a été encore précisée. Pour ce faire, les séries de données ont été séparées dans différents tableaux selon une teneur en humus („Humusgehalt“) $\leq 2,4\%$ (Tab. 10) et $\geq 2,5\%$ (Tab. 11).

LIEU-DIT	GEMAR	NMINDAT	NMI	NMI	NMIN	NMIND	FLSTN	VORF	NACH	ZWF	HAUPT	BODE	HUM	CNVER
Sandacker	Hausen	05.04.1992	12	20	44	76	1598	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,1	8,7
Rimsingerweg	Hausen	05.04.1992	21	32	37	90	1605	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,2	8,5
Schmidtacker	Hausen	05.04.1992	24	26	29	79	1622	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,5	7,3
Schmidacker	Hausen	05.04.1992	14	19	24	57	1628	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2	7,7
Hundsacker	Hausen	05.04.1992	21	25	31	77	1637	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	1,9	7,9
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	15	19	25	59	1645	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,9	8,5
Im oberen Öhler	Hausen	05.04.1992	27	30	32	89	1715	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,9	8,5
Mattfeldele	Hausen	05.04.1992	27	50	59	136	1818	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	2,4	8,7
Breitweg	Hausen	05.04.1992	43	46	36	125	1848	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2	8,3
Oberer	Hausen	05.04.1992	41	47	50	138	1848/1	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,7	7
Am Feldkircher	Hausen	05.04.1992	26	25	34	85	1858 Tf	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	1,8	8,7
Kirchacker	Hausen	05.04.1992	26	29	29	84	1858 Tf	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,9	9,2
Bierenweg	Hausen	05.04.1992	24	34	48	106	1868	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	1,6	8,5
Bierenweg	Hausen	05.04.1992	15	21	24	60	1884	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,7	8,2
Käsgraben	Hausen	05.04.1992	21	25	29	75	1890	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,8	8
Innere Hardt	Hausen	05.04.1992	16	25	23	64	1940 Tf	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	1,6	7,1
Storchenmatten	Hausen	05.04.1992	21	21	34	76	1957	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	2,4	7,7
Grenzhäuser	Hausen	05.04.1992	20	28	32	80	2131	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,8	9,5
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	19	22	30	71	2167	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,8	8,7
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	32	32	40	104	2169	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2	8,3
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	19	22	26	67	2171	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,9	8,5
Krummengraben	Hausen	05.04.1992	16	18	22	56	2172	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,7	8,2
Hauserfeld	Hausen	05.04.1992	35	36	40	111	4669	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	1,8	9,5

Tab. 10 : interrogation „teneur en humus“ $\leq 2,4\%$ de 1992

GEWANN	GEMAR	NMINDAT	NMI	NMI	NMIN	NMIND	FLSTN	VORF	NACH	ZWF	HAUPT	BODE	HUM	CNVER
Mattfeld	Hausen	05.04.1992	21	30	28	79	1819	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,9	8
Breitenweg	Hausen	05.04.1992	21	27	39	87	1967	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	2,9	7,6
Heuspiel	Hausen	05.04.1992	25	44	79	148	1983	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,3	7,7
Heuspiel	Hausen	05.04.1992	15	26	23	64	1992	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,8	8,8
Unterer	Hausen	05.04.1992	14	30	33	77	1997	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,2	8
Bodenmatten	Hausen	05.04.1992	42	42	41	125	1999	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	4,1	8,5
Bodenmatten	Hausen	05.04.1992	29	29	39	97	2006	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3	8,3
Bodenmatten	Hausen	05.04.1992	26	27	32	85	2009	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,4	8,2
Stegelmatten	Hausen	05.04.1992	29	29	44	102	2049	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3	7,9
Gehrenmatten	Hausen	05.04.1992	21	22	26	69	2057	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,5	8,5
Gemeindematten	Hausen	05.04.1992	39	39	60	138	2084	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	3,7	8,9
Gemeindematten	Hausen	05.04.1992	25	28	37	90	2093	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,5	8,1
Gemeindematten	Hausen	05.04.1992	25	28	37	90	2094 Tf	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	2,5	8
Gemeindematten	Hausen	05.04.1992	25	28	37	90	2094 Tf	K.Mais	US1	0	K.Mais	L	2,5	8,1
Neumatten	Hausen	05.04.1992	38	34	35	107	6075	K.Mais	US1	1	K.Mais	L	3,5	7,5

Tab. 11 : : interrogation „teneur en humus“ $\geq 2,5\%$ de 1992

Comme soupçonné, les parcelles des lieux-dits „Matten“ se retrouvent principalement dans le Tableau 11. La valeur moyenne $N_{\min}(x)$ et la valeur médiane $N_{\min}(m)$ sont pour cette interrogation en fonction de la teneur en humus sensiblement plus élevées.

Résultats : Tab. 10, teneur humus $\leq 2,4\%$: $x = 85,4 \text{ kgN/ha}$ $m = 79,0 \text{ kgN/ha}$
 Tab 11, teneur humus $\geq 2,5\%$: $x = 89,4 \text{ kgN/ha}$ $m = 90,0 \text{ kgN/ha}$

En 1994, il dessine aussi une répartition du même genre. Malheureusement, il fut impossible de séparer selon les différents semis sous couvert car dans la base de données il n'y avait plus de distingué que la présence ou l'absence de semis sous couvert.

GEWANN	GEMAR	NMINDATI	NMIN	NMIN	NMIN	NMIND	FLST	VORF	NACH	ZWFR	HAUP	BODE	HUM	CNVER
Dumpfgraben	Hausen	05.04.1994	17	10	11	37	1573	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,9	8,5
Breisacherstr.	Hausen	05.04.1994	13	9	8	30	1588	K.Mais	US		K.Mais	L	1,8	8,7
Sandacker	Hausen	05.04.1994	14	9	10	33	1595	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,8	8
Sandacker	Hausen	05.04.1994	19	14	11	44	1596	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	4
Sandascker	Hausen	05.04.1994	25	29	9	63	1598	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2,1	8,7
Schmidtacker	Hausen	05.04.1994	12	8	7	28	1623	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2,3	7,8
Hundsacker	Hausen	05.04.1994	20	12	6	38	1636	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	7,7
Hundsacker	Hausen	05.04.1994	20	9	11	40	1637	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,9	7,9
Krummengrabe	Hausen	05.04.1994	16	11	9	36	1645	K.Mais	US		K.Mais	L	1,9	8,5
Oberer Öhler	Hausen	05.04.1994	24	14	12	50	1714	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	8,2
Oberer Öhler	Hausen	05.04.1994	18	9	15	42	1715	K.Mais	US		K.Mais	L	1,9	8,5
Kanalweg	Biengen	05.04.1994	12	7	6	26	1734	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	9,7
Am Mengener	Hausen	05.04.1994	12	11	6	30	1734	K.Mais	US		K.Mais	L	1,8	8
Am Mengener	Hausen	05.04.1994	17	11	13	41	1740	K.Mais	US		K.Mais	L	2	8,9
Rausacker	Hausen	05.04.1994	11	8	4	23	1748	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,7	9
Kleinfeldele	Hausen	05.04.1994	17	11	12	39	1763	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,7	8,2
gegenüber	Hausen	05.04.1994	24	19	22	64	1771	K.Mais	US		K.Mais	L	1,8	7,5
Rausacker	Hausen	05.04.1994	14	11	10	35	1780	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	8,3
Rausacker	Hausen	05.04.1994	15	12	15	41	1784	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,9	7,9
Rausacker	Hausen	05.04.1994	15	14	8	37	1785	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2,1	9,4
Mattfeldele	Hausen	05.04.1994	13	12	10	36	1830	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	8,3
oberer	Hausen	05.04.1994	17	14	10	42	1848/1	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,7	7
oberer	Hausen	05.04.1994	14	15	8	36	1853	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,9	8,5
Kirchenackern	Hausen	05.04.1994	25	21	18	64	1858	K.Mais	US		K.Mais	L	1,9	9,2
Brücklegraben	Hausen	05.04.1994	14	14	10	38	1861w	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,8	8,7
Brückleacker	Hausen	05.04.1994	17	10	9	36	1862	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,7	8,2
Storchenmatten	Hausen	05.04.1994	25	11	8	43	1957	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2,4	7,7
Grezhausener	Hausen	05.04.1994	14	7	8	30	2124	K.Mais	US		K.Mais	L	1,6	8,4
Grezhausener	Hausen	05.04.1994	22	12	10	44	2137	K.Mais	US		K.Mais	L	2,2	9,1
Krummengrabe	Hausen	05.04.1994	20	14	17	52	2162	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	7,7
Krummengrabe	Hausen	05.04.1994	15	11	9	35	2168	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,8	8
Krummengrabe	Hausen	05.04.1994	10	12	8	30	2169	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	8,3
Krummengrabe	Hausen	05.04.1994	10	8	6	25	2171	K.Mais	US		K.Mais	L	1,9	8,5
Krummengrabe	Hausen	05.04.1994	15	14	8	37	2172	K.Mais	US	1	K.Mais	L	1,7	8,2
Im unteren	Hausen	05.04.1994	14	8	12	34	3608	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2	8,3

Tab. 12 : interrogation „teneur en humus“ <=2,4 %“ de 1994

GEWANN	GEMAR	NMINDATI	NMIN	NMIN	NMIN	NMIND	FLST	VORF	NACH	ZWFR	HAUP	BODE	HUM	CNVER
Munidamm	Hausen	05.04.1994	26	22	10	58	1593	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,2	8,4
Mattfeldele	Hausen	05.04.1994	32	24	14	71	1819	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2,9	8
unterer	Hausen	05.04.1994	30	24	21	75	1966	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,4	7,6
Breitenweg	Hausen	05.04.1994	22	20	22	64	1967	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2,9	7,6
unterer	Hausen	05.04.1994	23	28	11	62	1997	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,2	8
Bodenmatten	Hausen	05.04.1994	15	21	8	44	1998	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,5	8,5
Rebgärtle	Hausen	05.04.1994	22	22	16	60	2006	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3	8,3
Bodenmatten	Hausen	05.04.1994	29	28	18	76	2008	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,4	8,2
Rebgärtle	Hausen	05.04.1994	23	24	15	62	2042	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,2	8,4
Rebgärtle	Hausen	05.04.1994	24	30	13	67	2044	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3	8,3
Rebgärtle	Hausen	05.04.1994	30	22	13	65	2049	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3	7,9
Gehren	Hausen	05.04.1994	21	18	11	50	2057	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,5	8,5
Gemeindsmatte	Hausen	05.04.1994	42	33	13	89	2084	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,7	8,9
Gemeindeweg	Hausen	05.04.1994	27	15	4	46	2088	K.Mais	US		K.Mais	L	3,3	9,1
Gemeindsmatte	Hausen	05.04.1994	30	30	30	90	2089	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2,5	7,6
Gemeindematte	Hausen	05.04.1994	22	19	18	59	2094	K.Mais	US	1	K.Mais	L	3,5	9,2
Gehren	Hausen	05.04.1994	27	18	20	64	2094w	K.Mais	US	1	K.Mais	L	2,5	8

Tab. 13 : : interrogation „teneur en humus“ >=2,5 %“ de 1994

Cette fois encore les données regroupées sous le terme „Matten“ se retrouvent principalement dans le Tableau 13. On retrouve aussi cette fois le nom de lieu-dit „Rebgärtle“.

Les valeurs de nitrates de ce tableau sont également élevées. La valeur moyenne $N_{\min} \times$ est = 64,8 kgN/ha et la médiane des N_{\min} m est = à 64,0 kgN/ha. Dans le Tableau 12 des teneurs en humus <=2,4 %,

les valeur moyenne $x = 38,8$ kgN/ha et médiane $m = 37,0$ kgN/ha sont clairement inférieures. Ce résultat indique que les parcelles dotées d'une teneur en humus plus élevée conduisent à des valeurs en nitrates plus fortes dans le sol. Pour Hausen/Biengen, la différence atteint en 1994 plus de 20 kg N/ha.

Comme pour Auggen, le tableau 14 doit rassembler les interrogations les plus importantes conduites pour les communes de Hausen et Biengen, ainsi que les calculs effectués. A chaque fois toutes les données d'une année de prélèvement sont prises en compte dans les classifications effectuées. Aucun précédent légumineuse n'a été rencontré dans les années d'étude.

Pour 1993, on ne disposait pas d'indications au sujet du précédent.

Interrogation Hausen/Biengen		Totalité				Précédent OP				Précédent maïs			
		m	x	E.T.	n	m	x	E.T.	n	m	x	E.T.	n
Année	1992	86,0	97,8	57,1	590	150,0	160,0	101,8	37	88,5	95,1	35,2	392
Sol	L	88,0	99,3	53,5	336	193,0	209,2	145,3	13	88,5	94,2	33,7	286
	uL	71,0	93,0	50,7	43	-	-	-	-	87,5	95,3	42,5	28
	sL	90,0	111,9	63,1	50	156,0	160,7	41,2	7	82,0	99,1	39,5	28
	stL	82,0	89,3	24,1	29	-	-	-	-	82,0	89,3	24,1	29
Humus	< 2 %	79,0	93,4	46,6	222	151,0	157,1	71,3	11	80,0	90,2	36,3	168
	2-3 %	90,0	96,8	43,9	165	181,0	191,4	66,2	7	90,0	91,0	27,0	141
	> 3 %	109,0	124,8	80,0	70	388,0	388,0	326,7	2	107,0	112,9	37,5	61
Précéd.	Céréa.	83,0	92,9	25,1	17	-	-	-	-	83,0	92,9	25,1	17
	Mais	83,5	90,8	31,7	108	-	-	-	-	83,5	90,8	31,7	108
Année	1993	88,0	106,5	67,8	279	157,0	180,9	116,2	24	88,0	95,5	40,1	171
Boden	L	85,5	106,6	71,9	168	175,0	198,0	145,7	14	85,5	94,1	37,2	118
	uL	67,0	83,3	53,1	33	61,0	70,0	39,0	4	70,0	79,4	45,3	13
	sL	102,0	122,5	64,6	63	156,0	153,8	47,6	9	97,0	113,9	49,6	29
	stL	75,0	81,5	17,1	11	-	-	-	-	75,0	81,5	17,1	11
Humus	< 2 %	78,0	96,8	54,5	139	128,0	138,3	74,1	16	76,0	87,0	40,9	69
	2-3 %	90,0	101,5	56,4	91	169,0	165,2	76,4	10	90,0	90,5	31,7	67
	> 3 %	122,0	147,9	101,8	47	388,0	388,0	326,7	2	114,0	122,2	42,7	35
Année	1994	50,0	59,1	39,3	265	65,0	83,0	67,7	33	48,0	52,2	21,2	153
Sol	L	47,5	54,7	28,8	144	70,0	74,3	24,5	16	46,0	51,1	18,9	90
	uL	51,0	62,1	41,1	35	52,5	51,7	18,6	6	49,0	54,6	31,0	19
	sL	65,0	75,4	61,6	53	79,0	135,9	132,6	7	59,0	63,3	20,9	24
	stL	37,5	35,4	9,3	10	-	-	-	-	37,5	35,4	9,3	10
Humus	< 2 %	46,0	59,7	49,8	119	65,0	89,7	79,5	23	42,0	47,3	21,3	61
	2-3 %	50,0	55,2	27,0	81	79,5	68,3	28,7	4	49,5	53,7	21,3	60
	> 3 %	63,0	69,9	32,5	41	72,5	75,0	17,9	4	62,0	63,6	19,4	21
Préc.	Céréa.	70,0	78,0	38,6	48	75,5	84,0	35,0	10	66,0	73,0	28,1	21
	Mais	44,0	49,4	23,5	177	64,0	69,9	29,3	18	42,5	46,8	17,0	116

Tab. 14 : calculs statistiques pour lescommunes Hausen et Biengen

m = valeur médiane, x = valeur moyenne , E.T. = écart type, n = nombre de données

L'affirmation consistant à retrouver des valeurs de nitrates plus fortes pour des sols à teneur en humus les plus importantes est ici aussi confirmé par la valeur médiane. On peut aussi voir une tendance à avoir de plus fortes valeurs de nitrates pour les parcelles cultivées en orge de printemps que pour celles en maïs. Mais il faut savoir que le prélèvement dans le cas d'une culture d'orge se fait généralement en février c'est à dire 1 à 2 mois avant celui pour le maïs.

3.2 Exploitation à grande échelle

Après que l'exploitation des données issues de circonscriptions relativement homogènes du Markgräflerland n'ait pas permis de tirer beaucoup de conclusions le plus souvent à cause d'une quantité trop faibles de prélèvements, il a été travaillé dans un autre volet sur les séries de données NID des années 1994-1998 provenant du sud de la vallée rhénane, depuis le „Kreiss“ de Ortenau au nord en passant par les „Kreise“ Emmendingen, Freiburg et Breisgau-Hochschwarzwald jusqu'à Lörrach au sud.

Par la limitation aux cultures de céréales au sens le plus large (maïs inclus) on s'assure qu'il s'agit dans la plus part des cas de sites de la vallée du Rhin. La quantité de prélèvements atteint alors 3453 échantillons parmi lesquels on retrouve de loin le plus souvent le maïs (n=1886) puis l'orge de printemps (704). Ici encore, la variabilité des données est considérable ce qui peut être rapporté à l'influence de la multiplicité des sites et de leurs conditions naturelles mais aussi à l'effet de l'année. Ainsi, les valeurs moyennes annuelles en azote minéral mesuré au printemps varient de 58 kg pour 1995 à 101 kg N/ha pour 1997, ce qui signifie environ +/- 20 kg par rapport à la valeur moyenne 1994.- 1998 qui est de 80 kg N/ha. Malgré la relative importance du nombre de prélèvements, le nombre de valeurs trouvées se réduit encore considérablement pour certaines tentatives d'exploitation, si bien que très peu de valeurs restent disponibles. Souvent, ces valeurs varient encore de manière importante si bien que des conclusions sont guère possibles. Ces valeurs sont alors présentées entre parenthèses dans les tableaux. Les résultats sont rassemblés dans des tableaux permettant des aperçus auxquels de courts commentaires sont associés.

Des sorties complètes, en partie accompagnées par des graphiques sont placées en Annexes.

3.2.1 Valeurs Nmin du printemps (NID) en fonction de la fertilisation d'automne, l'espèce et l'année

relation avec le type de fertilisation d'automne pour les céréales (BH, OP, ME, MG)

(n = 3453)

fertilisation	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune	63	56	82	94	80	75
N mineral	142	118	127	159	133	136
Lisier	105	65	89	95	109	93
fumier	53	51	92	122	75	79
global	67	58	87	101	85	80

relation avec le type de fertilisation d'automne pour le blé d'hiver

(n = 462)

fertilisation	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune	36	22	51	39	67	43
N mineral			74	34	125	(78)
Lisier	41	22	45	41		(37)
fumier		20				(20)
global	37	22	51	39	67	43

relation avec le type de fertilisation d'automne pour l'orge de printemps

(n = 704)

fertilisation	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune	52	39	54	62	70	55
N mineral						
Lisier	92			80		(86)
fumier		40				(40)
global	55	39	55	63	69	56

relation avec le type de fertilisation d'automne pour le maïs fourrage

(n = 398)

fertilisation	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune	53	55	117	137	89	90
N mineral				105		(105)
Lisier	54	91	84	85	71	77
fumier	54	48	91	94	66	71
global	54	61	101	102	81	80

relation avec le type de fertilisation d'automne pour le maïs grain

(n = 1886)

fertilisation	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune	74	69	99	124	88	91
N mineral	156	124	136	214	137	153
Lisier	151	76	118	129	160	127
fumier	53	61	96	214	112	107
global	80	71	104	136	98	98

On peut constater que les valeurs pour la série sans fertilisation sont les plus modestes.

Celles associées à une fertilisation d'automne (+ 15 - +60 kg N/ha) sont les plus importantes.

Le fumier conduit à des valeurs renforcées (+15) ou diminuées (-20) par rapport aux données de parcelles non fertilisées. Le lisier augmente les valeurs la plupart du temps (-10 - +30) vis à vis des sans fertilisation, sans pour autant monter au niveau des valeurs après fertilisation minérale.

3.2.2 Valeurs Nmin du printemps (NID) en fonction du type d'élevage, l'espèce et l'année

relation avec le type d'élevage pour les céréales (BH, OP, ME, MG)

(n = 3453)

Elevage	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Pas d'info	56	69	99	116	91	86
Pas d'élevage	77	52	85	97	92	81
bovinsr	62	54	64	87	75	68
porcs	79	61	88	134	74	87
mélange	69	52	82	86	79	74
volailles			137	85	110	(111)
global	67	58	87	101	85	80

relation avec le type d'élevage pour le blé d'hiver

(n = 462)

Elevage	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Pas d'info	38	28	84	44		49
Pas d'élevage	46	21	37	36	94	47
bovinsr	33		57	45	56	48
porcs	37	20	48	36	48	38
mélange		15	31	33	64	(36)
volailles			134			(134)
global	37	22	51	39	67	43

relation avec le type d'élevage pour l'orge de printemps

(n = 704)

Elevage	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Pas d'info	47	45	64	61	73	58
Pas d'élevage	45	38	53	67	58	52
bovinsr	72		50	64		(62)
porcs					56	(56)
mélange	72	30				(51)
volailles						
global	55	39	55	63	69	56

relation avec le type d'élevage pour le maïs fourrage

(n = 398)

Elevage	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Pas d'info	58	54	132	150	144	108
Pas d'élevage	39	62	114	133	76	85
bovinsr	56	52	73	88	74	69
porcs	45	99	153	183	90	114
mélange		150	101	100	72	(106)
volailles						
global	54	61	101	102	81	80

relation avec le type d'élevage pour le maïs grain

(n = 1886)

Elevage	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Pas d'info	66	88	114	167	119	111
Pas d'élevage	83	66	102	115	99	93
bovinsr	85	53	64	128	94	85
porcs	99	68	97	184	80	106
mélange	79	64	104	162	97	101
volailles			129	90	110	(110)
global	80	71	104	136	98	98

Les effets de l'élevage (comparaison avec et sans élevage) sont faibles et éphémères..

3.2.3 Valeurs Nmin du printemps (NID) en fonction de la technique de semis, l'espèce et l'année

Relation avec la technique de semis pour les céréales (BH, OP, ME, MG)

(n = 3453)

Mode de semis	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Semis sous Mulch	59	50	78	59	57	61
Semis convent.	68	59	87	104	87	81
Global	67	58	87	101	85	80

Relation avec la technique de semis pour le blé d'hiver

(n = 462)

Mode de semis	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Semis sous Mulch	40	26	45	46	50	41
Semis convent.	36	22	54	37	70	44
Global	37	22	51	39	67	43

Relation avec la technique de semis pour l'orge de printemps

(n = 704)

Mode de semis	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Semis sous Mulch		36			55	(46)
Semis convent.	55	39	55	64	86	60
Global	55	39	55	63	69	56

Relation avec la technique de semis pour le maïs ensilage

(n = 398)

Mode de semis	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Semis sous Mulch			146	211		(155)
Semis convent.	53	61	100	101	81	79
Global	54	61	101	102	81	80

Relation avec la technique de semis pour le maïs grain

(n = 1886)

Mode de semis	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Semis sous Mulch	66	63	95	68	81	75
Semis convent.	81	71	105	138	99	99
Global	80	71	104	136	98	98

Le mode de semis sous mulch montre des valeurs nettement inférieures, en particulier pour le maïs(24 kg N/ha), par rapport au semis conventionnel.

3.2.4 Valeurs Nmin du printemps (NID) en fonction de la valeur agronomique du champ (Ackerzahl) , l'espèce et l'année

Relation avec la valeur agronomique de la parcelle pour les céréales (BH, OP, ME, MG)
(n = 3453)

valeur	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune données	61	52	87	108	103	82
1 - 40	60	64	86	86		(74)
41 - 60	64	52	92	104	82	79
61 - 100	73	63	85	98	81	80
Alle	67	58	87	101	85	80

Relation avec la valeur agronomique de la parcelle pour le blé d'hiver (n = 462)

	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune données	31	20	50			(34)
1 - 40			51	39		(45)
41 - 60	58	23	50	42	66	48
61 - 100	38	22	53	37	76	45
Alle	37	22	51	39	67	43

Relation avec la valeur agronomique de la parcelle pour l'orge de printemps
(n = 704)

Ackerzahl	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune données	54	35	58	59		(82)
1 - 40	48	44				(74)
41 - 60	40	37	49	50	59	47
61 - 100	74	51	58	62	85	66
Alle	55	39	55	63	69	56

Relation avec la valeur agronomique de la parcelle pour le maïs ensilage
(n = 398)

Ackerzahl	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune données	51	51	96	100	155	91
1 - 40			103	67	72	(80)
41 - 60	64	55	63	102	71	71
61 - 100	53	87	130	125	85	96
Alle	54	61	101	102	81	80

Relation avec la valeur agronomique de la parcelle pour le maïs grain
(n = 1886)

Ackerzahl	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune données	81	67	115	156	117	107
1 - 40	70	103	111			(94)
41 - 60	71	60	121	157	108	103
61 - 100	82	73	94	119	87	91
Alle	80	71	104	136	98	98

Si l'on considère les valeurs toutes céréales confondues, on ne trouve quasiment pas d'effet de la valeur agronomique, à l'exception des valeurs N min plus faibles pour les sols de faible valeurs mais qui sont toutefois peu nombreux.

3.2.5 Valeurs Nmin du printemps (NID) en fonction du type de sol , l'espèce et l'année

Relation avec le type de sol pour les céréales (BH, OP, ME, MG)
(n = 3453)

Type de sol	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
léger	61	51	95	103	75	77
moyen	71	60	88	103	87	82
lourd	55	55	79	88	83	72
humifère			94			(94)
global	67	58	87	101	85	80

Relation avec le type de sol pour le blé d'hiver
(n = 462)

Type de sol	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
léger		44		32	32	(36)
moyen	39	21	53	39	68	44
lourd	34		46	42	74	(49)
humifère						
global	37	22	51	39	67	43

Relation avec le type de sol pour l'orge de printemps
(n = 704)

Type de sol	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
léger		38	63		57	(53)
moyen	55	39	55	63	70	56
lourd					91	(91)
humifère						
global	55	39	55	63	69	56

Relation avec le type de sol pour le maïs ensilage
(n = 398)

Type de sol	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
léger	52	44	139	173		(102)
moyen	56	66	104	100	83	82
lourd	46	67	82	85	66	69
humifère						
global	54	61	101	102	81	80

Relation avec le type de sol pour le maïs grain
(n = 1886)

Type de sol	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
léger	80	71	117	151	94	103
moyen	85	73	103	136	98	99
lourd	60	57	101	118	100	87
humifère		94				(94)
global	80	71	104	136	98	98

Tandis que les valeurs N min augmentent pour les céréales à paille (BH, OP) en sols lourds, la tendance est inverse pour le maïs. Il est possible que cela soit à rapprocher à une application de fertilisants préalablement au prélèvement. Il est possible que cela exprime aussi une tendance à „compenser“ la qualité du sol (réserve en eau par ex.) par les fertilisants.

3.2.6 Valeurs Nmin du printemps (NID) en fonction du précédent, de l'espèce et de l'année

Relation avec le précédent pour les céréales (BH, OP, ME, MG) (n = 3453)

Précédent	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Blé hiver	71	58	79	96	74	76
Avoine	68	59	87	105	72	78
Colza hiver	69	131	73	78	129	96
Pom. de terre	64	51	101	113	42	74
Trèfle blanc	50	56	92	69	95	72
Maïs ensilage	45	56	75	83	84	69
Maïs grain	66	58	89	98	85	79
jachère	85	54	66		103	(77)
global	67	58	87	101	85	80

Relation avec précédent pour le blé d'hiver (n = 462)

Précédent	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Blé hiver						
Avoine	20	15	60	28	44	33
Colza hiver	38	11	60			(36)
Pom. de terre		14	73	42	26	(39)
Trèfle blanc	42			39	74	(52)
Maïs ensilage	31		57	47	66	(50)
Maïs grain	38	25	43	36	77	44
jachère	27	35				(31)
global	37	22	51	39	67	43

Relation avec précédent pour l'orge de printemps (n = 704)

Précédent	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Blé hiver	44	42	59	60	59	53
Avoine		36			69	(53)
Maïs ensilage	33	58				(46)
Maïs grain	70		47	63	87	(67)
Global	55	39	55	63	69	54

Relation avec précédent pour le maïs ensilage (n = 398)

Précédent	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Blé hiver	45	102	88	120	53	82
Avoine	51	67	100	105	73	79
Trèfle blanc			59			(59)
Maïs ensilage	58	60	105	120	92	87
Maïs grain	59	41	194			(98)
jachère	64				123	(94)
global	54	61	101	102	81	78

Relation avec précédent pour le maïs grain (n = 1886)

Précédent	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Blé hiver	94	69	99	129	99	98
Avoine	115	81	103	142	83	105
Colza hiver	128	39				(84)
Pom. de terre	68	77	114	158		(104)
Trèfle blanc		62				(62)
Maïs ensilage		68		172		(120)
Maïs grain	72	68	105	128	90	93
jachère	124	68	89			(94)
global	80	71	104	136	98	96

Le niveau de N min semble avant tout influencé par la culture principale. Seul le précédent colza semble apporter environ 20 kg N/ha de plus.

3.2.7 Valeurs Nmin du printemps (NID) en fonction du devenir des résidus, de l'espèce et l'année

Relation avec le devenir des résidus du précédent pour les céréales (BH, OP, ME, MG)
(n = 3453)

Pratique	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Avec enlèvement	64	58	82	93	80	75
Sans enlèvement	68	58	88	105	88	81
Global	67	58	87	101	85	80

Relation avec le devenir des résidus du précédent pour le blé d'hiver
(n = 462)

Pratique	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Avec enlèvement	30	20	61	42	49	40
Sans enlèvement	38	22	50	37	72	44
Global	37	22	51	39	67	43

Relation avec le devenir des résidus du précédent pour l'orge de printemps
(n = 704)

Pratique	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Avec enlèvement	51	39	39	61	65	51
Sans enlèvement	68	40	56	66	77	61
Global						80

Relation avec le devenir des résidus du précédent pour le maïs ensilage
(n = 398)

Pratique	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Avec enlèvement	54	65	91	94	73	75
Sans enlèvement	55	54	123	138	114	97
Global	54	61	101	102	81	80

Relation avec le devenir des résidus du précédent pour le maïs grain
(n = 1886)

Pratique	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Avec enlèvement	85	72	100	132	100	98
Sans enlèvement	79	70	105	135	98	97
Global	80	71	104	136	98	98

Exception faite du maïs grain, la valeur N min pour la pratique sans enlèvement des résidus de récolte (paille/feuilles de betteraves) est plus ou moins significativement au dessus (+5 - +20 kg N/ha) de la valeur avec enlèvement. Est ce que l'azote fixé par la matière organique sera libéré à nouveau au bon moment ?

Y a t'il des combinaisons d'effets avec d'éventuels apports de fertilisants pour l'enfouissement des pailles ?

3.2.8 Valeurs Nmin du printemps (NID) en fonction de la culture intermédiaire, de l'espèce et de l'année

relation avec la culture intermédiaire pour les céréales (BH, OP, ME, MG) (n = 3453)

C.I.	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
aucune	63	55	84	100	90	78
Pas légum. exploitée.	81	45	100	85	65	75
Pas leg; détruite à l'aut.	135			19		(77)
Pas leg détruite au print	79	68	88	103	83	84
Legum. exploitée		28	130	212	57	(107)
Legum. retournée 'aut.	59	41	86	85	66	67
Legum. Retournée print.			59			(59)
Global	67	58	87	101	85	80

relation avec la culture intermédiaire pour le blé d'hiver (n = 462)

Zwischenfrucht	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Keine	36	21	50	38	72	42
nicht-Leg., abgef.						
nicht-Leg; Herbsteinarb.						
nicht-Leg; Frühj.einarb.	37	22	61		55	(44)
Legum. abgef.					43	(35)
Legum. Herbsteinarb.						
Legum. Frühj.einarb.						
alle	37	22	51	39	67	43

relation avec la culture intermédiaire pour l'orge de printemps(n = 704)

Zwischenfrucht	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Keine	57	35	54	63	80	58
nicht-Leg., abgef.			32			(32)
nicht-Leg; Herbsteinarb.						?
nicht-Leg; Frühj.einarb.	39	50	58	61	61	54
Legum. abgef.						?
Legum. Herbsteinarb.		23				(23)
Legum. Frühj.einarb.						?
alle	55	39	55	63	69	56

relation avec la culture intermédiaire pour le maïs ensilage (n = 398)

Zwischenfrucht	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Keine	52	54	96	125	109	87
nicht-Leg., abgef.	51	45	98	91	58	69
nicht-Leg; Herbsteinarb.				19		(19)
nicht-Leg; Frühj.einarb.	70	76	101	102	80	86
Legum. abgef.						
Legum. Herbsteinarb.	35			93	106	(78)
Legum. Frühj.einarb.						
alle	54	61	101	102	81	80

relation avec la culture intermédiaire pour le maïs grain (n = 1886)

Zwischenfrucht	1994	1995	1996	1997	1998	Ø
Keine	74	70	104	137	104	98
nicht-Leg., abgef.	101	69	148		92	(103)
nicht-Leg; Herbsteinarb.	173					(173)
nicht-Leg; Frühj.einarb.	92	76	102	134	100	101
Legum. abgef.		38	148	252	62	(125)
Legum. Herbsteinarb.	67	44	72	85	49	63
Legum. Frühj.einarb.			59			(59)
alle	80	71	104	136	98	98

La modalité non „légumineuse et couvert exploité“ (par ex. pâturé) tout comme celle „légumineuse détruite à l'automne“ permettent de diminuer les valeurs N min vis à vis de „sans C.I.“, surtout dans le cas d'un maïs. Autrement, les effets semblent minimum.

3.3 Essais de fertilisation

Pour l'exploitation des résultats des essais, il a été tout d'abord calculé des moyennes pour les années 1992 à 1998 et pour les variables suivantes :

- fertilisation
- rendements
- absorptions d'azote
- Différence entre les absorptions des modalités OGL et SchALVO vis à vis du témoin
- Efficience des fertilisants azotés
- Reste de fertilisants

ceci à chaque fois séparément entre le témoin sans N, SchALVO et OGL. Les parcelles témoins sans apport d'azote sont les mêmes depuis 1992.

Sur les sites de Hausen et Biengen, les résultats de 1992, première année d'expérimentation, ont été inexploités à cause d'effets de transition. A Kirchzarten, au sol à forte teneur en humus, ce sont les résultats de 1993 qui ont été inexploités.

Comme la fertilisation a été adaptée suivant les mesures de N min effectuées pour chaque parcelle, les quantités de fertilisants apportées pour la modalité SchALVO ne sont pas vraiment inférieures de 20 % à celles pour OGL (=bonnes pratiques) en moyenne des années conformément à ce qui est prévu dans le décret SchALVO.

Le niveau de fertilisation moyen pour le maïs grain varie entre 130,5 et 138,3 kg N/ha pour les parcelles de la modalité OGL et celui de SchALVO n'est inférieur que de 3 à 8 kg N/ha, la plus petite différence se retrouvant dans la partie irriguée.

Sur le site de Kirchzarten avec du maïs ensilage, la fertilisation en moyenne des années est de 153,6 kg N/ha pour les parcelles OGL et 135,8 kg N/ha pour la variante SchALVO. L'écart entre les deux variantes est ainsi deux fois plus élevé que pour les essais avec le maïs grain, mais il n'atteint toutefois toujours pas 20%.

Les absorptions d'azote par le maïs non irrigué se distinguent considérablement suivant le site. Ainsi, l'absorption à Biengen est de 124 à 141 kg/ha soit presque 80 kg N/ha en dessous de Hausen (203 à 216 kg).

A Hausen, les variantes irriguées atteignent les niveaux d'absorption les plus fortes avec 240 - 250 kg. Ces valeurs sont supérieures à celles des parcelles non irriguées de 20 à 36 kg N/ha. Pour le maïs ensilage, la variante SchALVO avec 183 kg N/ha atteint la plus forte absorption la variante OGL étant inférieure de 10 kg N/ha.

Si l'on considère les différences d'absorption entre variantes fertilisées et la variante non fertilisée, celles-ci atteignent dans le cas des parcelles non irriguées fertilisées suivant SchALVO environ 80 et pour la fertilisation OGL environ 93 kg N/ha. Il y a eu encore plus d'azote absorbé dans les parcelles irriguées : pour la fertilisation SchALVO 96 et pour la modalité OGL 106 kg N/ha de plus que pour le témoin non fertilisé.

Pour le maïs fourrage intervient un effet toutefois inattendu : les absorptions des parcelles SchALVO montrent une absorption supérieure au témoin de 87 kg N/ha, soit 12 kg de plus que les parcelles OGL.

La notion de reste de fertilisant ouvre d'intéressantes considérations. Elle se calcule à partir de la quantité de fertilisant déduction faite de l'absorption du témoin (= fournitures du sol). Pour le maïs grain, les restes de fertilisants sont les plus élevés pour la variante SchALVO. Il atteint entre 36 et 49 kg N/ha. Pour les parcelles OGL, les valeurs sont inférieures de 4 à 11 kg N/ha. Les valeurs les plus faibles se rencontrent à chaque fois dans les variantes irriguées (moins 4 à 7 kg N/ha). Les parcelles les plus productives et les plus fertilisées (= variante OGL) qui sont considérées comme les plus risquées pour l'environnement montrent en fait montrent les restes de fertilisants les plus faibles.

Pour le maïs ensilage, on retrouve à nouveau des rapports différents : le reste de fertilisant est plus élevé que pour le maïs grain. Il atteint 51 kg N/ha pour les parcelles SchALVO et 72 kg N/ha pour celles OGL.

Tableau 15: fertilisation, rendements, N-Abs, efficacité du fertilisant N et reste de fertilisant N pour le maïs- Essais longue durée Hausen, Biengen, Kirchzarten

	Hausen										Düngereinsatz					
	maïs grain non irrigué					maïs grain irrigué					%		kg N/ha			
	fertilisation (kg N/ha)		rendement (dt/ha)		Absorption (kg N/ha)		Différence entre absorptions Par rapport au témoin 1		SchALVO		OGL		SchALVO		OGL	
N-Null	SchALVO	OGL	N-Null	SchALVO	OGL	N-Null	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL
601-603	70	70	80	85	83	187	200	196	13	13	9	196	13	13	57	61
604-606	74	70	83	80	85	196	189	200	-7	-7	4	200	0,06	0,06	81	66
601-603	135	160	39	89	91	99	227	235	128	136	24	235	0,85	0,85	7	24
604-606	155	172	43	81	83	112	209	233	97	121	51	233	0,70	0,70	58	51
601-603	126	109	42	72	78	110	185	202	75	92	17	202	0,84	0,84	51	17
604-606	139	153	37	76	82	97	196	213	99	116	37	213	0,76	0,76	40	37
601-603	121	125	50	92	95	129	236	246	107	117	8	246	0,94	0,94	14	8
604-606	137	156	46	88	93	118	227	239	109	121	35	239	0,78	0,78	28	35
601-603	121	125	53	94	102	69	149	170	80	101	24	170	0,81	0,81	41	24
604-606	137	156	39	90	97	52	140	160	89	108	48	160	0,70	0,70	48	48
601-603	120	134	60	106	105	176	273	279	97	103	31	279	0,77	0,77	23	31
604-606	130	136	55	101	109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mittelwert	122,08	130,50	52,38	87,86	91,95	122,28	202,87	215,75	80,59	93,47	0,62	0,67	40,77	40,77	36,53	36,53

	Hausen										Düngereinsatz					
	maïs grain irrigué					maïs grain non irrigué					%		kg N/ha			
	Düngung (kg N/ha)		Erträge (dt/ha)		Entzüge (kg N/ha)		Différence der Entzüge zur Variante N-Null		SchALVO		OGL		SchALVO		OGL	
N-Null	SchALVO	OGL	N-Null	SchALVO	OGL	N-Null	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL
607-609	77	70	84	99	104	209	231	244	22	35	0,29	0,50	55	55	66	28
610-612	93	70	96	107	113	222	249	264	27	42	0,29	0,60	66	66	5	31
607-609	157	168	52	111	105	134	286	271	152	137	0,97	0,82	5	5	10	13
610-612	168	180	42	103	107	108	266	275	158	167	0,94	0,93	10	10	52	62
607-609	138	170	51	84	93	132	218	240	86	108	0,62	0,64	52	52	31	43
610-612	154	169	43	91	92	112	235	238	123	126	0,80	0,75	31	31	11	-13
607-609	130	122	53	100	106	138	257	273	119	135	0,92	1,11	11	11	22	19
610-612	140	152	51	97	103	133	251	266	118	133	0,84	0,88	50	50	43	48
607-609	130	122	61	103	99	89	168	168	80	79	0,61	0,65	65	65	31	14
610-612	140	152	61	102	111	88	163	192	75	104	0,53	0,68	65	65	34	26
607-609	134	120	78	125	126	172	275	278	103	106	0,77	0,88	34	34	26	26
610-612	126	127	81	123	127	179	271	280	92	101	0,73	0,80	34	34	26	26
Mittelwert	132,25	135,17	62,75	103,60	107,02	142,93	239,15	249,05	96,21	106,11	0,69	0,77	36,04	36,04	29,05	29,05

	Standort Biengen										Düngereinsatz					
	Körnermais unberechnet					Körnermais unberechnet					%		kg N/ha			
	Düngung (kg N/ha)		Erträge (dt/ha)		Entzüge (kg N/ha)		Différence der Entzüge zur Variante N-Null		SchALVO		OGL		SchALVO		OGL	
N-Null	SchALVO	OGL	N-Null	SchALVO	OGL	N-Null	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL
613-615	94	70	53	65	65	65	107	99	42	34	0,45	0,49	52	52	36	36
613-615	156	170	32	69	77	43	118	118	75	75	0,48	0,44	81	81	95	95
613-615	154	170	43	65	74	-	-	-	-	-	0,51	0,78	60	60	32	32
613-615	124	145	37	77	98	36	100	149	64	113	0,90	0,97	13	13	4	4
613-615	124	145	36	101	113	47	158	188	111	141	0,69	0,81	41	41	25	25
613-615	130	130	47	97	98	47	136	152	89	105	0,60	0,70	49,37	49,37	38,54	38,54
Mittelwert	130,33	138,33	41,40	78,80	87,47	47,69	123,92	141,15	76,23	93,46	0,60	0,70	49,37	49,37	38,54	38,54

	Standort Kirchzarten										Düngereinsatz					
	Silomais unberechnet					Silomais unberechnet					%		kg N/ha			
	Düngung (kg N/ha)		Erträge (dt/ha)		Entzüge (kg N/ha)		Différence der Entzüge zur Variante N-Null		SchALVO		OGL		SchALVO		OGL	
N-Null	SchALVO	OGL	N-Null	SchALVO	OGL	N-Null	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL	SchALVO	OGL
541-543	125	126	130	202	180	124	218	218	95	94	0,76	0,75	30	30	32	32
541-543	127	171	104	142	109	-	-	-	-	-	0,79	0,65	29	29	56	56
541-543	138	160	76	135	114	81	190	186	109	105	0,21	0,17	108	108	133	133
541-543	138	160	78	103	101	83	113	110	30	27	0,77	0,54	35	35	70	70
541-543	151	151	82	138	121	95	210	176	116	81	0,63	0,53	50,78	50,78	72,47	72,47
Mittelwert	135,80	153,60	94,07	143,93	124,93	95,69	182,91	172,48	87,22	76,78	0,63	0,53	50,78	50,78	72,47	72,47

4. Résumé

En résumé, on peut dire qu'il est plus difficile d'exploiter des données d'analyses de sol qu'on ne l'imaginait au départ. Une condition indispensable pour une telle étude est de pouvoir disposer de données en nombre suffisant et en qualité suffisante pour les exploiter. De plus, une ventilation très détaillée suivant tous les facteurs d'influence nécessaires est indispensable pour une interrogation sous un programme ACCESS, si l'on veut pouvoir réaliser une exploitation significative.

Le travail des données dans la base de données ACCESS et la manipulation des interrogations ne pose dans l'essentiel pas de gros problèmes.

Le principal problème dans l'exploitation des données NID s'est situé au niveau de l'absence de données complètes dans les documents ce qui n'a pas permis un classement plus précis des parcelles individuelles en groupe de lieux-dits. Par ailleurs, le nombre total de données était trop faible pour qu'après un tri effectué à l'aide d'interrogations pertinentes et en tenant compte des principaux facteurs (sols, espèces, année, etc), il reste encore un nombre de données suffisant pour conclure. Ceci est à l'origine du manque de puissance des résultats.

L'exploitation du critère „localisation“ s'est également avérée comme problématique. Il est clair que les techniciens des bureaux ALLB ont une „représentation“ assez hétérogène des parcelles cultivées dans la région si bien que la comparaison d'analyses avec celles d'autres parcelles voisines est délicate et peut souvent conduire à des résultats très différents.

Pour les données issues du projet pilote maïs, il n'a pas eu de difficultés particulières car celles-ci étaient relativement complètes et plus favorables à une exploitation. Seules les données concernant les précédents de 1993 manquaient. Ces données manquantes ont toutefois rendu impossible la comparaison des interrogations sur 1993 avec celles des autres années. Les classements et interrogations réalisés sur les années 1992 et 1994 ont mis en évidence 2 à 3 groupes de groupes de lieux-dits qui seraient caractérisés par des valeurs de N min systématiquement plus élevées au printemps.

Les différentes séries d'exploitations de données ont permis de constater que l'on pouvait tabler sur des valeurs de N min plus élevées dans les situations suivantes : fortes teneurs en humus (anciennes prairies), pour des parcelles ayant reçu à l'automne une fertilisation minérale ou dans une moindre mesure celles ayant fait l'objet d'un épandage à l'automne de lisier, ainsi que pour les parcelles couvertes par un engrais vert qui est retourné au printemps.

Tandis que l'on retrouve une tendance à avoir des valeurs N min plus élevées dans le cas de céréales à paille sur des sols lourds, pour le maïs, une tendance aux plus fortes valeurs est par contre observée pour les sols les plus légers.

L'influence de la nature de la culture principale (celle qui sera récoltée) semble l'emporter sur celui du précédent : ainsi, les valeurs pour une orge de printemps (pas d'absorption) sont plus élevées que pour un blé d'hiver, et celles de prélèvements plus tardifs pour un maïs ensilage ou grain (souvent localisations les plus chaudes).

Pas ou peu d'effets sont relevés pour ce qui concerne les relations avec l'élevage (nature des espèces, pas d'élevage) et les apports de fumier à l'automne.

De plus faibles valeurs N min sont à attendre en cas de semis dans un mulch, en particulier pour ce qui est du maïs grain (- 20 kg/ha) et pour les sols dont la valeur agronomique est inférieure à 40.

Comme les parcelles où les règles de SchALVO s'appliquent présentent en règle générale au printemps des valeurs N min plus faibles que pour les autres parcelles (où l'on n'applique que le code de bonne pratique), ceci a pour conséquence que le calcul de la fertilisation suivant la méthode officielle NID conduit à des conseils d'apports qui le plus souvent ne sont pas réduits de 20 % par rapport aux conseils prodigués pour des parcelles conduites classiquement suivant la Bonne Pratique Agricole. Considérant les résultats sur un recul de plusieurs années, la différence entre les deux types de parcelles n'est en réalité que de 10 %. Tandis que pour un maïs fourrage, on retrouve nettement moins de reste de fertilisants pour le régime SchALVO que pour celui de la B.P.A., les résultats sont en revanche inversés pour un maïs grain, avec il est vrai un écart pas faible entre les deux régimes de fertilisation.

L' influence prépondérante reste exercée par les conditions climatiques de l'année, si bien qu'un nombre certain de mesures reste indispensable afin de prendre en compte cet effet annuel même si les résultats présentés apportent quelques indications pour le conseil en fertilisation dans le Rhin supérieur. Pour une évaluation des mesures mis en œuvre, il reste nécessaire de disposer de sites d'observations sur lesquels on suivra les valeurs N min, la fertilisation mais aussi les rendements et les quantités d'azote absorbées.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

PROJET ITADA A 1.4

Ce projet ITADA a permis de montrer l'intérêt et les limites de 2 stratégies de conseil aux agriculteurs sur la dose d'engrais azoté à apporter aux grandes cultures : d'une part, le conseil simplifié collectif permettant de toucher le plus grand nombre d'agriculteurs, d'autre part le conseil individualisé à la parcelle, beaucoup plus précis mais dont le coût de mise en oeuvre est aussi beaucoup plus élevé.

Un conseil collectif de fertilisation azotée présente de l'intérêt et est possible à mettre en oeuvre à l'échelle d'une région telle que la plaine du Rhin. Qu'il soit basé sur des estimations de fournitures du sol ou des statistiques de mesures de reliquat d'azote, il nécessite de disposer de références nombreuses, fiables et régulièrement mises à jour. Ces références doivent être représentatives des systèmes de cultures et des types de sol les plus fréquents. Le choix des parcelles de référence reste une question fondamentale : en particulier, il est indispensable de pouvoir repérer a priori, à l'aide de critères simples (types de sol, nature du précédent, forts apports de déjections animales, bilan entrée-sortie d'azote du précédent, ...) les situations qui seront mal représentées par les références ; cela permettra de cibler les cas où la mesure individuelle reste nécessaire et aussi d'éviter de mettre en oeuvre les procédures d'acquisition de références sur une parcelle qui se révélerait a posteriori non fiable.

Un conseil individualisé à la parcelle est par définition beaucoup plus précis et fiable, à condition toutefois de disposer de modèles de calculs paramétrés pour le contexte régional. La mise en oeuvre de ce type de conseil reste très coûteuse, dans la mesure où elle fait systématiquement appel à l'intervention d'un technicien et/ou de mesures coûteuses. Une voie de réduction des coûts pour l'organisme chargé du conseil pourrait être la prise en charge par l'agriculteur de certaines opérations (prélèvements des échantillons de terre à analyser, calcul des doses conseillées grâce à un logiciel installé sur micro-ordinateur ou accessible par Internet, ...). Une autre voie est l'utilisation du résultat obtenu sur une parcelle ou un réseau de parcelles pour élaborer un conseil pour un nombre plus important de parcelles. Cela nous ramène au choix des parcelles représentatives. Mais il faudrait aussi déterminer quelle perte de qualité du conseil est acceptable pour l'agriculteur, pour la qualité des eaux ... et pour le conseiller agricole habitué à la précision et au confort du conseil individuel ! On pourrait sans doute imaginer des systèmes différents en terme de précision (et donc en terme de coûts de conseil) selon des exigences différenciées soit pour la qualité ou la quantité des productions agricoles, soit pour la protection des eaux. Les critères de différenciation pourraient être des cahiers des charges imposés à une production, des niveaux de sensibilité des sols aux pertes de nitrates ou des localisations particulières telles que les périmètres de captage. Cela reviendrait à faire cohabiter des systèmes de conseil individuel et des systèmes collectifs. La mise en place et l'harmonisation de ces 2 approches devront être analysées au préalable.

Quelle que soit la méthode utilisée pour aboutir à un conseil de fertilisation azotée, restera la prise en compte de ce conseil par les agriculteurs : est-ce la précision de la méthode qui sécurise le conseil pour l'agriculteur ou sont-ce d'autres aspects (habitude, confiance ou non-confiance dans le conseiller, risque à assumer, ...) ? La marge de sécurité (10, 20 unités de plus que le conseil) qui reste pratiquée par un certain nombre d'agriculteurs est-elle irréductible ? Comment pourrait-elle être réduite ? Des réponses à ces questions complèteraient sans doute utilement le panorama du conseil en fertilisation azotée ; elles nécessiteraient l'intervention d'autres spécialistes que les agronomes, tels que des sociologues et des économistes.

ANNEXES PARTIE A 1

ANNEXE 1 - PROTOCOLE DES TEMOINS ZERO

- * Choix d'une parcelle sans apport organique ni prairie depuis au moins dix ans.
- * Surface : 1 ou 2 largeurs d'épandeur sur 30 à 40 m.
- * Culture conduite à l'optimum, c'est-à-dire sans facteur limitant hormis l'azote : cela est vérifié par différentes observations (enherbement, incidence pyrale ...).
- * Variété : indifférente.
- * Analyse physico-chimique du sol et vérification du type par fosse ou sondage tarière.
- * Mesure du reliquat d'azote dans le sol au stade 6 feuilles du maïs (et non avant le semis). Pour les sols caillouteux, cette mesure n'est pas obligatoire.
- * Rendement en tonnes de matière sèche par hectare et teneur en azote des plantes (tige + feuilles d'une part, épis d'autre part) : ceci permet de calculer les unités d'azote prélevées par hectare (en estimant la part contenue dans les racines à 10%).

ANNEXE 2 - LES TEMOINS ZERO REALISES EN 1996

Opération	Systèmes de cultures	Types de sol	Nombre	Localisation
FERT'ILL	avec déjections animales (fumier)	ried brun caillouteux	2	Jebsheim Baldenheim
		ried gris	1	Witternheim
		LSA irrigué	1	Ebersheim
	céréaliier	ried brun	2	Elsenheim Ohnenheim
PIEMONT Eau et Terroirs	après tabac brun	loess	1	Saint Pierre
	après tabac brun	loess lourd	1	Duttlenheim
	après choux et phacélie	loess	1	Zellwiller
	céréaliier	LSA non irrigué	1	Blaesheim
		LSA irrigué	1	Epfig (ED) Scherwiller
		loess	1	Stotzheim
	après choux et phacélie	loess	1	Zellwiller
avec déjections animales (fumier)	loess	1	Duttlenheim	
COLLINES Eau et Terroirs	céréaliier	sol de Piémont (3)	1	Wattwiller (ED)
		loess (1 à Soultz)	1	Berrwiller
			2	Soultz
	avec déjections animales (fumier)		1	Berrwiller
HARDT Eau Vive	céréaliier	Basse plaine rhénane	5	Kunheim Balgau Rumersheim Nambshiem Petit Landau
		sol de Hardt	3	Petit landau Fessenheim Heiteren
		sol de plaine de l'ill	1	Dornach
	après jachère	sols de Hardt	3	Meyenheim Petit Landau Roggenhouse
		Basse plaine rhénane	1	Petit Landau
	Hors Opération	après jachère	Loess sur marnes	1

ANNEXE 3 - LES TEMOINS ZERO REALISES EN 1997

Programme de témoins zéro azote en 1997 dans le Haut-Rhin

Opération	Systèmes de cultures	Types de sol	Nombre	Localisation
COLLINES Eau et Terroirs	céréaliier	Limon sableux à L.argileux acide hydromorphe	1	Wattwiller (ED)
		Lehm sur Loess	1	Wattwiller (Tschann)
		Lehm hydromorphe	1	Soultz (Kessler)
		Lehm hydromorphe moyennement. profond	1	Berrwiller 1(Herr)
	avec déjections animales (fumier)	Lehm hydromorphe profond sensible au tassement	1	Berrwiller 2(Herr)
		Lehm hydromorphe moyennement profond	1	Berrwiller (Schmitt)
HARDT Eau Vive	céréaliier	sol de Plaine de l'Ill	1	Dornach (Perroy)
		sol de Hardt superficiel	2	Dessenheim (Schatt) Petit Landau (Heitz)
		sol de Hardt profond	2	Heiteren (Vonau) Roggenhouse (Hussherr)
		Basse plaine rhénane	1(moyen. profond) 1(profond)	Rumersheim (Thuet) Fessenheim (Bader)
	après jachère	Hardt superficielle	1	Petit Landau (Heitz)

Programme de témoins zéro azote en 1997 dans le Bas-Rhin

Opération	Systèmes de cultures	Types de sol	Nombre	Localisation
FERT'ILL	avec déjections animales (fumier)	Ried gris	1	Rosfeld (Gilg)
		Basse plaine rhénane limono-sableuse profonde	1	Obenheim (Lehmann)
		Limons profonds de Plaine de l'Ill	1	Riedwihr (Raehm J.C)
	céréaliier	Ried brun moyennement profond	1	Ohnheim (Flecher) IF
		Basse plaine rhénane limono-sableuse moyen. profonde	1	Richtolsheim (Schwaab)
		Ried gris	1	Illhaeusern (Rühlmann)
		Loess	1	Nordhouse (Grinner)
PIEMONT Eau et Terroirs	après tabac brun	Lehm sur loess	1	Stotzheim (Huchelmann P)
		Loess	1	Stotzheim (Schultz)
	après pomme de terre	Alluvions limono-argileuses calcaires moyen. hydromorphes	1	Krautergersheim (Pflegr G)
	après choux	Argiles limoneuses du Bruch moyennement hydromorphes	1	Innenheim (Pfleger J.P)
		Argiles limoneuses du Bruch	1	Blaesheim (Baur Jacques)
		Loess	1	Meistratzheim (Krauffel G)
	après choux + phacélie	Argiles limoneuses du Bruch	1	Blaesheim (Baur Jacques)
	céréaliier	Loess	1	Griesheim (Rhinn M)
		Loess calcique	1	Epfig (Dutter G)
	ZORN	avec fumier bovin	Limon argileux	3
Sol argilo-calcaire peu prof.sur Marnes			1	Lupstein
avec lisier porc		Lehm sur Loess	1	Berstheim (Rothan)
céréaliier		Loess	1	Ettendorff
		Lehm sur Loess	1	Niederschaeffolsheim
		Sol argileux acide sur alluvions sableuses	1	Kurtzenhouse (Moser)
Sol sableux	1	Gries (Suss)		

ANNEXE 4 - LES TEMOINS ZERO REALISES EN 1998

Programme de témoins zéro azote en 1998 dans le Bas-Rhin

Opération	Systèmes de cultures	Types de sol	Nombre	Localisation
FERTILL	avec déjections animales (fumier)	Ried gris (fumier poulet)	1	Boofzheim (KLETHI Eric)
		Argiles limoneuses sur Sables (fumier vache)	1	Rhinau (EHRART Maurice)
	céréaliier	Sable limoneux	1	Eschau (HISS Claude)
		Sables du Rhin	1	Eschau (HISS Claude)
		Limon sableux	1	Boofzheim (KLETHI Eric)
		Sables	1	Rhinau (EHRART Maurice)
		Argile limoneuse hydromorphe LAS sur sables du Rhin	2	Schoenau (SCHMITT Rémy)
		Ried brun profond	1	Wickerschwahr (MEYER Dominique)
PIEMONT Eau et Terroirs	céréaliier après maïs (sol de Bruch)	Argiles limoneuses	1	Stotzheim (OSTERTAG Joseph)
	céréaliier avec fumier bovin	Loess	1	Altorf (SCHNEIDER Marc)
	après pomme de terre	Loess	1	Entzheim (FRANK Paul)
	après maïs (rotation intensive pomme de terre)	Loess hydromorphe	1	Krautergersheim (PFLEGER Gérard)
ZORN	avec fumier bovin	Limon	1	Schwindratzheim (RICHERT Christian)
		limon argileux	1	Schafouse/Zorn (LUTZ)
	avec lisier bovin	Limon	1	Mommenheim (OTT)
	avec lisier porc	limon argileux	1	Lupstein
	céréaliier	Limon	1	
		Sable	1	Gries (SUSS)
		Argile	2	Weyersheim (ZILLIOX) Bischwiller (MOSER)
	après engrais vert	Limon	2	Hochfelden Minnversheim (SUSS)

Programme de témoins zéro azote en 1998 dans le Haut-Rhin

Opération	Systèmes de cultures	Types de sol	Nombre	Localisation
COLLINES Eau et Terroirs	céréaliier	LSA	1	Wattwiller (ED) (Tschann)
		LSA	1	Uffholtz (Blum)
		LSA	1	Berrwiller 1(Herr)
		LSA	2	St. Hippolyte (haut et bas)
		Ochsenfeld (irrigué)	1	Cernay (Nussbaumer Daniel)
	Lehm hydromorphe moyennement profond	1	Berrwiller (Schmitt)	
	avec déjections animales (fumier)	Lehm hydromorphe profond sensible au tassement	1	Berrwiller 2(Herr)
HARDT Eau Vive	céréaliier	sol de Hardt superficiel	5	Munchhouse (Ehry Fernand) Meyenheim (GAEC) Rustenhardt (Vonau Oscar) Niederentzen (Rittiman Daniel) Heiteren (Vonau J.Luc)
		Basse plaine rhénane	2	Blodelsheim (Thierry Lucien)
	élevage porc	sol de Hardt superficiel	1	Meyenheim (GAEC)
	après jachère	Basse plaine rhénane	1	Blodelsheim (Thierry Lucien)

ANNEXE 5 - PROTOCOLE DES ESSAIS DOSES DU PIEMONT

▀ Les traitements comparés

Les doses retenues encadrent la dose de 160 unités, qui représente la dose couramment pratiquée dans ce type de sol.

Les doses d'azote comparées sont : 0 N - 80 N - 120 N - 160 N - 200 N - 240 N

L'azote est apporté en 2 fois : 50 unités au semis en ammonitrate, le reste au stade 5-6 feuilles du maïs sous forme d'urée.

L'objectif de rendement est fixé à 90 q/ha.

▀ Dispositif expérimental

L'essai comprend 4 blocs.

Chaque parcelle élémentaire compte 8 rangs selon le semoir de l'agriculteur (4 rangs). Elle mesure 12 m de long : 1 mètre est supprimé pour délimiter une allée entre blocs. La récolte se fait sur 10 m, en éliminant 50 cm à chaque extrémité pour supprimer les effets de bords.

Le premier bloc mesure 2 m de plus en longueur pour permettre de réaliser les observations d'enracinement (voir plus loin).

▀ Techniques culturales

L'objectif est d'éviter tout facteur limitant autre que l'azote et l'eau. On veille en particulier à assurer une bonne protection phytosanitaire.

La variété est indifférente

En désherbage il faut éviter tout produit présentant des risques de phytotoxicité.

Le traitement pyrale doit être réalisé assez tôt.

▀ Observations et suivi en cours de campagne

Analyse de terre : une analyse chimique complète avec oligo-éléments est réalisée ainsi qu'un sondage tarière pour vérifier le type de sol et sa profondeur.

Mesures sur l'azote du sol :

- * à la mi-mars, détermination du reliquat sortie hiver
- * au stade 5-6 feuilles du maïs, mesure de l'azote du sol dans le témoin 0N
- * après la récolte mesure de l'azote du sol sur tous les traitements.

Démariage : prévu sur les rangs de récolte.

Observation de l'enracinement du maïs

- * un profil cultural a été réalisé au stade 5-6 feuilles du maïs à Epfig et Wattwiller en 96.
- * un profil racinaire a été réalisé dans le courant de l'été à Epfig en 96.

Mesures à la récolte

- * le nombre de pieds et le nombre d'épis à l'hectare,
- * la biomasse produite et sa teneur en N (tiges et feuilles d'une part, épis d'autre part),
- * le rendement grain : la récolte est faite par la moissonneuse-batteuse ITCF,
- * le PMG.

ANNEXE 6 - ITINERAIRES TECHNIQUES DES PARCELLES D'ESSAI

Itinéraire technique de la parcelle d'Epfig en 96

Précédent : tournesol
Antéprécédent : tabac de Virginie
Travail du sol : labour, 2 passages de vibroculteur, 1 passage de herse
Semis : le 22 avril 1996, variété PACTOL à 102000 grains/ha.
 profondeur : 6-7 cm ; levée lente ; léger croutage du sol
Protection : Atout 12 kg/ha
Fertilisation : impasse fumure de fond.
 fumure azotée : l'azote a été apporté manuellement en plein en 2 fois
 -1er apport : ammonitrate 33,5 le 25 avril après le semis.
 -2ème apport : ammonitrate 33,5 le 28 mai au stade 6 feuilles
Désherbage : 1 l Atrazine + 1 l Lentagran le 30 mai.
Pyrale : traitement avec *Langold* (*Karaté* banalisé)
Floraison : 27 juillet 96
Récolte : le 23 octobre 96.

Itinéraire technique de la parcelle de Wattwiller en 96

Précédent : maïs grain
Semis : le 25 avril 1996, variété DEA à 85000 grains/ha.
Fertilisation : fumure de fond, scories 6% à 2 t/ha en oc. 1995, 120 unités de Kcl en mars 96.
 fumure azotée : l'azote a été apporté manuellement en plein en 2 fois
 -1er apport : ammonitrate 33,5 le 29 avril après le semis.
 -2ème apport : urée 46 le 6 juin au stade 6 feuilles du maïs.
Désherbage : 4 l Lasso EC + 2 l Atrazine + binage début juin.
Pyrale : pas de traitement.
Récolte : le 22 octobre 96.

Itinéraire technique de la parcelle de Wattwiller en 97

Précédent : Maïs grain
Travail du sol : labour, 2 passages de vibroculteur, 1 passage de herse
Semis : le 26 avril 1997, variété DEA à 85 000 grains/ha.
Fertilisation : fumure de fond : scories 0-5-8, 2T/ha en octobre 96
 fumure azotée : l'azote a été apporté manuellement en plein en 2 fois
 -1er apport : ammonitrate 33,5 le 13 mai.
 -2ème apport : urée 46, le 5 juin au stade 6 feuilles du maïs
Désherbage : 1,5 l Atrazine + 4,5 l Lasso EC au semis puis 1,4 l Pyron à 8 feuilles
Pyrale : pas de traitement.
Récolte : octobre 97.

Itinéraire technique de la parcelle de Wattwiller en 98

Précédent : Blé
Semis : le 1er mai. 1998, variété DK 256 à 85 000 grains/ha.
Fertilisation : fumure de fond : 400 kg 0-14-18 + 100 kg 18-46
 fumure azotée : l'azote a été apporté manuellement en plein en
 2 fois
 -1er apport : ammonitrate le 11 mai (50 U).
 -2ème apport : ammonitrate le 3 juin au stade 6 feuilles du maïs
 maïs.
Désherbage : 5 l/ha Lasso MT + 500 g/ha Atrazine incorporé avant le semis
Récolte : 7 octobre 98.

ANNEXE 7 - RESULTATS DES ESSAIS DOSES

Essai Epfig 1996

Dose engrais Unités	Rendement q/ha	Azote prélevé kg N/ha	Reliquat après récolte kg N/ha
0	61	178	14
80	83	189	26
120	96	217	26
160	98	220	60
200	96	218	218
240	99	242	79

Essai Wattwiller 1996

Dose engrais Unités	Rendement q/ha	Azote prélevé kg N/ha	Reliquat après récolte kg N/ha
0	84	211	36
80	87	226	58
120	86	219	51
160	93	227	58
200	90	234	82
240	90	259	62

Essai Wattwiller 1997

Dose engrais Unités	Rendement q/ha	Azote prélevé kg N/ha	Reliquat après récolte kg N/ha
0	92	202	77
80	97	223	116
120	102	236	158
160	97	234	224
200	100	242	276
240	96	236	277

Essai Wattwiller 1998

Dose engrais Unités	Rendement q/ha	Azote prélevé kg N/ha	Reliquat après récolte kg N/ha
0	101	194	38
80	115	265	
120	111	264	53
160	115	268	154
200	111	261	135

ANNEXE PARTIE A 2

PROTOCOLE DES ESSAIS

1. PROTOCOLE SUIVI EN 1996

La mesure du RSH est utilisée pour calculer la dose d'azote à apporter grâce au logiciel AZOBIL. Il est nécessaire de valider le résultat du calcul dans quelques cas. Ceci sera réalisé en comparant 3 doses d'azote X-40/X/X+40.

Dispositif expérimental dans chaque parcelle :

- 3 bandes de 30 m de long sur lesquelles seule la dose d'azote est différente ; l'azote est apporté à la main
- suivi de la nutrition azotée par JUBIL (mais pas de corrections en cours de campagne)
- récolte à la moissonneuse-batteuse
- mesure du rendement et du poids de 1000 grains

Un réseau d'une douzaine de parcelles sera constitué.

2. PROTOCOLE SUIVI EN 1997 ET 1998

Le protocole a été légèrement modifié en 97 et 98 pour tenir compte des résultats de 96. Le suivi par JUBIL a été remplacé par la détermination de la quantité d'azote prélevé dans les différents traitements. Cela permet de vérifier a posteriori les hypothèses faites sur la minéralisation au moment du calcul de la dose d'azote à apporter.

Dans quelques parcelles, on mesure RSH et on calcule une dose X d'azote grâce à AZOBIL. On implante 4 bandes différenciées par leurs fumures : 0N, X-40, X et X+40.

Dans chacune de ces bandes, on détermine, à la récolte, la biomasse totale produite et sa teneur en azote. Une récolte "placette" est indispensable pour la détermination du rendement en paille.

Pour le rendement en grain, on utilise :

- soit un rendement "moissonneuse-batteuse",
- soit un rendement "placette" (à condition de disposer d'une batteuse à épis).

La 2ème solution est préférable pour la cohérence des résultats.

ANNEXES PARTIE B

1 description des abréviations

1.1 description des abréviations utilisées dans la base de données ACCESS

Abb.	Abbildung
Abfr	Abfrage
Augg	Auggen
Bugg	Buggingen
bzw.	beziehungsweise
Erbs	Erbsen
Geme	Gemege
Getr	Getreide
Griß	Grißheim
HA	Hafer
Hügel	Hügelheim
KM; K.Mais	Körnermais
L	Lehm
Legu	Leguminose
m	Medianwert
Müll	Müllheim
n	Anzahl an Datensätzen
Neue	Neuenburg
Nichtl	Nichtleguminose
NID	Nitratinformationsdienst
N _{min}	mineralisierter Stickstoff
Phac	Phacelia
Rgrü	Grünland
Rokl	Rotklee
SB	Sonnenblumen
SG	Sommergerste
sL	sandiger Lehm
SM	Silomais
SR	Sommerroggen
Srap	Sommerraps
Stdabw	Standardabweichung
stL	sandig toniger Lehm
SW	Sommerweizen
unbe	unbekannt
uL	schluffiger Lehm
US	Untersaat
verbl	verblieben
WG	Wintergerste
Wrap	Winterraps
WW	Winterweizen
x	Mittelwert
Zien	Zienken
ZR	Zuckerrüben

5.1.2 description des abréviations utilisées dans la base de données NID EXCEL

ALLB	ALLB	ALLB	ACKZ	ERBE
BOAR	Bodenart	52 Freiburg	0 keine Angabe	1 mit Stroh/Blattberg
ACKZ	Ackerzahl	54 Emmendingen	1 1--40	2 ohne Stroh/Blattberg
ERBE	Erntereste	64 Offenburg	2 41-60	
ZFRU	Zwischenfrucht	68 Lörrach	3 >60	
HDGG	Herstdüngung			
TIER	Tierart			
MUSA	Mulchsaat	ZFRU		BOAR
BOTI	Bodentiefe	1 keine		1 leicht
HFRU	Hauptfrucht	2 Nichtleg. abgef.		2 mittel
VFRU	Vorfrucht	3 Nichtleg.im Herbst eingearbeitet		3 schwer
EERW	Ertragserwartung	4 Nichtleg.im Frühjahr eingearbeitet		4 Anmoor
NM1	Nmin 0-30	5 Leguminosen abgef.		5 Moor
NM2	Nmin 30-60	6 Leguminosen im Herbst eingearbeitet		
NM3	Nmin 60-90	7 Leguminosen im Frühjahr eingearbeitet		
KVG1	Korr. Volumengewicht 0-30			
KVG2	Korr. Volumengewicht 30-60			
KVG3	Korr. Volumengewicht 60-90	HDGG	MUSA	TIER
STA1	Steinanteil 0-30	1 keine	1 Mulchsaat	0 viehlos
STA2	Steinanteil 30-60	2 mineral.	2 keine Mulchsaat	1 keine Angabe
STA3	Steinanteil 60-90	3 Gülle		2 Rinder
GNBD	Gesamtstickstoffbedarf	4 Festmist		4 Schweine
NLST	N-Lieferungs-Standort	5 Sonstige		6 gemischt
NLVF	N-Lieferungs-Vorfrucht			7 Hühner
GDBD	Gesamtdüngerbedarf			8 Puten
GAB1	1. Gabe			
VBES	Viehbesatz			
NLBO	N-Lieferung Boden			
KWPR	Kalenderwoche-Probenahme			
GEMA	Gemarkung			

2 Données météorologiques de 1992 - 1998

2.1 Station Hartheim-Bremgarten (212 m über NN) pour les sites Bad Krozingen-Biengen
à partir de Mai 1995 Station Eschbach (236 m) et Bad Krozingen-Hausen

Température moyenne mensuelle en °C

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
1992	0,8	3,3	7,1	10,1	16,5	17,9	21,3	22,9	15,3	8,7	7,9	2,4	11,2
1993	5,6	0,6	5,7	12,2	15,8	18,2	18,7	18,5	14,1	9,1	1,9	6,2	10,6
1994	4,3	3,7	10,3	9,0	14,5	18,6	22,5	20,3	15,1	9,7	8,9	5,5	11,9
1995	2,2	7,2	nil	nil	14,7	16,6	22,1	19,2	13,4	13,6	4,9	1,0	-
1996	0,7	1,4	4,5	11,1	13,2	18,4	18,4	18,1	12,2	10,9	6,2	0,1	9,6
1997	-2,1	6,3	9,1	9,2	15,3	17,7	18,3	20,9	15,6	9,7	5,7	4,0	10,8
1998	3,9	4,9	7,2	10,2	16,1	18,8	19,5	19,0	14,6	11,0	3,1	3,0	10,9

Somme des pluviométries mensuelles en mm

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	ΣJahr
1992	26,8	31,4	52,5	63,2	40,4	87,2	61,7	66,6	36,4	62,7	56,1	27,5	613
1993	5,8	10,2	11,3	22,2	91,4	52,9	57,7	64,5	108,5	79,0	17,7	75,5	597
1994	49,0	42,5	15,1	64,3	139,9	58,5	63,9	64,0	106,8	43,6	13,6	43,1	704
1995	59,6	51,9	nil	nil	177,1	49,8	40,2	137,5	87,5	30,7	74,1	73,4	-
1996	6,4	27,9	17,3	41,0	93,4	76,4	98,1	116,6	40,4	81,0	95,0	77,7	771
1997	28,2	46,1	18,2	36,5	51,8	133,3	104,2	28,3	70,8	52,3	67,1	93,0	730
1998	61,1	30,0	45,7	137,6	38,9	49,7	41,0	67,6	126,0	70,9	58,4	25,7	753

nil = pas de données disponibles

2.2 Station Buchenbach (443m) pour Kirchgarten (Dreisamtal)

Température moyenne mensuelle en °C

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
1992	-0,3	2,3	5,5	8,2	14,5	16,0	18,8	20,4	14,3	7,8	7,0	2,4	9,7
1993	5,0	-0,8	4,1	10,5	14,0	16,3	16,7	17,1	12,8	8,0	0,7	4,9	9,1
1994	2,9	2,4	9,0	7,1	13,0	16,8	20,6	18,2	13,4	9,4	7,9	4,7	10,5
1995	1,0	5,6	3,8	8,7	12,7	14,4	20,2	17,5	12,1	12,8	4,0	0,1	9,4
1996	-0,6	-0,1	2,9	9,1	11,3	16,8	17,0	17,1	10,7	9,6	4,9	-1,0	8,2
1997	-2,1	4,8	7,5	7,5	13,6	15,8	16,5	19,3	15,1	9,3	5,4	3,2	9,7
1998	3,4	5,5	5,8	9,0	14,1	17,0	17,2	16,9	13,3	9,7	1,6	2,5	9,7

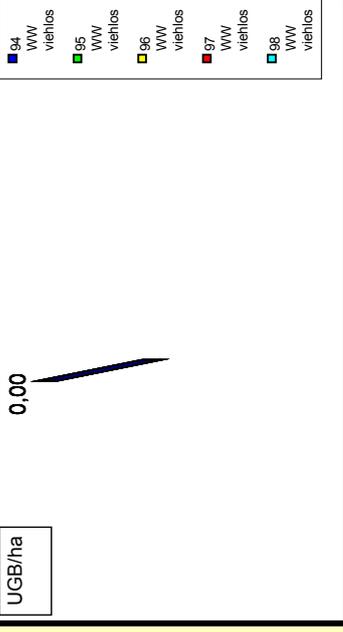
Somme des pluviométries mensuelles en mm

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	ΣJahr
1992	25,8	103,0	146,5	87,4	36,6	97,3	71,0	64,9	52,7	122,1	182,0	76,0	1065
1993	55,6	31,8	20,2	47,5	81,8	97,4	113,7	86,3	133,7	92,2	35,7	176,9	973
1994	120,7	66,1	80,7	133,9	169,2	127,6	159,2	108,2	130,0	82,8	28,1	129,6	1336
1995	148,0	105,6	123,7	49,9	192,2	86,2	95,4	200,8	121,5	27,5	131,4	140,8	1423
1996	7,3	45,5	34,4	49,3	176,6	95,7	159,3	102,6	66,9	99,2	169,1	93,9	1100
1997	32,4	117,6	59,3	64,6	73,3	151,0	138,3	56,6	54,1	84,5	45,5	146,4	1024
1998	88,1	30,5	91,3	129,4	47,6	91,6	71,4	77,7	116,2	152,6	118,3	52,0	1067

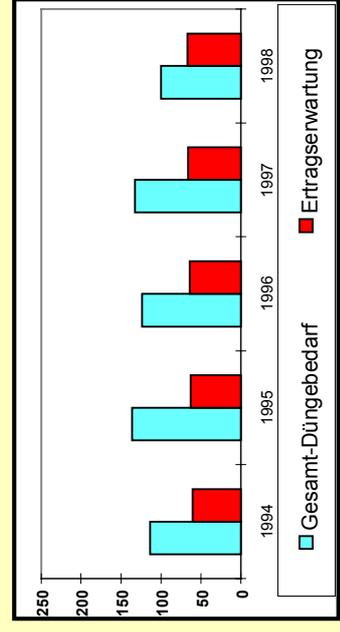
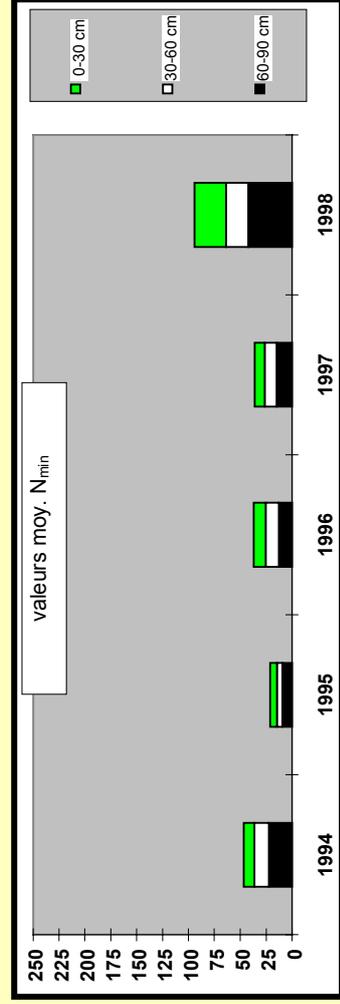
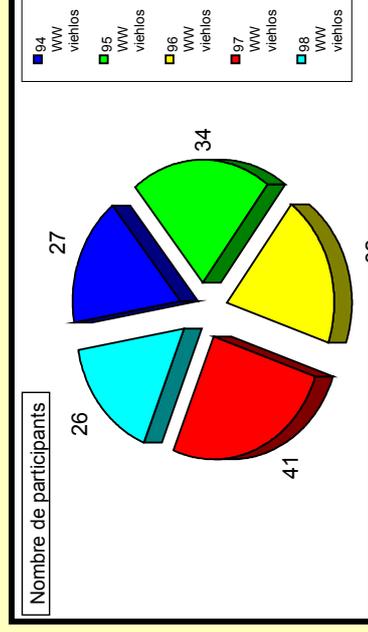
3 Applications à partir du fichier NID

quelques extraits

Culture principale	1010	Blé H
Spéculation animale	0	totalité

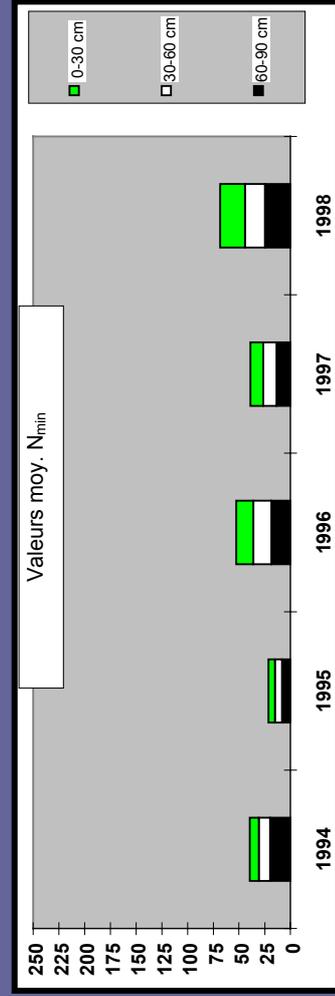
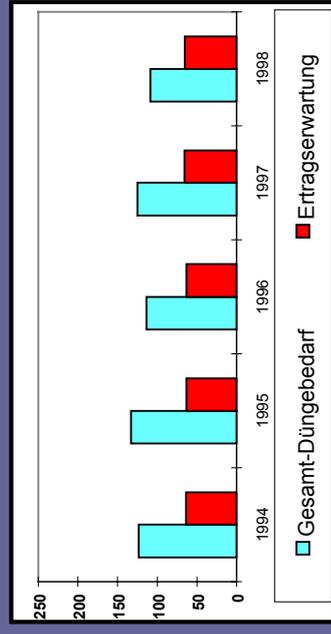
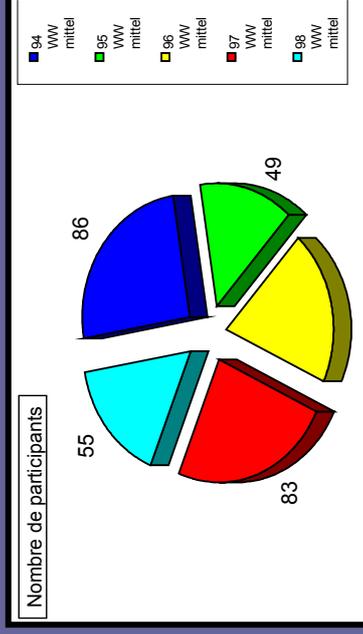
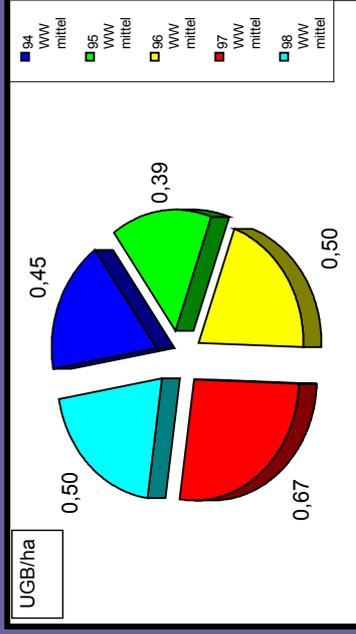


Daten	Jahr					Gesamtergebnis
	1994	1995	1996	1997	1998	
Anzahl - HFRU	27	34	32	41	26	160
Mittelwert - KNM1	10	6	11	10	31	13
Mittelwert - KNM2	14	6	13	11	21	12
Mittelwert - KNM3	23	9	13	15	42	15
Standardabweichung - KNM1	8	3	6	7	26	14
Standardabweichung - KNM2	14	5	9	8	17	12
Standardabweichung - KNM3	19	7	7	12	45	17
Varianz - KNM1	63	10	42	44	654	199
Varianz - KNM2	186	25	84	71	275	137
Varianz - KNM3	378	43	53	133	2067	302
Mittelwert - KWPR	11	9	8	9	11	9
Mittelwert - BOTI	66	75	75	78	80	75
Mittelwert - NLST	4	7	6	7	7	6
Mittelwert - NLVF	14	10	9	12	10	11
Mittelwert - NLBO	4	7	6	7	7	6
Mittelwert - GNBD	173	186	189	195	195	188
Mittelwert - GDBD	113	136	123	132	100	123
Mittelwert - GAB1	55	60	56	58	45	55
Mittelwert - EERW	60	63	64	66	67	64
Mittelwert - VBES	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Culture principale	1010	Blé h
type de sol	2	tous types
		WW
		mittel

Données	Année					Total
	1994	1995	1996	1997	1998	
Anzahl - HFRU	86	49	69	83	55	342
Mittelwert - KNM1	9	6	16	13	24	13
Mittelwert - KNM2	11	7	18	13	19	13
Mittelwert - KNM3	20	8	18	14	25	16
Standardabweichung - KNM1	6	4	21	12	20	15
Standardabweichung - KNM2	10	7	12	9	14	11
Standardabweichung - KNM3	14	6	16	9	30	16
Varianz - KNM1	31	14	445	135	406	228
Varianz - KNM2	93	44	143	87	205	129
Varianz - KNM3	200	34	246	86	916	252
Mittelwert - KWPR	9	8	8	9	10	9
Mittelwert - BOTI	67	77	77	76	75	74
Mittelwert - NLST	7	8	10	11	8	9
Mittelwert - NLVF	10	15	10	13	11	12
Mittelwert - NLBO	4	5	6	5	5	5
Mittelwert - GNBD	181	186	187	194	192	188
Mittelwert - GDBD	124	133	114	125	109	121
Mittelwert - GAB1	58	58	53	56	50	55
Mittelwert - EERW	64	63	63	66	65	64
Mittelwert - VBES	0,4	0,4	0,5	0,7	0,5	0,5



Culture principale	1010	WW
Précédent	2010	ohne Stro

Données	1994	1995	1996	1997	1998	Total
Anzahl - HFRU	2	1	2	1	3	9
Mittelwert - KNM1	8	5	11	20	66	29
Mittelwert - KNM2	12	5	21	24	45	27
Mittelwert - KNM3	18	1	29	#DIV/0!	#DIV/0!	16
Standardabweichung - KNM1	1	#DIV/0!	4	#DIV/0!	7	29
Standardabweichung - KNM2	#DIV/0!	#DIV/0!	9	#DIV/0!	22	20
Standardabweichung - KNM3	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	14
Varianz - KNM1	2	#DIV/0!	13	#DIV/0!	54	816
Varianz - KNM2	#DIV/0!	#DIV/0!	85	#DIV/0!	462	403
Varianz - KNM3	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	199
Mittelwert - KWPR	8	7	7	7	10	8
Mittelwert - BOTI	60	90	45	60	60	60
Mittelwert - NLST	5	10	10	0	0	4
Mittelwert - NLVF	10	10	15	10	10	11
Mittelwert - NLBO	5	10	0	0	0	2
Mittelwert - GNBD	183	205	178	205	150	176
Mittelwert - GDBD	145	165	130	155	60	117
Mittelwert - GAB1	60	60	60	60	30	50
Mittelwert - EERW	65	70	60	70	50	60
Mittelwert - VBES	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,2

